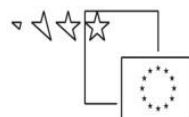




REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA ŠOLSTVO IN ŠPORT



Naložba v vašo prihodnost
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA
Evropski socialni sklad

TEHNOLOGIJE OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE

JOŽE PODGORŠEK
ŠPELA VRTAČNIK

Višješolski strokovni program: Naravovarstvo
Učbenik: Tehnologije obnovljivih virov energije
Gradivo za 1. ali 2. letnik

Avtorja:

Dr. Jože Podgoršek
Grm Novo mesto – center biotehnike in turizma
Višja strokovna šola



Špela Vrtačnik, prof. glasbe

Strokovni recenzent:
mag. Marjan Velej

Lektorica:
Tatjana Mavsar, prof.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

620.97(075.8)(0.034.2)
502.174.3(075.8)(0.034.2)

PODGORŠEK, Jože, 1974-

Tehnologije obnovljivih virov energije [Elektronski vir] :
gradivo za 1. ali 2. letnik / Jože Podgoršek, Špela Vrtačnik. - El.
knjiga. - Ljubljana : Zavod IRC, 2011. - (Višješolski strokovni
program Naravovarstvo / Zavod IRC)

Način dostopa (URL): http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Tehnologije_obnovljivih_virov_energije-Podgorsek_Vrtacnik.pdf. - Projekt Impletum

ISBN 978-961-6857-52-9

1. Vrtačnik, Špela

258177024

Izdajatelj: Konzorcij višjih strokovnih šol za izvedbo projekta IMPLETUM
Založnik: Zavod IRC, Ljubljana.
Ljubljana, 2011

Strokovni svet RS za poklicno in strokovno izobraževanje je na svoji 132. seji dne 23.9.2011 na podlagi 26. člena Zakona o organizaciji in financiranju vzgoje in izobraževanja (Ur. l. RS, št. 16/07-ZOFVI-UPB5, 36/08 in 58/09) sprejel sklep št.01301-5/2011/11-2 o potrditvi tega učbenika za uporabo v višješolskem izobraževanju.

© Avtorske pravice ima Ministrstvo za šolstvo in šport Republike Slovenije.

Gradivo je sofinancirano iz sredstev projekta Impletum 'Uvajanje novih izobraževalnih programov na področju višjega strokovnega izobraževanja v obdobju 2008-11'.

Projekt oz. operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada ter Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007-2013, razvojne prioritete 'Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja' in prednostne usmeritve 'Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja'.

Vsebina tega dokumenta v nobenem primeru ne odraža mnenja Evropske unije. Odgovornost za vsebino dokumenta nosi avtor.

KAZALO VSEBINE

PREDGOVOR	3
UVOD	4
1 ENERGIJA IN VAROVANJE OKOLJA	5
1.1 PORABA ENERGIJE.....	5
1.2 ENERGIJA IN OKOLJE	9
1.3 ENERGENTI	11
2 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE	14
2.1 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE V SLOVENIJI	16
3 VIRI OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE	17
3 VIRI OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE	18
3.1 ENERGIJA SONCA	18
3.2 GEOTERMALNA ENERGIJA	26
3.3 ENERGIJA ZRAKA IN VODE	29
3.3.1 Zrak	29
3.3.2 Hidroenergija	29
3.3.3 Podtalna voda.....	32
3.3.4 Toplota površinskih voda.....	32
3.3.5 Vodik.....	32
3.4 BIOMASA	34
3.4.1 Energetske rastline in biomasa za delovanje bioplinskih naprav.....	36
3.4.2 Potencial za izkoriščanje biomase za proizvodnjo bioplina v Sloveniji	36
3.4.3 Lesna biomasa.....	37
3.5 VETRNA ENERGIJA	40
4 TEHNOLOGIJE IZRABE OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE	42
4.1 IZRABA SONČNE IN TOPLOTNE ENERGIJE	42
4.1.1 Pasivna raba sončne energije	42
4.1.1.1 Pasivna hiša.....	42
4.1.1.2 Energetski pregled zgradb.....	44
4.1.2 Sončni kolektorji	45
4.1.2.1 Vrste kolektorjev	47
4.1.2.2 Postavitev sončnih kolektorjev	48
4.1.3 Fotovoltaika – proizvodnja elektrike	52
4.1.3.1 Zgradba in delovanje sončne elektrarne.....	52
4.1.3.1.1 Princip fotovoltaičnega izkoriščanja sončne energije	52
4.1.3.1.2 Delovanje razsmernikov	57
4.1.3.2 Materiali za izdelavo sončnih kolektorjev	58
4.1.3.3 Uporaba fotovoltaičnih sistemov v Sloveniji.....	60
4.1.3.4 Postavitev fotovoltaičnih sistemov	63
4.1.4 Toplotne črpalke	64
4.1.4.1 Tipi toplotnih črpalk.....	67
4.1.4.2 Viri toplote	68
4.1.4.3 Izbor toplotne črpalke	72
4.2 IZKORIŠČANJE BIOMASE	74
4.2.1 Les	75
4.2.1.1 Polena.....	75
4.2.1.2 Sekanci	76
4.2.1.3 Stiskanci	77
4.2.1.4 Zgorevanje lesne biomase	79

4.2.1.4.1 Tehnike zgorevanja lesa	80
4.2.1.4.2 Izbira primerne kurilne naprave	82
4.2.2 Proizvodnja bioplina	86
4.2.2.1 Bioplin.....	86
4.2.2.2 Bioplinarna.....	89
4.2.3 Biodizel	91
4.2.3.1 Pridobivanje biodizla	91
4.2.3.2 Lastnosti biodizla	93
4.2.4 Etanol	95
4.3 UPORABA ENERGIJE VETRA.....	98
4.4 IZKORIŠČANJE ENERGIJE VODA	102
4.4.1 Hidroelektrarne	105
4.4.2 Izkoriščanje energije valovanja in plimovanja.....	108
4.5 IZKORIŠČANJE VODIKA V ENERGETSKE NAMENE.....	109
5 UMEŠČANJE OBJEKTOV IN NAPRAV ZA IZKORIŠČANJE OVE V OKOLJE	115
5.1 CELOVITA PRESOJA VPLIVOV NA OKOLJE	116
5.2 FINANČNE VZPODBUDE ZA IZKORIŠČANJE OVE	120
6 LITERATURA	121

PREDGOVOR

Sodobna družba je energetska potratna družba. Če so naši predniki živeli z minimalno porabo energije, si danes ne moremo predstavljati življenja brez velikanskih elektrarn, nafte, zemeljskega plina in drugih energetskih virov. V letih po zadnji naftni krizi (konec 70-tih let prejšnjega stoletja) so fosilna goriva (nafta, premog, zemeljski plin) predstavljala poceni energetski vir, na katerem so se gradila danes najmočnejša gospodarstva. V dobi izkoriščanja le-teh se ni nihče spraševal, kaj bo z ogljikovim dioksidom, ki se je tisočletja zbiral v organski masi, iz katere so nastala fosilna goriva, sprostili pa ga bomo v praktično nekaj stoletjih. O tem se sprašujemo šele danes, ko že ugotavljamo velike negativne učinke na okolje, ki so nastali zaradi povečanja povprečne temperature našega planeta. Do česar je prišlo zaradi učinka ogljikovega dioksida, ki zadržuje toploto v atmosferi. Posledice tega se že kažejo kot izrazite ekonomske, s podnebnimi ujmami povezane škode. Samo če spremljamo pogostost pojava manjših odstopanj od povprečja, ugotovimo pogostejše pojavljanje suš, poplav, lokacijskih neurij, da o pogostostih uničujočih orkanih niti ne govorimo. Ugotavljamo, da so škode zaradi vremenskih sprememb vedno večje in da bodo kmalu prerasle pozitivne ekonomske učinke izkoriščanja fosilnih goriv. To pomeni, da gospodarstva ne bodo uspela sanirati vremenskih katastrof, ki nastajajo zaradi podnebnih sprememb.

Zaradi tega so voditelji držav pričeli razmišljati o morebitnih izhodih iz trenutnega položaja. Ena izmed učinkovitih rešitev je uporaba obnovljivih virov energije in učinkovita raba energije. Pri tem imamo v mislih rabo tiste energije, pri kateri je krog ogljikovega dioksida zaključen, kar pomeni, da se ves sproščen ogljikov dioksid porabi nazaj v procesih biosinteze. Evropska unija kot vodilna svetovna regija na področju obnovljivih virov energije si je zadala cilj, da bo do leta 2020 vključevala vsaj 20 % obnovljivih virov energije v celotno bilanco porabe energije. Do tega razvojnega mejnika bo lahko prišla na dva načina, in sicer s pospeševanjem pridobivanja energije iz obnovljivih virov in z zmanjševanjem porabe energije s pospeševanjem ukrepov za učinkovito rabo energije. Na žalost tej zavezi ne sledijo Amerika in nekatere velesile v razvoju (Kitajska, Indija idr.), zato bo učinek takšnega ravnanja držav Evropske unije na zaustavitev nadaljnega segrevanja ozračja manjši od pričakovanega in zelenega.

Ne glede na to lahko z vključitvijo obnovljivih virov energije v lastno gospodinjstvo in gospodarstvo ter z učinkovito rabo energije zmanjšamo porabo fosilnih goriv ter tako znižujemo stroške porabe energije. Možnosti za takšno ravnanje imamo na pretek, začevši od zniževanja temperature v prostorih (1 °C pomeni 10 % prihranek energije), dobre izolacije domov, pravilne postavitve hladilnikov in zamrzovalnikov do ugašanja luči, ko jih ne potrebujemo, uporabe varčnih žarnic in drugih porabnikov energije (hladilniki, zamrzovalniki, pralni stroji in sušilniki idr.), izklapljanja klimatskih naprav, kadar jih zares ne potrebujemo in vsakodnevne varčne rabe energije v gospodinjstvu in drugje. Skratka, z ukrepi lahko pričnemo takoj in na vsakem koraku, zato ne odlašajmo predolgo, da ne bo prepozno.

UVOD

Podnebne spremembe so ena izmed največjih groženj, s katerimi se sooča naš planet. Znanstveniki trdijo, da bo povišanje temperature Zemlje za 2 °C v primerjavi s predindustrijsko dobo nepopravljivo spremenilo podnebje s katastrofalnimi dolgoročnimi posledicami. Zaradi talečega se ledu bodo narasle vode za vedno preplavile mnoga nižinska območja na Zemlji. Poleg tega bo primanjkovalo pitne vode. Da o slabitvi gospodarstva zaradi stroškov reševanja podnebnih razmer niti ne govorimo.

Povprečna temperatura Zemlje se je po stabilni temperaturi zadnjih 10000 let pričela zviševati po industrijski revoluciji leta 1850. Do danes se je zvišala za 0,76 °C, do konca stoletja pa naj bi se ob nadaljevanju onesnaževanja povišala kar za 1,8 do 4 °C, po najbolj pesimističnih napovedih kar za 6,4 °C. Zaradi tega se je pričel boj za zaježitev povišanja temperature največ za 2 °C, kar se obravnava kot kritična točka. V kolikor nam uspe do leta 2020 globalne emisije stabilizirati in do leta 2050 zmanjšati na polovico ravni iz leta 1990, kritične točke verjetno ne bomo presegli.

In zakaj je potrebno zmanjševati globalne emisije? Predvsem zaradi njihovega učinka tople grede. Toplogredni plini predstavljajo manj kot 0,1 vol. % suhega zraka, vendar imajo pomembno vlogo v energetske bilanci ozračja. Ti plini absorbirajo del dolgovalovnega sevanja površja Zemlje in del absorbirane energije sevajo nazaj na površje. Zaradi tega Zemlja prejme s sevanjem več energije, kot bi jo le zaradi sevanja Sonca in temperatura njenega površja je kar za 33 °C višja, kot bi bila brez toplogrednih plinov. V kolikor pa se koncentracija toplogrednih plinov prekomerno povečuje, ti plini absorbirajo in sevajo nazaj preveliko količino energije in temperatura Zemljinega površja se povečuje, kar vodi v podnebne spremembe.

Toplogredni plini nastajajo v glavnem pri izgorevanju fosilnih goriv. Najpomembnejši toplogredni plin je ogljikov dioksid, poleg njega še metan in drugi plini. Pri izgorevanju fosilnih goriv se sprošča velika količina ogljikovega dioksida, ki se je milijone let nalagal v procesu biosinteze in nastanka biomase, iz katere so nastala fosilna goriva (nafta, premog, zemeljski plin). Za rešitev Zemlje je torej pomembno zmanjševanje porabe fosilnih goriv, vendar ne na račun energetskega mrka in upočasnitve gospodarstva. Z razvojem različnih metod pridobivanja energije imamo danes na razpolago številne rešitve in možnosti, ki v energetske bilanci nadomeščajo fosilna goriva in ne sproščajo novih količin toplogrednih plinov. V kolikor pa nove metode sproščajo ogljikov dioksid, gre pri tem plinu za zaprt krog. To pomeni, da se celotna količina plina vrne nazaj v organsko maso in tvori nov vir energije za naslednji energetske cikel. Tako se enaka količina ogljikovega dioksida stalno vrača kot vir energije v procese za pridobivanje energije. Takim virom energije z zaprtim krogom ogljikovega dioksida ali celo brez sproščanja tega plina pravimo obnovljivi viri energije.

1 ENERGIJA IN VAROVANJE OKOLJA

Energija je ena izmed ključnih potreb sodobnega človeka, ki se pojavlja na vrhu dobrin, takoj za osnovnimi življenjskimi potrebami. Zaradi velikega števila prebivalstva in zaradi velike potrebe posameznega prebivalca po energiji, je poraba le-te v sodobnem svetu velika. Kot navajamo v nadaljevanju, lahko energetske potrebe pokrivamo na različne načine, vendar še vedno največ iz fosilnih goriv, kot so nafta, premog in zemeljski plin. Uporaba slednjega sprošča velike količine CO₂, kar vpliva na spreminjanje podnebja. Slovenija je kljub velikim naravnim možnostim za izkoriščanje obnovljivih virov energije uvoznica te dobrine, zato si bomo pogledali tudi porabo energije v Sloveniji.

Energija je ena izmed osnovnih fizikalnih količin in je povezana s sposobnostjo opravljanja dela in/ali vira toplote. Po zakonu o ohranitvi energije se skupna energija nekega sistema spremeni natanko za prejeta ali oddano delo ali toploto. Energije ne moremo ustvariti ali uničiti. Če se je na račun oddanega dela zmanjšala skupna energija opazovanega sistema, se je za natanko toliko na račun prejetega dela povečala energija njegove okolice. Energija se lahko pretvarja v delo (več o tem opisuje drugi zakon termodinamike).

Poznamo različne vrste energije, kot so:

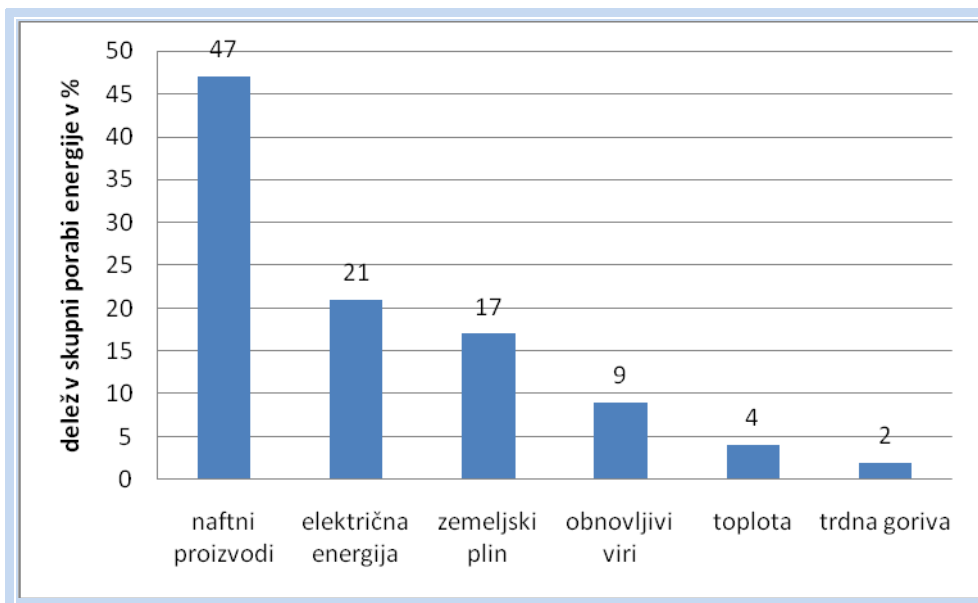
- kinetična energija, ki jo ima telo zaradi svojega gibanja,
- potencialna energija, ki jo ima telo zaradi svoje lege glede na druga telesa, delujoča nanj z gravitacijsko ali električno silo,
- energija električnega polja, ki jo ima električno polje,
- energija magnetnega polja, ki jo ustvari magnetno polje,
- notranja energija, ki jo ima telo zaradi svojega stanja in
- lastna energija, ki jo ima telo zaradi lastne mase.

Z vidika pridobivanja energije iz fosilnih virov ali obnovljivih virov nas najbolj zanima kinetična, notranja in električna energija. Enota za merjenje energije je J (joule), iz tega pa lahko izpeljemo tudi druge izpeljanke, kot je najpogosteje uporabljena Ws (wattsekunda) s pretvornikom $1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$. Iz tega lahko izpeljemo Wh (wattura), 1000 Wh je 1 kWh , 1000 kWh je 1 MWh in podobno naprej. Več o energiji si lahko preberete v literaturi Švent, L. *Projekt: Delo in energija, Didaktika fizike I*. Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko.

Energijo porabljamo za različne potrebe, in sicer za prevoz, ogrevanje in hlajenje, delo v tovarnah, proizvodnjo električne energije in podobno. V zadnjih 50 letih smo skoraj v celoti pridobivali energijo, shranjeno v obliki fosilnih goriv, kot so nafta, zemeljski plin in premog. Že iz zgodovine razvoja človeštva lahko vidimo, da je uporaba energijskih virov gonilo evolucije in razvoja in tako je še danes, saj so nizke cene energije omogočile razvoj danes najbolj razvitih držav. Nekdaj je zadostna oskrba z energijo pomenila preživetje, danes pa je to le ena izmed potrebnih dobrin vsakega izmed nas. Energija je naravna dobrina, ki jo je trenutno še v izobilju in je še relativno poceni, je lahko dobavljiva in dostopna najširši množici porabnikov. Tu imam v mislih predvsem energijo iz fosilnih goriv, kot je nafta, zemeljski plin, premog in drugi neobnovljivi viri energije. Vendar smo pri uporabi teh energetskih virov za osebne potrebe, pridobivanje električne energije in druge energetske procese priča čedalje večjim nevšečnostim zaradi prevelikega izpusta CO₂ in drugih škodljivih plinov v ozračje. Prva opozorila že prihajajo v obliki podnebnih sprememb in ogroženi ekonomski blaginji, ki smo je bili vajeni zadnjih 50 let.

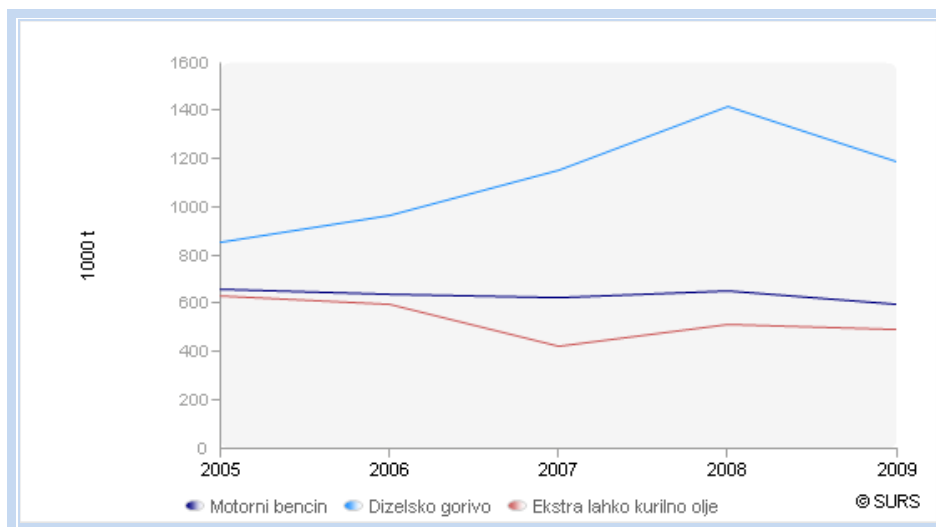
1.1 PORABA ENERGIJE

Človeštvo potrebuje vse več energije zaradi naraščanja števila prebivalstva in zaradi povečane porabe energije na prebivalca. Enak trend zasledimo tudi v Evropi, ki je energetske odvisna od uvoza, saj kar tri četrtine vseh potrebnih energentov uvozimo. Pri tem prevladuje uvoz neobnovljivih virov energije, kot so fosilna goriva in uran, katerih zaloge so končne (Medus, 2009). Podobna situacija je tudi v Sloveniji, kjer na podlagi podatkov Statističnega urada RS (SURS 1, 2011) porabimo največ neobnovljivih virov energije glede na celotno porabo energije, kar nam prikazuje spodnja slika.



Slika 1: Delež posameznega energenta v skupni porabi energije v Sloveniji v letu 2006
Vir: SURS 1, 2011

Med naftnimi proizvodi porabimo največ dizelskega goriva, in sicer kar preko 120.000 t na leto. V letu 2008 smo beležili rekordno porabo tega goriva, in sicer kar preko 140.000 t. Uvoz naftnih derivatov se je v letu 2009 zmanjšal za 15 % glede na leto 2008. K temu je največ pripomoglo ravno dizelsko gorivo z zmanjšanjem porabe za 16 %, poraba neosvinčenega bencina pa se je zmanjšala za 8 % (SURS, 2011). Gibanje porabe naftnih proizvodov v zadnjih letih je prikazano na naslednji sliki.



Slika 2: Poraba naftnih derivatov v Sloveniji v letih 2005 do 2009
Vir: SURS 1, 2011

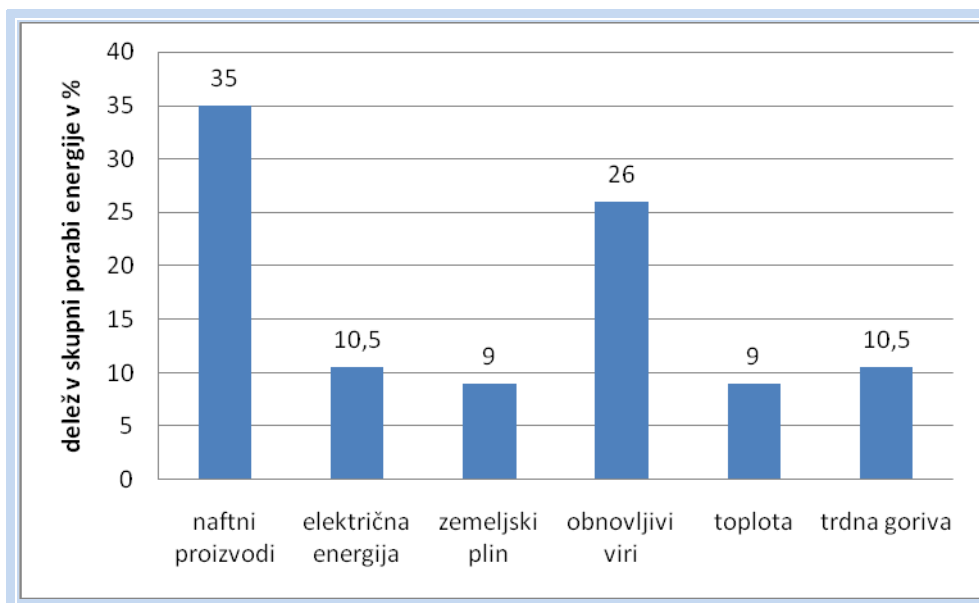
Če je Slovenija v celoti odvisna od uvoza naftnih derivatov, je na področju električne energije izvoznica. V letu 2009 je proizvodnja električne energije znašala 16.397 GWh, od tega so jo v termoelektrarnah proizvedli 5.945 GWh, v nuklearni elektrarni 5.739 GWh in v hidroelektrarnah 4.713 GWh. Od celotne količine smo izvozili več kot polovico proizvedene električne energije, in sicer kar 9.222 GWh. Poleg tega v Sloveniji porabimo še 4.198.000 t lignina, 611.000 t rjavega premoga, 86.000 t utekočinjenega naftnega plina, 52.000 t kurilnega olja, 1.099.000 mio m³ in še majhen del energije, pridobljene iz obnovljivih virov energije (SURS, 2011). Del trdih goriv porabimo v termoelektrarnah za proizvodnjo električne energije.

Tabela 1: Proizvodnja, uvoz in izvoz električne energije v Sloveniji

	2005	2006	2007	2008	2009
	GWh				
Proizvodnja na generatorju – skupaj	15.117	15.115	15.043	16.398	16.397
Uvoz	7.234	7.071	6.140	6.218	6.156
Izvoz	7.558	7.020	5.911	7.820	9.222

Vir: SURS, 2011

V Sloveniji trenutno porabimo kar 91 % energije iz neobnovljivih virov glede na celotno porabo energije. V gospodinjstvih je zahvaljujoč vključevanju obnovljivih virov energije za ogrevanje (kolektorji, ogrevanje na les) poraba slednjih večja, in sicer je trenutno na nivoju 26 % glede na celotno porabo energije v gospodinjstvih. Za ogrevanje povprečne stanovanjske hiše porabimo 80 GJ toplote na leto, poleg tega še 290 kWh električne energije.



Slika 3: Delež posameznega energenta v skupni porabi energije v slovenskih gospodinjstvih v letu 2006

Vir: SURS 1, 2011

V kolikor primerjamo cene energentov, ki jih porabimo v gospodinjstvu za ogrevanje, je trenutno najdražji energent električna energija, najcenejše pa je ogrevanje z daljinsko toploto na lesno biomaso. Cena energije iz lahkega kurilnega olja je za 25 % presegle ceno energije iz zemeljskega plina. Slovenija izrazito odstopa od evropskega povprečja v proizvodnji električne energije iz obnovljivih virov energije v skupni porabi električne energije, saj smo s 30 % deležem kar na šestem mestu petindvajseterice (najvišji delež ima Avstrija s 53 %) (SURS 1, 2011, SURS, 2011).

Vaja

S pomočjo podatkov Statističnega urada Slovenije (SURS 1, 2011) primerjajte delež obnovljivih virov energije glede na celotno porabo energije na nivoju države in na nivoju gospodinjstva. Predstavite energente in energetska področja EU in Slovenije.

Poraba energije se je v Sloveniji v letu 2009 prvič v večletnem obdobju znižala, in sicer kar za 11 %. Največji padec porabe beležijo trda goriva v predelovalni dejavnosti in gradbeništvu (kar za 34 %). Poraba električne energije na ravni Slovenije se je zmanjšala za 12 %. Na zmanjšanje je najbolj vplival 21 % padec porabe električne energije v predelovalnih dejavnostih in gradbeništvu, medtem ko se je poraba v gospodinjstvih zmanjšala le za 1 %. Manjša poraba energije v letu 2009 je močno vplivala tudi na zmanjšanje energetske odvisnosti Slovenije. Še v letu 2008 smo beležili rekordno visoko energetska odvisnost (55 %), v letu 2009 pa je le-ta padla na 49 %. Poleg manjših potreb po energiji je na zmanjšanje energetske odvisnosti vplival tudi manjši uvoz trdnih goriv (–41 %), tekočih goriv (–16 %) ter zemeljskega plina (–5 %). V letu 2009 je bil v Sloveniji delež električne energije, proizvedene iz obnovljivih virov, 30 %. Od tega je bilo 96 % električne energije proizvedene v hidroelektrarnah, dobra 2 % iz lesa in lesnih ostankov, 2 % pa iz ostalih virov. Med ostalimi viri se je v primerjavi z letom 2008 močno povečala proizvodnja električne energije iz bioplina (za 117 %) in fotovoltaike (za 300 %) (SURS, 2011).

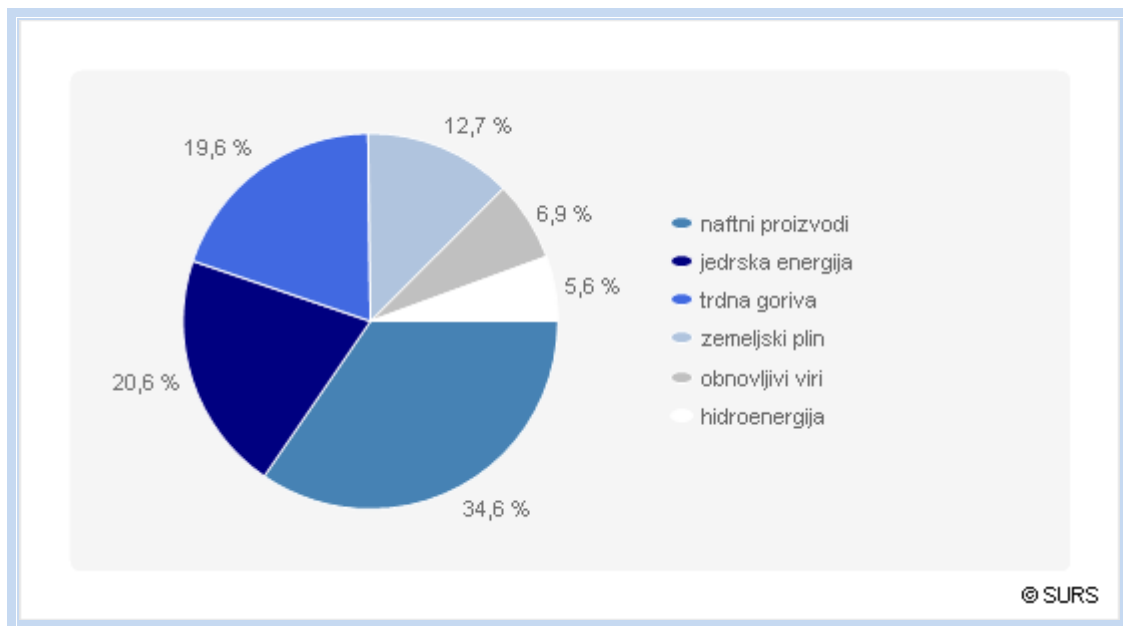
Tabela 2: Energetski kazalniki za Slovenijo za obdobje od leta 2000 do 2009

	Enota	2000	2005	2007	2008	2009	09/08 (%)
Domača proizvodnja	1000 toe*	3.152	3.495	3.456	3.672	3.541	–3,6
Oskrba z energijo	1000 toe	6.487	7.307	7.336	7.749	6.990	–9,8
Končna poraba	1000 toe	4.638	5.182	5.189	5.519	4.891	–11,4
Energetska odvisnost	%	52	53	53	55	49	–6,3
Energetska intenzivnost - Oskrba z energijo/BDP	toe/mio EUR ₂₀₀₀	351	330	293	299	293	–2,2
Energetska intenzivnost - Končna poraba/BDP	toe/mio EUR ₂₀₀₀	251	234	207	213	205	–3,9
Poraba el. en. / BDP	MWh/mio EUR ₂₀₀₀	577	581	533	500	478	–4,3
Poraba el. en. na prebivalca	kWh/preb.	5.413	6.425	6.584	6.369	5.580	–12,4
Delež proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov v celotni proizvodnji električne energije	%	29	24	22	26	30	3,7
Delež električne energije iz obnovljivih virov v bruto porabi električne energije	%	32	24	22	29	37	7,7

* količina energije, izražena v tonah ekvivalentne nafte

Vir: SURS, 2011

Najpomembnejši vir porabljene energije v Sloveniji je še vedno nafta z naftnimi proizvodi, kar prikazuje naslednja slika. V Sloveniji je pomemben vir še jedrska energija in trdna goriva.



Slika 4: Oskrba z energijo v Sloveniji leta 2009 brez trgovanja z energijo
Vir: SURS, 2011

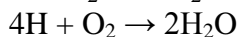
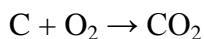
V Sloveniji na leto izkoristimo le 3.970 GWh ali 43 % potenciala obnovljivih vodnih virov kot najčistejšega vira za pridobivanje električne energije. Strokovnjaki ocenjujejo, da bo poraba energije naraščala 2 % letno, konične obremenitve pa za 1,95 % letno. Leta 2020 bomo ob konični moči 2.600 MW porabili približno 16.000 GWh električne energije na leto. Zato bi bilo treba zgraditi za približno 5.000 GWh letno novih zmogljivosti. Poleg tega naj bi do leta 2020 zaradi dotrajanosti zaustavili za 700 MW proizvodnih zmogljivosti, ki so v letu 2000 proizvedle 2.400 GWh električne energije. To pa bi zahtevalo večji uvoz energije, kar bi močno povečalo odvisnost slovenskega gospodarstva od zunanjega dobavitelja in nam s tem zmanjšalo pogajalsko moč v tržnem prostoru. Energetska politika EU, torej tudi Slovenije, je podrobneje predstavljena v dokumentih na internetnih straneh Portala Evropske unije: http://europa.eu/pol/ener/index_sl.htm.

1.2 ENERGIJA IN OKOLJE

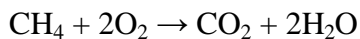
Ne glede na fazo blaginje, ki jo je zadnja gospodarska kriza v letih 2008 do 2010 sicer prekinila, se pogled na neskončnost energije spreminja. Cene fosilnih goriv se zvišujejo, zaloge postajajo končne, povpraševanje po energiji narašča, kar vodi v iskanje novih energetskih virov. Napovedi o novih tehnologijah so različne, vendar vse kažejo na povečan pomen obnovljivih virov energije in zaključenem krogu CO₂. To je sicer eden izmed najpomembnejših plinov v ozračju, ki skrbi za pozitivno energetsko bilanco zemeljske površine. V kolikor ga v ozračju ne bi bilo, bi bile povprečne letne temperature na zemeljski površini negativne (za 33 °C nižje od zdajšnjih) in ne bi omogočale življenja, kot ga poznamo danes. Molekule CO₂ namreč zadržujejo toploto v ozračju, ki bi se sicer izgubila v vesolju. Zaradi tega je ta plin nujno potreben, vendar v majhnih količinah. Naraščanje koncentracije tega plina in drugih plinov s podobnimi lastnostmi (toplogredni plini) zadržijo preveč energije v ozračju, kar se kaže v povečanih povprečnih temperaturah. Del povečane energije se iz ozračja prenese tudi v oceane, zato se količina energije v okolju povečuje. Povečanje energije oceanov in ozračja pa vodi do intenzivnejših naravnih pojavov, kot so gibanje vode in zračnih mas, kar poznamo kot neurja in orkani. Pojav izrednih vremenskih pojavov se z večanjem energije pospešuje, zato je številčnost le-teh iz leta v leto večja.

Fosilna goriva, ki pokrivajo okrog 85 % vseh svetovnih potreb po energiji, so sestavljena iz ogljika, vodika, žvepla, kisika, dušika, vode in pepela. Ob prisotnosti kisika (oksidant) potече reakcija

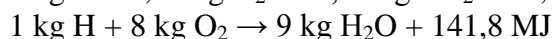
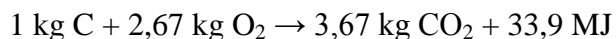
zgorevanja, nastanejo produkti zgorevanja in sprosti se energija v obliki toplote. Pri zgorevanju fosilnih goriv sta glavni reakciji ogljika in vodika s kisikom.



Skupna formula je sledeča:



ali



Problem sodobne energetike je sproščanje velikih količin CO₂ iz fosilnih goriv v ozračje. Pri proizvodnji 1 kWh električne energije iz fosilnih goriv se sprosti 0,7 kg CO₂. V njih se je ogljik vezal dolga tisočletja, sproščamo pa ga mnogo hitreje, kar povečuje koncentracijo CO₂ v ozračju. Glede na njegove toplogredne lastnosti se to že kaže kot negativen učinek na naše okolje. Zato se Evropska unija in nekatere druge svetovne velesile (z izjemo ZDA) prizadevajo, da bi zmanjšale izpuste vseh toplogrednih plinov v ozračje in s tem zajezile naraščanje temperature. Koncentracije ogljikovega dioksida so z vrednosti okoli 270 ppm (delcev na milijon) od časa pred prvo industrijsko revolucijo (druga polovica 18. stoletja) do danes narasle na 450 ppm. Če se bodo zdajšnji trendi nadaljevali, lahko do konca stoletja presežejo koncentracije 800 ppm (0,08 %). Po mnenju klimatologov, ki so združeni v Medvladno delovno skupino o podnebnih spremembah (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change), bi se zaradi tega povprečna globalna temperatura ob nespremenjenih trendih porasta koncentracij toplogrednih plinov ter spremembe rabe tal in zmanjševanja biotske pestrosti do konca stoletja dvignila v povprečju od 1,8 do 4,5 °C. Večina klimatologov se strinja, da bi že povišanje povprečne temperature za 2 °C (številni so prepričani, da je ta meja že pri 1,5 °C) spremenila podnebje v takšnem obsegu, da bi bil dolgoročno ogrožen obstoj naše civilizacije in tudi drugih živečih vrst, saj bi se zelo spremenili temperaturni in padavinski vzorci ter znatno povečalo število ekstremnih vremenskih dogodkov (poplave, suše, neurja). Zato, da ne bomo presegli kritičnih 2 °C zvišanja temperature, moramo v razvitih državah najkasneje v 10–15 letih ustaviti naraščanje količin izpustov toplogrednih plinov, jih do leta 2020 zmanjšati za 30 % in do sredine stoletja za 80 %. Temu bi morale z zamikom slediti tudi države v razvoju, ki so v primerjavi z razvitimi do zdaj v celoti v zrak sprostile le malo toplogrednih plinov. Ustaviti bi se morala tudi rast števila prebivalstva in do konca stoletja bi moralo živeti na Zemlji manj ljudi kot danes (Babuder s sod., 2009). Podnebne spremembe, ki nas čakajo v prihodnje, so opisane v literaturi: Kajfež Bogataj, L. *Kaj nam prinašajo podnebne spremembe*. Ljubljana: Pedagoški inštitut, 2008.

Vaja

Opreделите vpliv podnebnih sprememb na prehransko varnost in pri tem uporabite literaturo: Kajfež Bogataj, L. *Kaj nam prinašajo podnebne spremembe*. Ljubljana: Pedagoški inštitut, 2008 in učbenik *Gospodarjenje v poljedelstvu in vrtnarstvu*, objavljen na internetni strani <http://www.zavod-irc.si/sl/gradiva/>.

Kot vodilna regija pri okoljevarstvenih ukrepih je leta 2009 Evropska unija sprejela direktive o OVE, ki vsebujejo pravno zavezujoče tarče za vsako članico EU, da bi dosegla skupni delež obnovljivih virov energije v višini 20 % do leta 2020 (Babuder s sod., 2009). Okvirna konvencija

Združenih narodov o spremembi podnebja, ki je bila sprejeta leta 1992, je bil prvi mednarodno zavezujoč dokument, ki na mednarodnem nivoju obravnava vprašanje odziva na spreminjanje podnebja. Cilj konvencije je bil doseči ustalitev koncentracije toplogrednih plinov v ozračju na takšni ravni, ki bo preprečila nevarno antropogeno poseganje v podnebni sistem. K tej konvenciji je bil leta 1997 sprejet še Kjotski protokol (Romih, 2008).

Kjotski protokol je mednarodni sporazum, ki skuša zmanjšati emisije ogljikovega dioksida in petih ostalih toplogrednih plinov. Sprejelo ga je 141 držav sveta, da bi zaustavile segrevanje ozračja. Protokol je začel veljati 16. februarja 2005 z rusko ratifikacijo. Emisije držav, ki so sporazum ratificirale, predstavljajo 61 % globalnih emisij. Obdobje 2008–2012 je določeno kot prvo ciljno obdobje, v katerem bodo države, ki so protokol ratificirale, skušale emisije zmanjšati za najmanj 5 % v primerjavi z letom 1990. Če ta cilj primerjamo s količino emisij, ki bi jih pričakovali za leto 2010 brez uresničevanja ciljev protokola, pomeni pravzaprav 29 % znižanje.

Protokol skuša omejiti emisije šestih plinov: ogljikovega dioksida, metana, didušikovega oksida, fluoriranih ogljikovodikov, perfluoriranih ogljikovodikov in žveplovega heksafluorida. Vsi izmed naštetih plinov spadajo med toplogredne pline, ki vpijajo toplotno sevanje zemeljske površine. Brez njih ne bi bilo življenja na Zemlji, saj bi se toplota razpršila v vesolje. Zaradi pospešenega razvoja industrije so se v zadnjih desetletjih emisije teh plinov izrazito povečale. Nastajajo namreč z izgorevanjem fosilnih goriv, v kmetijstvu, pri ravnanju z odpadki, kot izpušni plini prevoznih sredstev in pri industrijskih procesih. Učinek tople grede je zato zelo narasel, kar je privedlo do segrevanja ozračja, ki je povzročilo spremembe podnebja, ki se po mnenju strokovnjakov že kažejo. V Sloveniji se je med leti 1951–2000 temperatura zraka v povprečju zvišala za 1,1 °C. Povprečna globalna temperatura se je povečala za 0,6 °C, verjetno se bo povečalo število vročih dni, razlika med jutranjo in popoldansko temperaturo pa se bo zmanjšala. Pričakovati je tudi različno porazdelitev padavin preko leta (Evropska komisija, 2008).

Podnebne spremembe danes predstavljajo enega izmed največjih izzivov, s katerimi se sooča človeštvo. Aktivno delovanje Slovenije v procesih oblikovanja mednarodne in nacionalne okoljske politike je zato nujno, saj s tem ne ščitimo zgolj svojih interesov, ampak delujemo globalno. Politika podnebnih sprememb, ki jo vodi Evropska unija, je ambiciozno načrtovana, in velja za vse države članice EU. Sprejeti cilji pa so naslednji (Gumilar, 2008):

- EU mora do leta 2020 zmanjšati emisije toplogrednih plinov za 20 %,
- povečati porabo obnovljivih virov energije za 20 % v končni rabi energije,
- doseči je potrebno 10 % delež biogoriv kot pogonskih goriv v prometu in
- 20 % povečanje učinkovite rabe energije.

Vaja

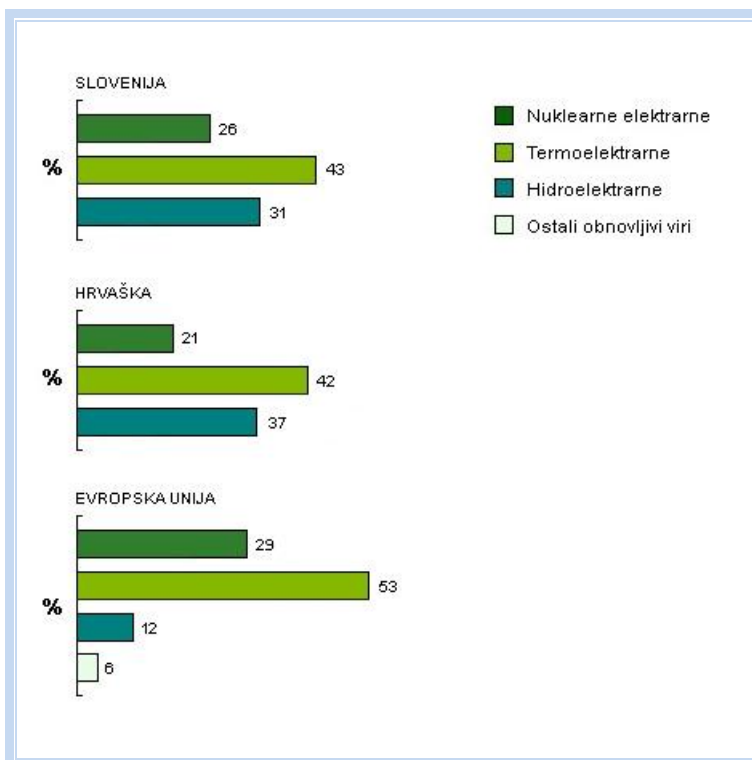
S pomočjo literature: Babuder s sod. *Obnovljivi viri energije (OVE) v Sloveniji*. Celje: Fit media, 2009 analizirajte cilje, ki so navedeni v direktivah ES in določajo akcijske cilje Slovenije za zmanjševanje izpustov toplogrednih plinov.

1.3 ENERGENTI

Energija je ključni dejavnik človekovega razvoja in zagotavlja življenjske ravni skozi čas. V vsakdanjem življenju potrebujemo poleg tekočih goriv za pogon vozil predvsem toploto in električno energijo. Njuna poraba v svetu narašča glede na raven in hitrost družbenogospodarskega razvoja. Na drugi strani se razpoložljivi viri primarne energije, na osnovi katerih pridobivamo električno in toplotno energijo, krčijo ali pa so že v veliki meri izkoriščeni. Smiselno je torej izkoriščati vse razpoložljive vire.

Okoljske zahteve pri proizvodnji električne energije iz klasičnih termoelektrarn so vedno večje. Onesnaževanje zračne atmosfere s škodljivimi plini postaja globalni problem. Zanesljivost oskrbe porabnikov z električno energijo postaja vse resnejše vprašanje za nacionalna gospodarstva, saj električne energije ni možno uvažati v neomejenih količinah, zato je visoka stopnja samooskrbe nujna.

Električno energijo pridobivamo v elektrarnah iz različnih virov, kot so fosilna goriva (premog, nafta, plin), jedrska goriva (uran, plutonij, torij), voda, veter, biomasa, sonce idr. Tako za Slovenijo velja, da ima ustrezno in uravnoteženo strukturo virov, ki jo je smiselno ohranjati tudi v bodoče. Tudi v Sloveniji elektrogospodarski razvoj in izrabo virov vse bolj zaznamujejo domače danosti in evropske smernice, ki so strnjene v skrb za okolje, trajen razvoj, stopnjo sprejemljive energetske odvisnosti, deregulacijo in privatizacijo proizvodnega sektorja.



Slika 5: Deleži proizvedene električne energije v letu 2008 po vrstah proizvajalcev
Vir: NEK, 2011

Danes poznamo vrsto tehnologij, ki obnovljive vire energije pretvarjajo v električno in toplotno energijo, kar opisujemo v nadaljevanju.

Razmislite

1. Ovrednotite pomen energije za človeka in človeštvo.
2. Klasificirajte najbolj razširjene vire energije, ki so nam danes na razpolago.
3. Predstavite energente in energetske področje Slovenije. Analizirajte deleže porabe energije, pridobljene iz različnih energetskih virov.
4. Analizirajte vpliv porabe fosilnih goriv na segrevanje ozračja in s tem povezanimi podnebnimi spremembami.

POVZETEK

Energetsko področje je eno najpomembnejših za razvoj gospodarstva posamezne države, regije ali celo celine. Zaradi tega je cenovno ugodna in stabilna dobava energentov ključnega pomena za nemoten razvoj. Vendar, poraba fosilnih goriv narašča, zaloge le-teh se zmanjšujejo, njihov negativni vpliv na podnebje Zemlje je čedalje večji, zato je skrajni čas za resen razmislek o nadaljnji energetske poti svetovnega gospodarstva. Slovenija ima znotraj EU ugodno energetske politiko in je nadpovprečno uspešna pri uvajanju obnovljivih virov energije v svojo energetske bilanco, vendar jo glede na direktive EU čaka še veliko dela.

2 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE

Pomemben člen energetske bilance postaja energija, pridobljena iz obnovljivih virov. Kaj so obnovljivi viri energije (OVE) in kateri so procesi, ki omogočajo pridobivanje energije, bomo opredelili v nadaljevanju tega poglavja. Prav tako bomo klasificirali OVE in opredelili nekatere njihove glavne značilnosti.

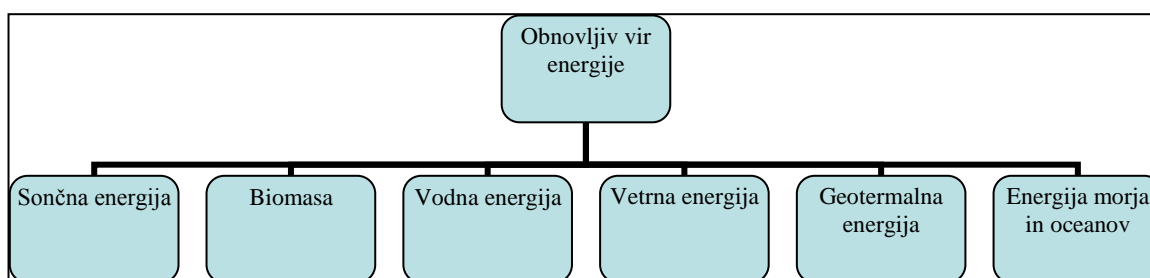
Slovenija je ena izmed najuspešnejših evropskih držav pri izkoriščanju možnosti pridobivanja energije iz OVE, zato bomo na koncu poglavja primerjali Slovenijo z ostalimi državami EU glede tega pomembnega področja.

Obnovljivi viri energije so po Energetskem zakonu viri energije, ki se v naravi ohranjajo in v celoti ali pretežno obnovljajo, zlasti pa energija vodotokov, vetra, biomase, geotermalna in neakumulirana sončna energija ter ostali viri, ki se izkoriščajo z ustreznim izkoristkom. Kvalificiran proizvajalec je proizvajalec, ki v posameznih proizvodnih objektih proizvaja električno energijo z nadpovprečno dejansko doseženim izkoristkom pri sproizvodnji toplotne in električne energije, ali če izkorišča obnovljive vire energije na način, ki je skladen z varstvom okolja (HE Gorenjske elektrarne, 2011).

Obnovljivi viri energije vključujejo vse vire energije, ki jih zajemamo iz stalnih naravnih procesov in nastajajo iz treh glavnih primarnih virov:

- sončno sevanje, ki ga lahko spremenimo v toploto ali elektriko, v naravi pa povzroča nastanek vetra, valov, vodne energije in biomase,
- težnostna sila Lune in Sonca skupaj s kinetično energijo Zemlje povzročata periodično nastajanje plime in oseke,
- toploto iz notranjosti Zemlje, kjer nastaja z radioaktivnim razpadom snovi v jedru in prehaja na površje kot geotermalna energija.

Ne glede na primarne vire pa v glavnem poznamo obnovljive vire energije, kot jih prikazuje naslednja slika.



Slika 6: Vrste obnovljivih virov energije

Vir: Lasten

Sonce v vesolje stalno pošilja toplotni tok, ki ga imenujemo sončno sevanje, ki se preko elektromagnetnega valovanja prenese v vesolje, torej tudi na Zemljo. Sončno sevanje naš planet segreva in se spreminja v druge oblike energije. Spreminja se v kinetično energijo vetra ter v potencialno in kinetično energijo vodotokov (poganja vodni krog). Del sončnega sevanja porabijo rastline za biosintezo – fotosintezo, preko katere nastane organska snov – biomasa. Sončno sevanje je tako vir različnih oblik obnovljivih virov energije. Izkoriščamo lahko vsako izmed teh, lahko pa tudi kar neposredno sončno sevanje, ki ga preko različnih naprav spreminjamo v električno energijo in toploto. Za njihovo delovanje je značilno, da:

- imajo minimalen vpliv na okolje,

- so viri energije zastonj in na razpolago vsem,
- imajo naprave za pretvarjanje sončnega sevanja v druge oblike energije razmeroma veliko učinkovitost.

Vendar pa ima izkoriščanje sončne energije tudi nekatere slabosti:

- sončno sevanje se spreminja tekom leta in tekom dneva, prav tako je odvisno od trenutnega vremena, zato za neprestano oskrbo z energijo potrebujemo hranilnike energije,
- gostota sončnega sevanja na enoto površine je nizka, zato potrebujemo velike naprave,
- izgradnja naprave predstavlja visok finančni vložek (Medved, 2009, Babuder s sod., 2009).

S pomočjo sončne energije nastaja biomasa, v kateri ostane energija vezana vse do razpada zaradi biološkega ali toplotnega procesa. Za proizvodnjo biomase se porabi le 0,01 % sončne energije, ki jo sprejme zemlja na vrhu atmosfere, vendar je to še vedno eden izmed najpomembnejših energetskih pretvorb (Pretvorba sončne energije v biomaso preko procesov fotosinteze je opisana v strokovni literaturi: Taiz, L., Zeiger, E., *Plant Physiology*, 2nd edition. Sinauer Associates, USA, 1998). Biomasa kot energetski vir predstavlja predvsem les in lesne ostanke, z razvojem novih tehnologij pa se povečuje delež drugih oblik biomase za energetske vire, kot so kmetijski ostanki in odpadki (slama, živalski gnoj), energetske rastline in drugo. Za uporabo in predelavo biomase v goriva ločimo štiri postopke, in sicer:

- gorenje (gorljive snovi v biomasi oksidirajo v CO₂ in vodno paro ter pri tem oddajajo toploto),
- biološka pretvorba (anaerobno vrenje, fermentacija idr.),
- toplotno-kemična pretvorba (piroliza),
- utekočinjanje in uplinjanje (biodizel, bioplin ipd.).

Goriva, ki jih pridobimo iz biomase z navedenimi postopki, razvrstimo v tri skupine:

- trdna biomasa (lesna biomasa, kmetijske rastline, energetske rastline),
- tekoča goriva (bioetanol, biometanol, biodizel),
- plin (lesni plin, bioplin, odlagališčni plin) (Medved, 2009, Babuder s sod., 2009).

Danes izmed vseh obnovljivih virov energije največ energije pridobimo iz energije vode. Voda pokriva približno 70,8 % Zemlje, od tega je 97 % morske vode in 3 % sladkih voda, kamor štejemo tudi ledenike in polarni led. Reke in jezera pokrivajo le 0,02 % Zemlje. S pomočjo sončne energije voda stalno izhlapeva in se na Zemljino površino vrača v obliki dežja. Del padavin izhlapi že na poti do površine tal, del ponikne v podtalnico, del pa odteče v obliki površinskih vodotokov. Slednje izkoriščamo za proizvodnjo mehanskega dela (pogon mlinov, žag in električnih generatorjev). Prednosti pridobivanja energije z vodnimi elektrarnami so sledeče:

- proizvodnja ne onesnažuje okolja,
- elektrarne imajo dolgo dobo trajanja,
- proizvodnja električne energije poteka pri nizkih obratovalnih stroških.

Vendar ima ta vir energije tudi nekatere pomanjkljivosti:

- gradnja velikih vodnih elektrarn pomeni velik poseg v okolje,
- proizvodnja električne energije je odvisna od količine vode v vodotoku in se spreminja tekom leta,
- izgradnja elektrarne je draga (Medved, 2009, Babuder s sod., 2009).

Med okolju najbolj prijazne vire električne energije spada energija vetra. Električno energijo proizvajamo brez odpadkov ali nevarnih snovi. Sodobne vetrne elektrarne so tišje in bolj zanesljive od starejših, zato se močno povečuje njihova uporaba. Poleg ekološke sprejemljivosti je prednost vetrnih elektrarn tudi nizka cena kilovatne ure proizvedene električne energije (Medved, 2009, Babuder s sod., 2009).

Svojo energijo ima tudi Zemlja. Shranjena je v njeni notranjosti. Izkoriščamo jo lahko neposredno z zajemom toplih vodnih ali parnih vrelov ali s hlajenjem vročih kamenin. Pri visokotemperaturnih geotermalnih virih je temperatura vode preko 150 °C in se uporabljajo pretežno za pridobivanje električne energije. Vire z nižjo temperaturo uporabljamo pretežno za neposredno ogrevanje.

Glede na veliko površino na Zemlji predstavljajo neizmeren vir energije tudi morja in oceani. Njihovo energijo izkoriščamo preko predvidljivih in stalnih pojavov v njih, kot je na primer plimovanje morja. Slednje je periodičen proces in je posledica privlačnih sil Lune in Sonca ter vrtenja zemlje. S podvodnimi vetrnicami lahko izkoriščamo tudi morske tokove. Morja predstavljajo tudi izjemen hranilnik toplote, ki jo lahko izkoriščamo skozi vse leto za pridobivanje toplote za ogrevanje (Medved, 2009, Babuder s sod., 2009).

Uporaba obnovljivih virov energije lahko predstavlja negativne učinke na okolje, ki jih je potrebno pred pričetkom uporabe skrbno pretehtati.

Tabela 3: Pretvorba obnovljivih virov energije (OVE) in vpliv na okolje

OVE	Pretvorba	Vpliv na okolje
Biomasa (biorazgradljiva frakcija izdelkov, ostankov in odpadkov iz kmetijstva ter gozdarstva, lesne industrije ter biorazgradljiva frakcija industrijskih in komunalnih odpadkov)	Sežig – zajemanje toplote, biološka pretvorba v bioetanol, organsko gnojilo, uplinjanje v biometanol, lesni plin, stiskanje v biodizel	Uničenje habitatov, zmanjšanje pestrosti, škodljivi iztoki in emisije v okolje, nevarnost požara in eksplozije, spremembe krajine
Sončna energija (aktivni in pasivni solarni sistemi, sončne celice, toplotne črpalke)	Pretvorba sončnega sevanja v električno energijo brez/z vmesne/o pretvorbe/o v toploto	Uničenje habitatov, spremembe krajine
Vetrna energija	Pretvorba kinetične energije vetra v električno	Uničenje habitatov, zmanjšanje biotske pestrosti, sprememba krajine, hrup
Geotermalna energija	Zajem pare, toplih vodnih grelcev, hlajenje segrelih kamnin, ogrevanje	Uničenje habitatov, zmanjšanje biotske pestrosti, sprememba krajine, toplotno onesnaženje okolja (če se neporabljena toplota ne vrača v podzemlje), usedanje tal, hrup
Vodna energija	Pretvorba kinetične energije vode v električno	Uničenje habitatov, zmanjšanje biotske pestrosti, spremembe krajine,
Energija oceanov (valovanje, plimovanje, toplotna energija)	Pretvorba potencialne in kinetične energije valov in pretvorba kinetične energije vode zaradi plimovanja v električno energijo	Uničenje habitatov v rečnih izlivih, sprememba krajine, učinki sprememb temperaturnih gradientov in posledično sprememba (mikro)klime

Vir: Romih, 2008

2.1 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE V SLOVENIJI

Obnovljivi viri energije imajo pomembno vlogo pri povečanju deleža oskrbe z domačo energijo in zmanjševanju obremenjevanja okolja, izraba obnovljivih virov energije pa predstavlja tudi pomemben ukrep za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov. Direktiva EU o spodbujanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov energije na notranjem trgu električne energije je leta 2001 postavila obvezujoči cilj povečanja deleža proizvedene električne energije iz obnovljivih virov energije v skupni bruto porabi s 13,8 nad 21 % med letoma 1997 in 2010. Slovenija se je v skladu s to direktivo v pristopni pogodbi EU obvezala, da bo omenjeni delež do leta 2020 povečala na 33,6 % (AURE 1, 2011).

Po deležu obnovljivih virov energije v primarni energetski bilanci in proizvodnji električne energije spada Slovenija med najrazvitejše evropske države, k čemur največ prispevajo velike hidroelektrarne in uporaba lesa in lesnih ostankov. Delež OVE v energetski bilanci Slovenije je namreč že leta 2005 znašal 16 % glede na celotno porabljeno primarno energijo (povprečje EU je 8,5 %), leta 2009 pa je bil ta delež že 30 %. Glavni potenciali za nadaljnje izkoriščanje OVE se kažejo na področju hidroelektrarn (sanacija in povečanje obstoječih in izgradnja novih – dokončanje savske verige), sodobni izrabi biomase in pri izgradnji vetrnih ter sončnih elektrarn (Romih, 2008, Babuder s sod., 2009).

Tabela 4: Ocena potenciala OVE v Sloveniji do leta 2020

	<i>Delež v letu 1995</i>	<i>Delež v letu 2010</i>	<i>Delež v letu 2020</i>
1. Hidroelektrarne			
1.1. Velike HE	750 MW	960 MW	1.200 MW
1.2. Male HE	65 MW	100 MW	200 MW
2. Biomasa			
2.1. Električna energija	9 MW	20 MW	40 MW
2.2. Toplota - veliki kotli	350 MW _t	550 MW _t	850 MW _t
2.3. Toplota - majhni kotli	4.000 MW _t	4.400 MW _t	5.000 MW _t
3. Veter	0	300 MW	600 MW
4. Fotovoltaika	15 kW	3 MW	10 MW
5. Geotermalna energija			
5.1. Električna energija	0	20 MW	40 MW
5.2. Toplota	103 MW _t	330 MW _t	500 MW _t
6. Solarni kolektorji	100.000 m ²	300.000 m ²	500.000 m ²
7. Toplotne črpalke	5.000 kom	15.000 kom	30.000 kom
8. Uporaba odpadkov	0	10 MW _t	20 MW _t

Vir: Romih, 2008

Razmislite

1. Opredelite pojem »obnovljivi viri energije«. Na primeru domačega stanovanja/hiše analizirajte energetske vire in določite tiste, ki so nastali iz OVE.
2. Analizirajte osnovne tipe OVE.
3. Primerjajte Slovenijo z ostalimi evropskimi državami glede vključevanja OVE v energetska bilanco in pri tem uporabite literaturo: Babuder s sod. *Obnovljivi viri energije (OVE) v Sloveniji*. Celje: Fit media, 2009.

POVZETEK

Obnovljivi viri energije bodo preko vključevanja v energetska bilanca države, gospodarstva ali družine vplivali na finančne tokove. Vendar nas bolj kot to zanima doprinos OVE k čistejšemu okolju in zmanjševanju nadaljnjega segrevanja ozračja. Zato smo v tem poglavju analizirali OVE in jih v grobem tudi spoznali. Prav tako smo predstavili Slovenijo kot eno izmed vodilnih evropskih držav z vključevanjem OVE v energetska bilanco. Več o posameznih virih, potencialu in tehnologijah bo predstavljenega v nadaljevanju.

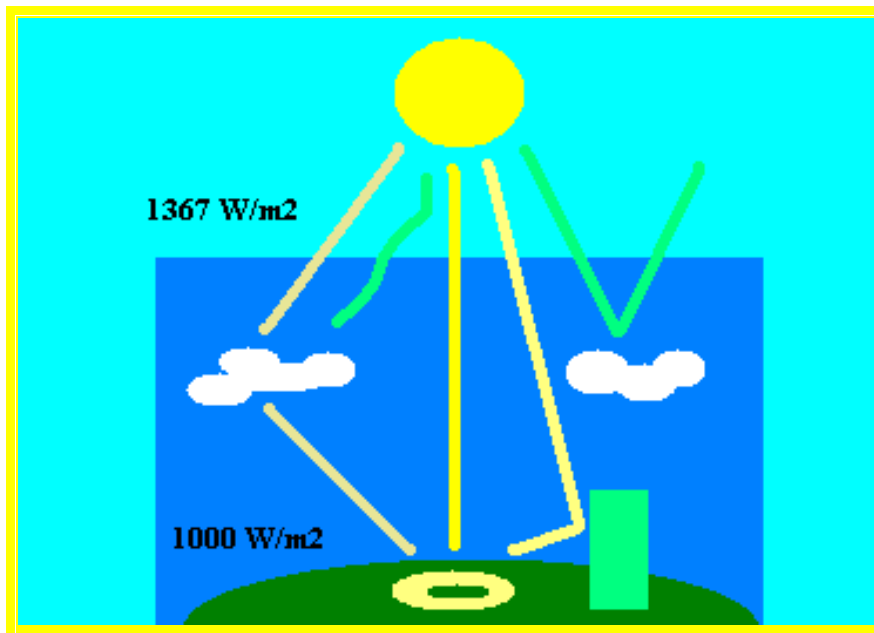
3 VIRI OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE

V razvoju človeštva so obnovljivi viri odigrali pomembno vlogo, saj je bil začetni tehnološki razvoj odvisen izključno od njih. Že oblikovanje samih bivališč je bilo odvisno od naravnih danosti okolja. Šele iznajdba parnega stroja sredi 19. stoletja je uvedla rešitve za izkoriščanje fosilnih goriv. V sedemdesetih letih prejšnjega stoletja je prva naftna kriza opozorila na omejenost fosilnih goriv in potrebo po uvajanju OVE v energetske bilance. Naravne možnosti za pričetek uporabe OVE so namreč neskončne, saj je energije v naravi v izobilju, le izkoristiti jo moramo. Za lažje razumevanje tehnologij obnovljivih virov energije so v tem poglavju predstavljeni vsi obnovljivi energetski viri, ki jih z današnjo tehnologijo lahko izkoriščamo. Predstavili bomo sončno energijo, energijo vode, vetra, morja in Zemlje ter energijo biomase, vodika in jedrske energije. Pri vsakem od energetskih virov bomo pogledali potencialne možnosti koriščenja le-teh v Sloveniji.

3.1 ENERGIJA SONCA

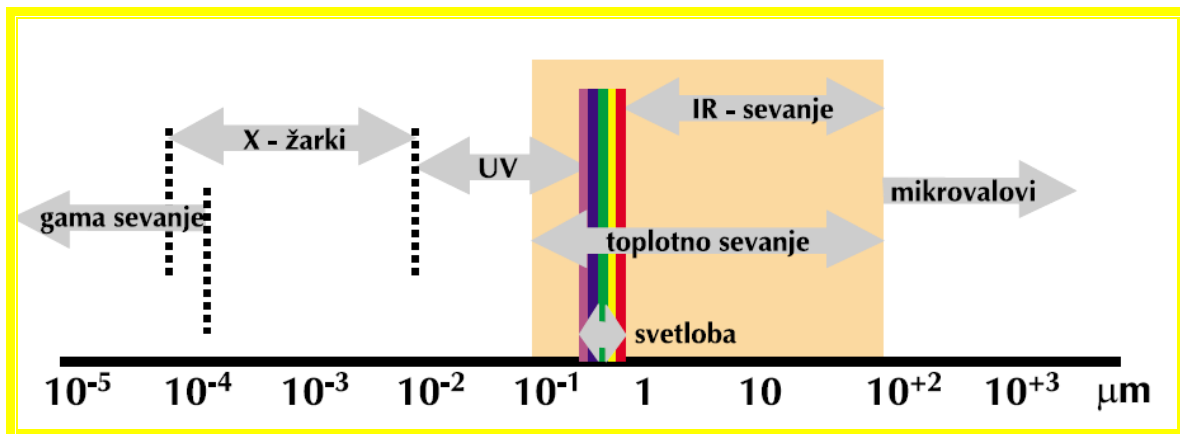
Sonce je zvezda, ki zaradi zlitja vodikovih jeder v notranjosti oddaja v vesolje ogromno količino energije. Sončna energija, ki prispe na površino Zemlje, je 15.000-krat višja od celotne energetske porabe človeštva. V tem poglavju obravnavamo energijo, ki jo Zemlja prejme preko elektromagnetnega valovanja – Sončnega sevanja. Pri tem so predstavljeni vplivi lokacije, reliefa, ekspozicije in drugih lokalnih značilnosti na količino prejete energije. Prav tako so podrobneje predstavljeni različni deli Slovenije glede danosti po količini prejete sončne energije.

Energija sončnega sevanja, ki se na Zemljino površje prenaša preko elektromagnetnega sevanja, je edini način prenosa energije na Zemljino površje. Gostota energijskega toka na vrhu atmosfere je v povprečju 1367 W/m^2 , kar imenujemo solarna konstanta. Na poti sevanja proti Zemljinemu površju se del sončnega sevanja absorbira, del se odbije nazaj v vesolje, del pa prepusti kot direktno ali razpršeno (difuzno) sevanje. Direktno sevanje je za nekaj razredov intenzivnejše od difuznega v jasnem vremenu, medtem ko je v oblačnem vremenu pomembnejše difuzno sevanje. Zaradi izgub sevanja na poti do površja na Zemljino površje pade povprečno 1000 W/m^2 .



Slika 7: Pot sončnega sevanja do zemeljskega površja (direktno, difuzno, odbito sončno sevanje)
Vir: Lasten

Na Zemljino površino dospe v glavnem le sevanje kratkih valovnih dolžin (sevanje z valovno dolžino pod 3 mikrometre). Največji del energije sončnega sevanja, ki pade na vrh zemeljske atmosfere, je v pasu vidnega (400–750 nm) in infrardečega (750–24.000 nm) spektra. Približno 7 % celotne energije prispeva ultravijolični del spektra (200–400 nm), preostalega sevanja pa je manj kot 1 % celotne energije. Pri prehodu skozi atmosfero se spekter sončnega sevanja spremeni, absorbira se večino UV sevanja in del infrardečega.

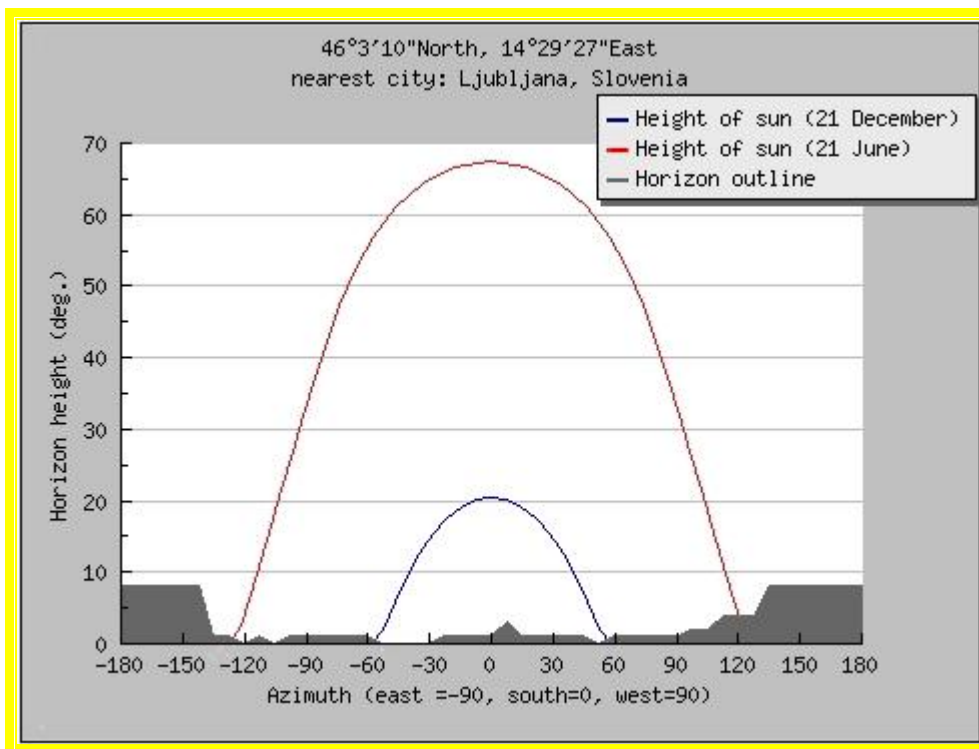


Slika 8: Spekter elektromagnetnega sevanja
Vir: Medved, 2009

Osončenost lahko podamo z energijo globalnega sevanja ali s trajanjem sončevega obsevanja. Globalno sončno sevanje predstavlja trenutno sevanje sonca, ki ga sprejme opazovana ploskev in vsebuje direktno, difuzno, odbito in obsončno sevanje. Gostoto energijskega toka izražamo v enotah W/m^2 . Energijo sončnega sevanja merimo z radiometri, ki merijo razliko temperatur med obsevanimi črnimi in belimi telesi in izračunajo prejeti energijski tok.

Za izračun osončenosti in pregled lokacije za izkoriščanje sončne energije je najpomembnejši podatek trajanje in gostota sončnega sevanja na izbrani lokaciji. Sončno obsevanje v jasnem dnevu ustreza moči $1 kW/m^2$ ob predpostavki, da obsevana površina leži pravokotno glede na valovanje sončne svetlobe. Vendar obsevanje niha od povprečja $1 kW/m^2$ v severnoevropskih državah do 2,5

kW/m^2 v subtropskih državah. V Sloveniji je povprečno obsevanje približno $1,1 \text{ kW/m}^2$ (Kajfež – Bogataj s sod., 1999). Količina prejete energije na enoto površine je v veliki meri odvisna od vpadnega kota sončnih žarkov (največ energije prejme ploskev, ki je pravokotno postavljena glede na valovanje sončne svetlobe). Vpadni kot sončnih žarkov je odvisen od položaja Zemlje glede na Sonce, geografske lege določene lokacije ter ekspozicije površja (Šrot, 2007). Zemlja pri svojem gibanju okoli Sonca zariše linijo elipse. Ravnina našega planeta (ravnina, ki gre skozi točki severnega in južnega tečaja) je nagnjena za približno $23,5^\circ$. Zaradi tega kota variira višina Sonca na horizontu tekom leta. Pot Sonca pa opišemo z diagramom sončne poti oziroma z opisom medsebojne lege Zemlje in Sonca, pri čemer upoštevamo deklinacijo, višino in azimut Sonca.



Slika 9: Pot Sonca v Ljubljani 21.6. – rdeča krivulja in 21.12. – modra krivulja
Vir: Tiba, 2010

Glede na Zemljino deklinacijo in njeno gibanje na poti okoli Sonca je količina sprejemanja sončnega sevanja (energije) odvisna od našega položaja na zemeljskem površju. Ob istem času namreč vпада sončno sevanje na različnih točkah našega planeta pod različnim kotom. Karakteristični datumi, ki predstavljajo lego Zemlje glede na Sonce, so jesenski in pomladni ekvinocij (21.9. in 21.3.) ter poletni in zimski solsticij (21.6. in 21.12.). Ob ekvinociju je lega Zemlje glede na Sonce takšna, da sončni žarki padajo na ekvator pravokotno, ob solsticijih pa se to zgodi na povratnikih. Takrat, ko je na severnem povratniku vpadni kot 90° (poletni solsticij), je na geografski širini 46° SGŠ (Slovenija) vpadni kot žarkov le $67,5^\circ$, kar je maksimalni vpadni kot na tej širini. Ob zimskem solsticiju je na tej geografski širini vpadni kot žarkov le $21,5^\circ$. Z letnim časom in geografsko širino je na neki poziciji na Zemlji določen maksimalen možen čas sončnega obsevanja, ki je realno skrajšan zaradi oblačnih dni in zaradi ovir v okolici. Ob predpostavki jasnega dneva in brez ovir v okolici velja, da sončno sevanje na 46° SGŠ traja okoli 12 ur v poletnih mesecih in le 6 ur v zimskih mesecih (Šrot, 2007).

Poleg že omenjenih dejavnikov vplivajo na količino prejete sončne energije tudi ekspozicija in relief površja. Severne lege na severni polobli prejmejo mnogo manj energije kot južne, medtem ko se količina prejete energije glede na usmerjenost lege proti vzhodu ali zahodu ne razlikuje. Na količino prejete energije poleg ekspozicije vpliva tudi naklon površine tal, saj je pri nagnjenih terenih vpadni kot sončnih žarkov drugačen kot na vodoravnih površinah. Če je vpadni kot sončnih

žarkov na horizontalno površino 60° in če je površje nagnjeno za 30° , bo dejanski vpadni kot sončnih žarkov 90° in ta površina bo prejela bistveno več energije kot vodoravna. Relief površine vpliva na količino prejete energije določene točke na Zemljinem površju preko vpliva senčenja, saj višji deli površja lahko osenčijo nižje predele.

Na intenzivnost sončnega obsevanja vpliva tudi podnebje in le dobro poznavanje le-tega na posamezni lokaciji lahko pripelje do smotnega načrtovanja izrabe sončne in vetrne energije. Pri izrabi sončne energije nas v zvezi z vremenom zanima predvsem število jasnih dni v določenem časovnem obdobju (običajno 1 leta) in število dni brez megle.

Podnebje v Sloveniji in možnosti za izkoriščanje energije sonca

Slovenija leži v zmerno toplem pasu na 46° SGŠ in spada v zmerno toplo vlažno podnebje (Kajfež – Bogataj s sod., 1999). Prehodna lega med Jadranskim morjem, celinsko Panonsko nižino in Alpami povzroča mešanje različnih podnebnih vplivov. Zaradi tega so običajno vsi meseci v letu približno enakomerno namočeni (enak delež oblačnih dni v vseh letnih časih).

Tabela 5: Prikaz podatkov o oblačnosti in trajanju sončnega obsevanja za izbrane lokacije v Sloveniji za obdobje enega leta

Leto/kraj	povprečna oblačnost v desetinah		število jasnih dni		število oblačnih dni		število ur sončnega obsevanja	
	1991–2000	2005	1991–2000	2005	1991–2000	2005	1991–2000	2005
Kredarica	6,2	6,3	46	41	119	128	1753	1730
Lesce	5,9	5,8	66	71	122	124	1954	1865
Lj - Bežigrad	6,4	6,4	37	31	134	121	1940	1896
Murska Sobota	5,9	6	54	44	115	117	2020	1926
Novo mesto	5,9	6,2	56	48	116	135	1990	1771
Portorož	4,6	4,9	79	85	72	86	2386	2361
Šmarno pri SG		6,2		40		115		1766

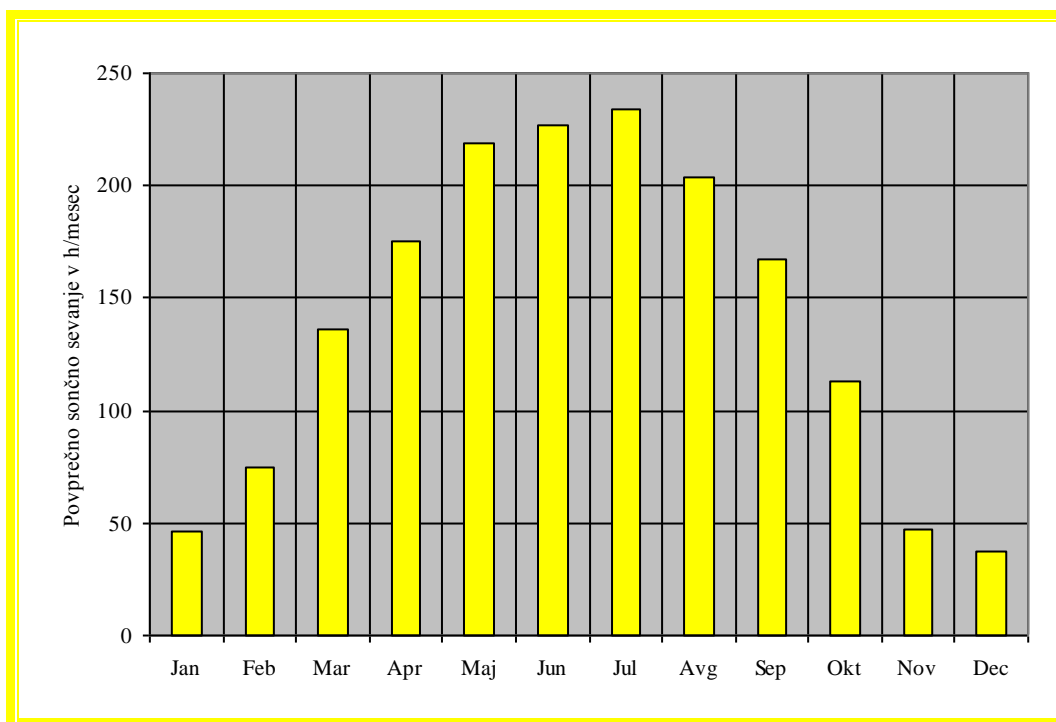
Vir: Šrot, 2007

Podrobnejši podatki za posamezne kraje v Sloveniji kažejo na to, da imajo največ povprečne oblačnosti v Ljubljani, najmanj pa v Portorožu, kjer imajo tudi največje število ur sončnega obsevanja.

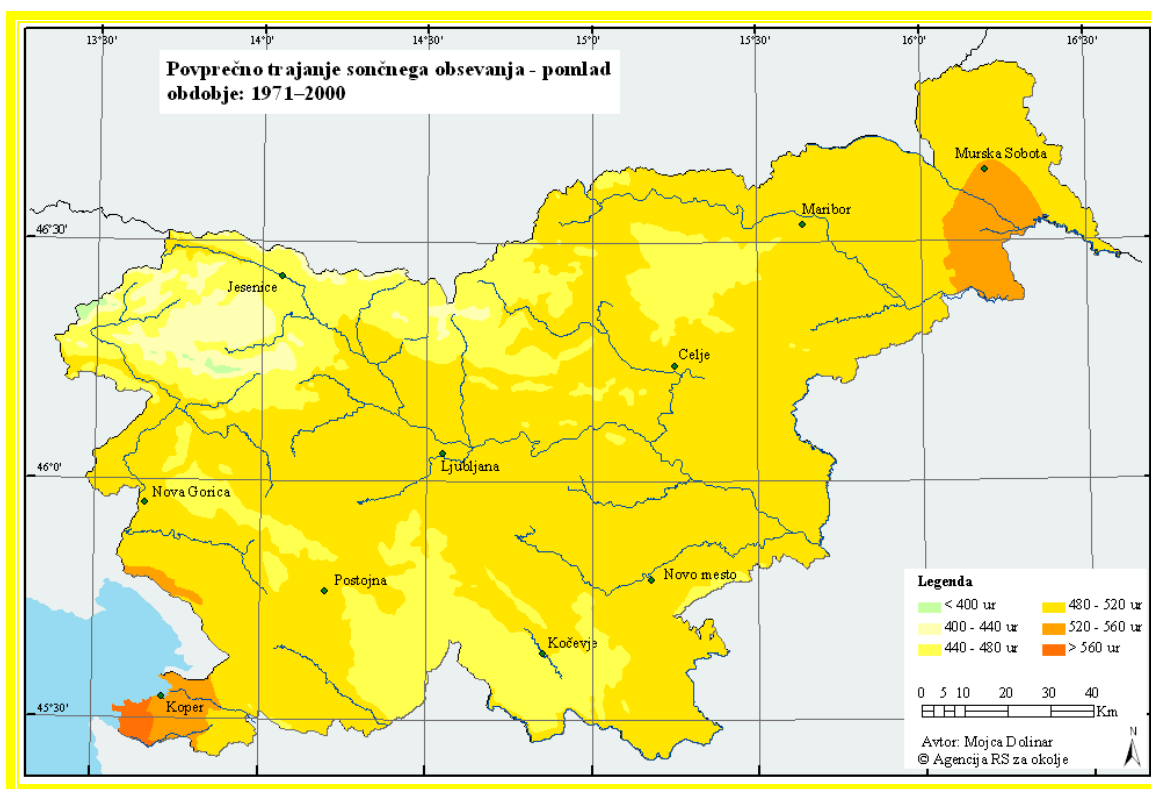
Za izračun osončenosti (energija globalnega sevanja ali trajanje obsevanja) je najpomembnejši podatek trajanje sončevega obsevanja na izbrani lokaciji, upoštevamo pa še absorpcijo in razpršitev. Solarno energijo običajno podajamo kar v poenostavljeni obliki, in sicer v ekvivalentu ur sevanja sončne svetlobe. Jasna sončna svetloba ustreza moči okoli 1000 W/m^2 , torej je ena ura sončne svetlobe enaka 1 kWh/m^2 . Takšna energija ustreza poletnim pogojem ob jasnih sončnih dneh na površini 1 m^2 , ki leži pravokotno glede na valovanje sončne svetlobe (Šrot, 2007).

Kot nam prikazujejo naslednje slike, je pomladi najdaljše trajanje sončnega obsevanja na obali in v SV Sloveniji med Mursko Soboto in Halozami. Večji del Slovenije prejme med 480 in 520 ur globalnega sevanja sončne energije. Poleti se razlike v trajanju obsevanja še povečajo, tako prejme gorski svet med 550 in 700 ur, medtem ko obala tudi do 860 ur sončnega obsevanja. Osrednja Slovenija poleti prejme med 740 in 780 ur. Jeseni pa je trajanje sončnega obsevanja najkrajše ravno

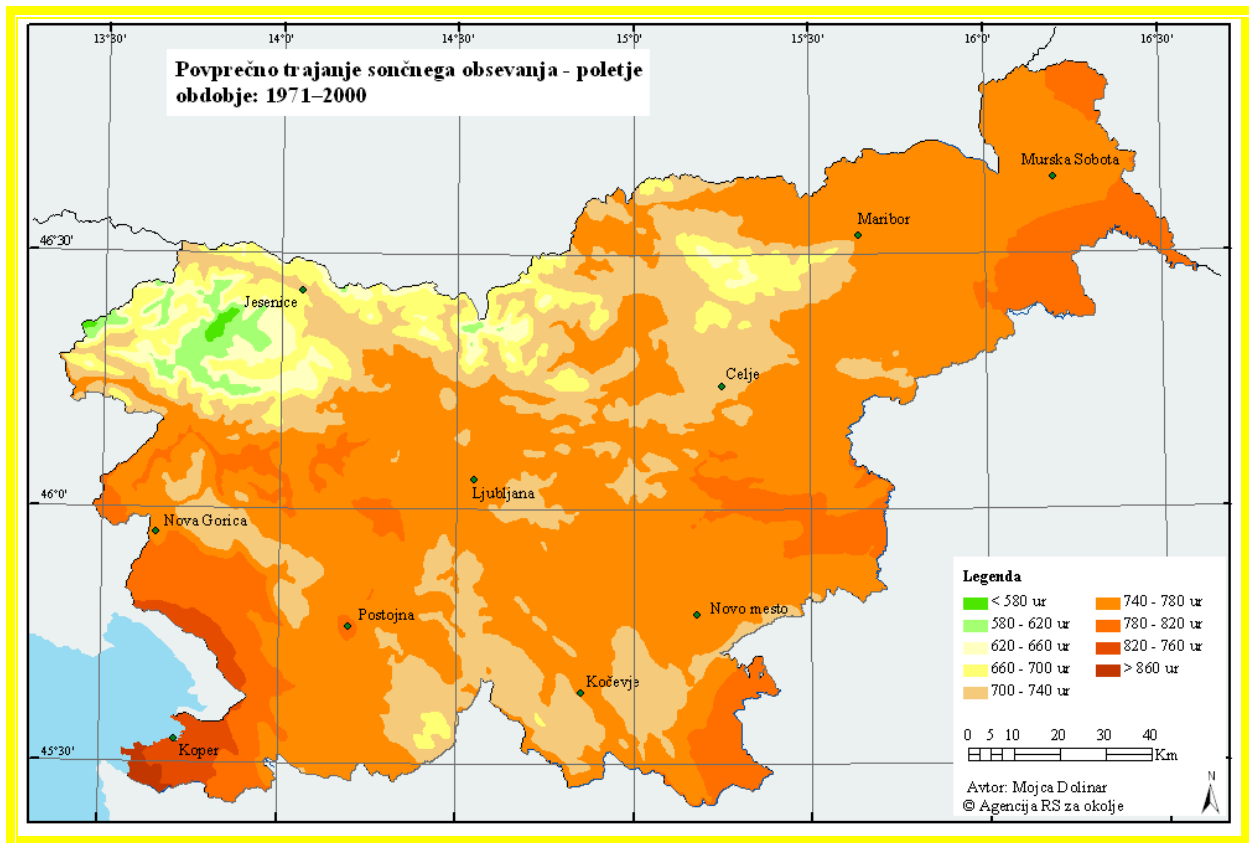
v dolinah, kotlinah osrednje Slovenije (350 do 400 ur), saj tam pogosto (tako kot pozimi) nastaja radiacijska megla zaradi temperaturnega obrata. Najdaljše obsevanje je na Primorskem (med 440 in 480 urami). Pozimi je največ sončnega obsevanja v gorskem svetu (nad 400 ur), sledi Primorska, najkrajše trajanje pa je v kotlinah, ravninah in dolinah osrednje in SV Slovenije (pod 360 urami) (ARSO, 2010).



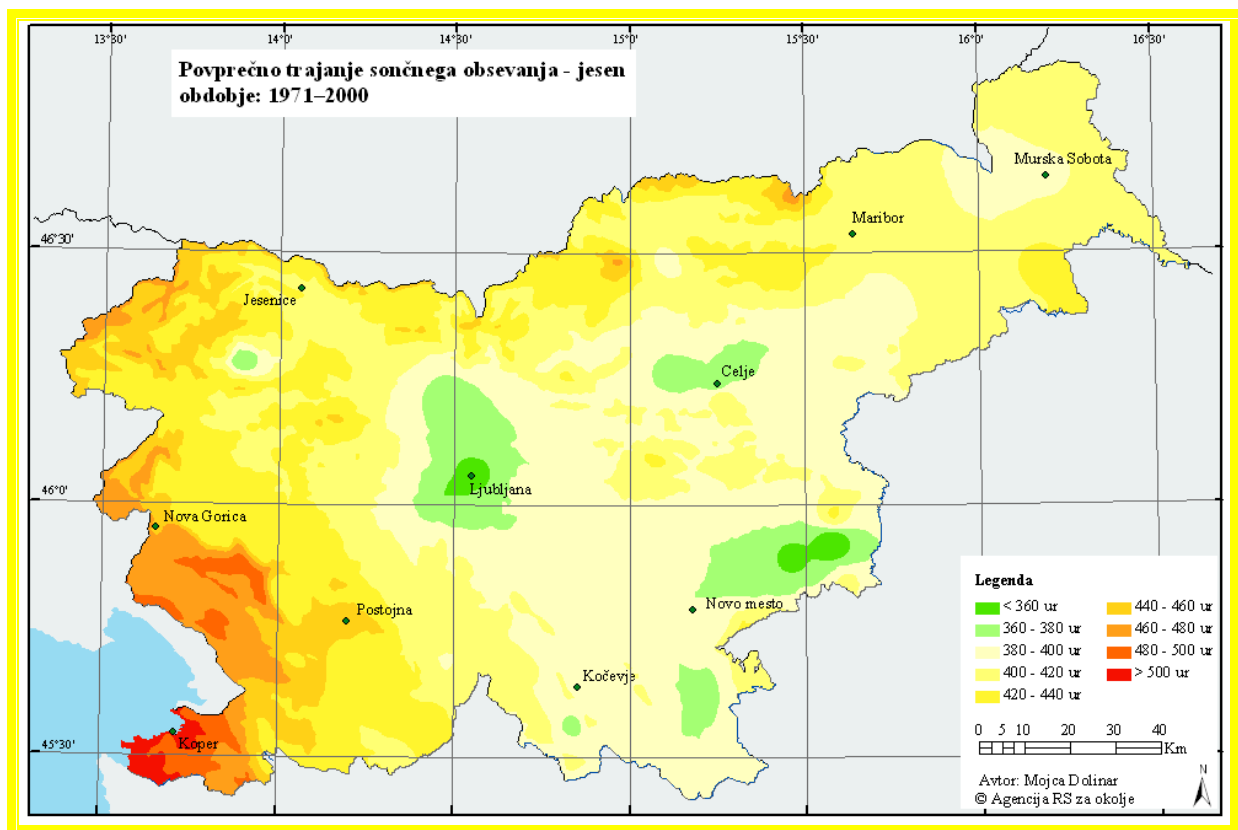
Slika 10: Primer povprečnega mesečnega števila sončnih ur
Vir: ARSO, 2010



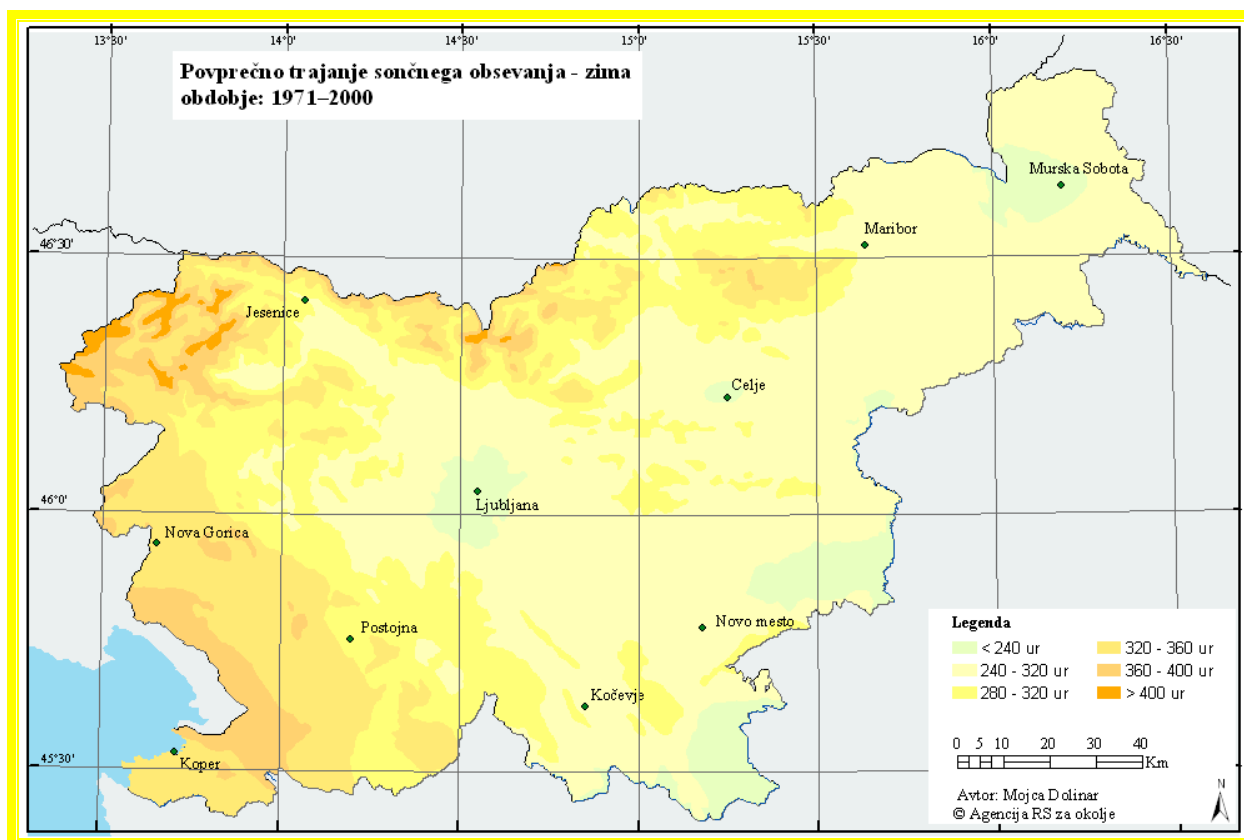
Slika 11: Povprečno trajanje spomladanskega sončnega obsevanja za obdobje od leta 1971 do 2000
Vir: ARSO, 2010



Slika 12: Povprečno trajanje poletnega sončnega obsevanja za obdobje od leta 1971 do 2000
Vir: ARSO, 2010



Slika 13: Povprečno trajanje jesenskega sončnega obsevanja za obdobje od leta 1971 do 2000
Vir: ARSO, 2010



Slika 14: Povprečno trajanje zimskega sončnega obsevanja za obdobje od leta 1971 do 2000
Vir: ARSO, 2010

Vaja

S pomočjo podatkov Agencije RS za okolje (spletna stran: <http://www.arso.gov.si/vreme/podnebnje/karte/karta4038.html>) podrobno analizirajte možnosti za izkoriščanje sončne energije v različnih delih Slovenije.



Slika 15: Sončno sevanje se v stiku z atmosfero na površini Zemlje pretvori v toploto, kinetično (veter, morski tokovi), potencialno (vodna energija) in kemično (biomasa) energijo
Vir: Lasten

Sončno energijo, ki jo s sevanjem prejmemo na Zemljo, lahko izkoriščamo na tri načine:

1. S solarnimi sistemi za ogrevanje in osvetljevanje prostorov – pasivna izraba. Pomeni rabo primernih gradbenih elementov (okna, sončne stene, steklenjaki ipd.) za ogrevanje stavb, osvetljevanje in prezračevanje prostorov.

2. S sončnimi kolektorji za pripravo tople vode in ogrevanje prostorov – aktivna izraba. Pomeni rabo sončnih kolektorjev, v katerih se segreje voda za pripravo tople vode ali zrak za ogrevanje prostorov.
3. S sončnimi celicami za proizvodnjo električne energije – fotovoltaika. Gre za pretvorbo sončne energije neposredno v električno energijo preko sončnih celic. Proces pretvorbe je čist, zanesljiv in potrebuje le svetlobo kot edini vir energije.

Izkoriščanje sončne energije ima svoje prednosti in slabosti. Deloma smo jih predstavili že v poglavju Obnovljivi viri energije, nekatere prednosti in slabosti s pridobljenim znanjem dopolnjujemo v tem poglavju. Prednosti izkoriščanja sončne energije so:

- proizvodnja električne energije iz fotovoltaičnih sistemov je okolju prijazna,
- izkoriščanje sončne energije ne onesnažuje okolja,
- proizvodnja in poraba sta na istem mestu,
- fotovoltaika omogoča oskrbo z električno energijo odročnih področij in oddaljenih naprav.

Slabosti izkoriščanja sončne energije:

- težave pri izkoriščanju sončne energije zaradi različnega sončnega obsevanja posameznih lokacij,
- cena električne energije, pridobljene iz sončne energije, je veliko dražja od tiste, proizvedene iz tradicionalnih virov.

Razmislite

1. Analizirajte sevanje Sonca do Zemljinega površja.
2. Analizirajte lego Slovenije z vidika potencialnega izkoriščanja sončne energije kot pomembnega vira OVE.
3. Na primeru domačega kraja predstavite potencialne možnosti za izkoriščanje energije Sonca in pri tem uporabite opis tehnologij v nadaljevanju tega učbenika.

POVZETEK

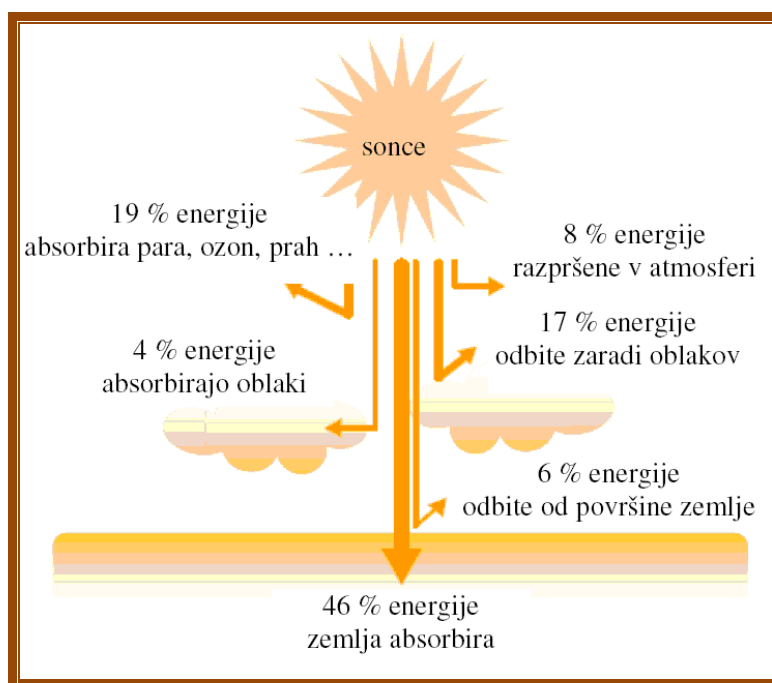
Sonce predstavlja neizmeren energetski potencial, saj preko sevanja oddaja nezmerne količine energije tudi na površino Zemlje. Spremljanje osončenosti posameznega kraja omogoča oceno potencialnih možnosti za izkoriščanje Sonca preko različnih sistemov OVE, ki se ravno zaradi zakonitosti sevanja razlikujemo od kraja do kraja. Slovenija ima dobre možnosti in velik potencial izrabe energije Sonca in je zato to področje eno izmed pomembnejših za nadaljnji razvoj.

3.2 GEOTERMALNA ENERGIJA

Geotermalna energija je toplota Zemljine notranjosti. Geotermalne izvore predstavljajo akumulirana toplotna energija v notranjosti Zemlje oziroma v masi kamnin in v tekočih fluidih Zemljine skorje. V nadaljevanju poglavja so predstavljene zakonitosti geotermalne energije in možnosti za izkoriščanje le-te v energetske namene.

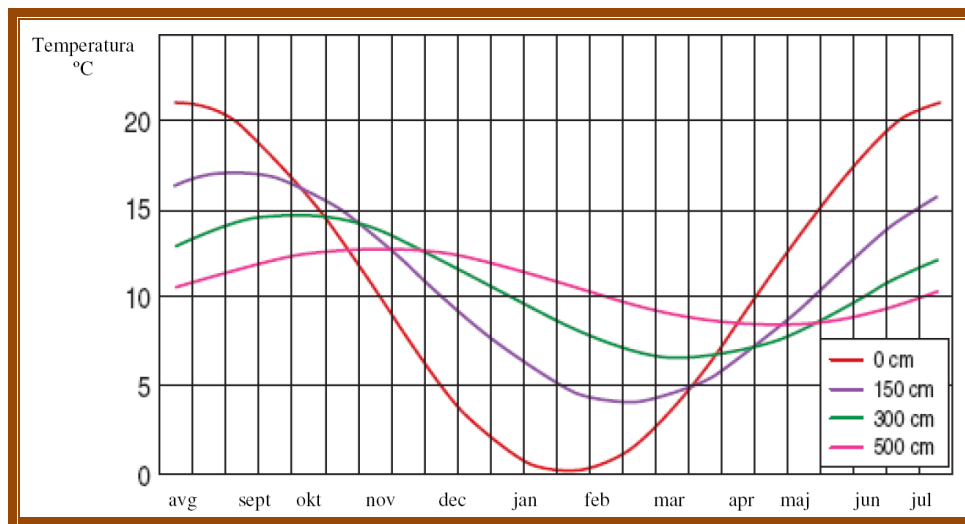
V Zemljini notranjosti nastajajo ogromne količine toplote, ki nenehno potujejo iz globin na Zemljino površje. Večina toplotne energije se prenaša s konvekcijo toplote. Geotermalna energija se sestoji iz treh komponent, in sicer:

1. energetskega toka skozi zemeljsko skorjo v obliki prenosa snovi (magma, voda, para, plin ipd.),
2. toka toplote zaradi prevodnosti,
3. energije, ki je uskladiščena v kamninah in fluidih zemeljske skorje.



Slika 16: Različni učinki sončne energije
Vir: Dvoršak, 2010

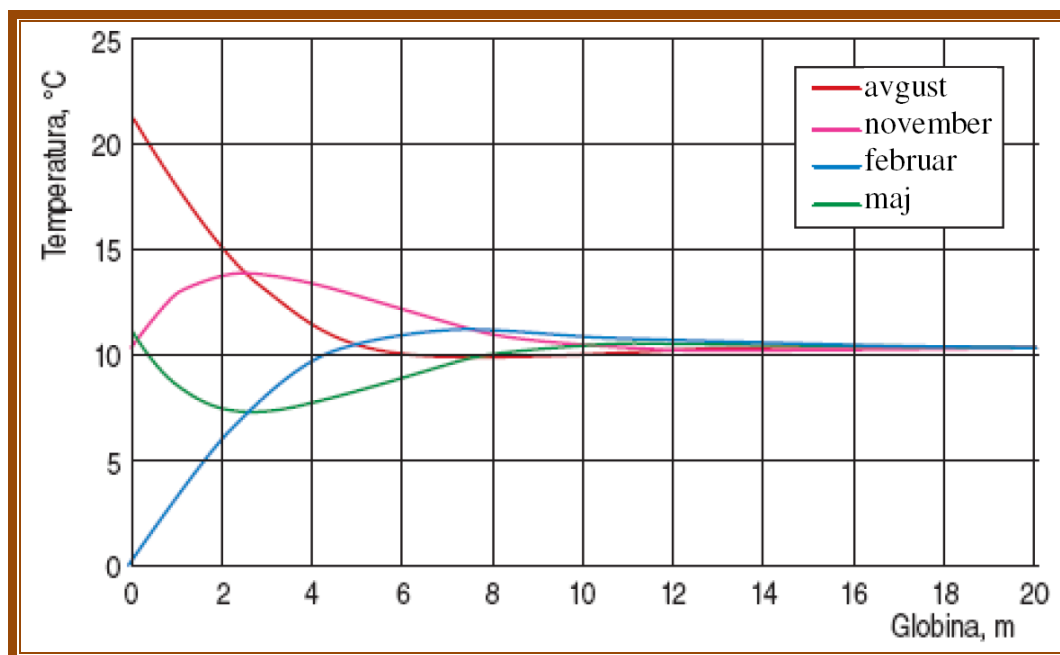
Zemlja shranjuje sončno toploto vse leto, saj absorbira kar 46 % sončne energije, ki pade na njeno površje. Glavni vir toplote Zemlje je Zemljina notranjost. Vsakih 1000 m globine naraste temperatura za 10 °C. Povprečno se s prevajanjem toplote iz notranjosti Zemlje na površino tal prenese 1,4 Wh/m². Za razliko od drugih virov, ki jih uporabljamo za gretje in hlajenje in jih moramo prenašati na velike razdalje, je energija Zemlje na razpolago povsod in v velikih količinah (Dvoršak, 2010). Zemlja zaradi majhne toplotne prevodnosti počasi prenaša toploto in ima visoko toplotno shranjevalno kapaciteto. Njena temperatura se počasi spreminja, zato lahko toploto, ki jo je Zemlja absorbirala v poletnem času, učinkovito uporabimo v zimskem času.



Slika 17: Temperaturno nihanje zemeljskega sloja do globine 5 m

Vir: Dvoršak, 2010

Naslednja toplotna značilnost Zemlje je, da nekaj metrov zemeljske površine deluje kot izolator in izolira zemljo in vodo pod površino. Zaradi tega je sprememba temperature zemlje v globini veliko manjša v primerjavi s temperaturo zraka. Tako je pozimi zemlja toplejša od okoliškega zraka, poleti pa hladnejša. Toplota zemlje in vode, ki je pod površino, predstavlja obnovljiv vir energije, uporaben skozi vse leto in ga lahko uporabljamo za segrevanje in hlajenje stanovanjskih objektov (Grobovšek, 2010).



Slika 18: Spreminjanje temperature tal in podtalnice glede na letni čas in globino (-5, -10 in -15 m)

Vir: Dvoršak, 2010

Razmislite

1. Analizirajte zakonitosti geotermalne energije in pri tem uporabite literaturo: Dvoršak, 2010.
2. Na primeru domačega kraja ovrednotite potencialne možnosti za izkoriščanje geotermalne energije in pri tem uporabite opis tehnologij v nadaljevanju tega učbenika.

POVZETEK

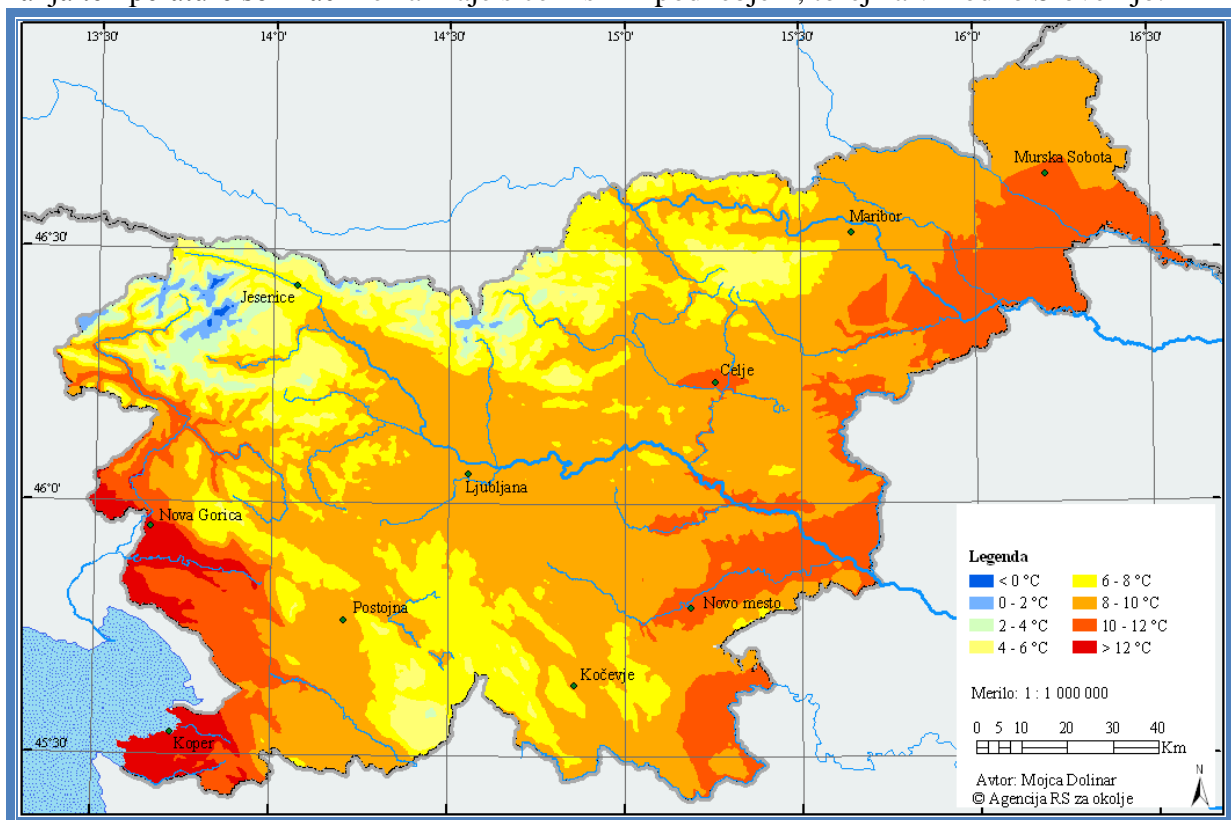
Geotermalna energija je energetski vir, ki je prisoten povsod. Zato je mesto porabe energije lahko enako mestu njene proizvodnje. Geotermalno energijo lahko izkoriščamo predvsem preko toplotnih črpalk za pripravo tople vode, v kolikor pa živimo na območjih z bazeni tople vode, pa slednjo lahko izkoriščamo neposredno za ogrevanje ali celo proizvodnjo električne energije. (Več o slednjih možnostih je navedenega v nadaljevanju učbenika.)

3.3 ENERGIJA ZRAKA IN VODE

Zrak in voda predstavljata naslednji vir energije, saj zaradi svoje toplote predstavljata možnosti za OVE na kateremkoli mestu ob vsakem trenutku. V nadaljevanju poglavja bodo predstavljeni energetski potenciali zraka, vode in vodika. Ti viri energije so namreč prisotni povsod in so viri energije prihodnosti, kar lahko trdimo zlasti za vodik.

3.3.1 Zrak

Prostorska porazdelitev povprečne letne temperature zraka sledi reliefu Slovenije. Najtopleje je na Obali, v Vipavski dolini in v Brdih, kjer povprečna letna temperatura preseže 12 °C. Topleje (od 10 do 12 °C) je tudi v ostali Primorski regiji in v nižinah vzhodne Slovenije, medtem ko je v nižjih predelih osrednje Slovenije in njeni okolici povprečna letna temperatura med 8 in 10 °C. Najhladneje je v gorah, kjer na najvišjih vrhovih povprečna letna temperatura ne preseže 0 °C. Za temperaturo zraka v Sloveniji je značilen dnevni in sezonski potek. Najvišje dnevne temperature so običajno zabeležene okoli 14. ure, najnižje tik pred sončnim vzhodom. Najtoplejši mesec je običajno julij, v gorah avgust, najhladnejši pa januar, v gorah pa običajno februar. Največje amplitude dnevnega (razlike med minimalno in maksimalno dnevno temperaturo) in sezonskega nihanja temperature so značilne za kraje s celinskim podnebjem, torej za vzhodno Slovenijo.



Slika 19: Povprečna letna temperatura zraka v obdobju 1971–2000

Vir: ARSO, 2011

3.3.2 Hidroenergija

Zaradi sončnega obsevanja, ki dospe na površino Zemlje, voda neprestano kroži. To kroženje imenujemo hidrološki krog. Ocenjujejo, da se okoli 23 % sončnega obsevanja porabi za delovanje hidrološkega kroga. Zato uvrščamo vodne elektrarne med naprave, ki izkoriščajo obnovljiv vir

energije. Pri tem viru nas zanima predvsem potencialna energija vode, ki je ujeta v pregradah, ter kinetična energija vodnih tokov.

Vodni potencial Slovenije

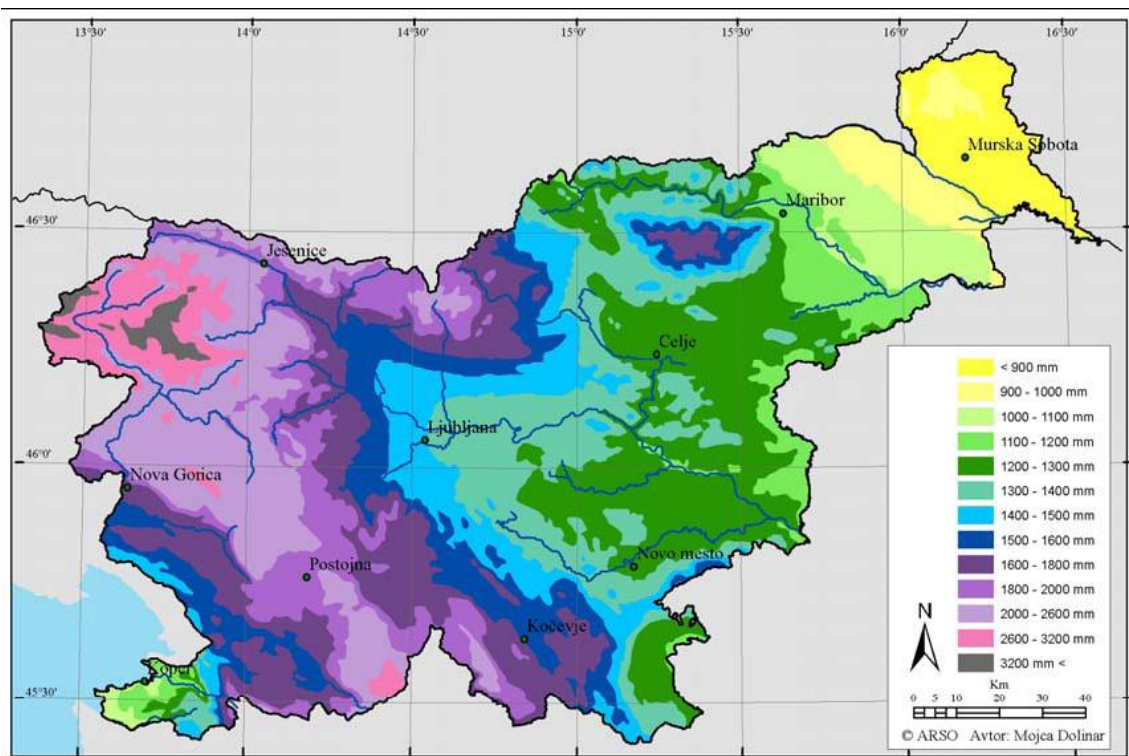
Slovenija je z vodami bogata država, saj v povprečju pade na naša tla 1567 mm padavin na leto. Pri povprečnem izhlapevanju v višini 650 mm letno računamo z 59 % odtokom vse vode, ki pade na naša tla (Mulc, 2010). Zaradi kamninske zgradbe in reliefa so za Slovenijo značilni krajši vodotoki. Skupna dolžina vodotokov je ocenjena na 28.000 km. Med najdaljše vodotoke sodijo Sava (221 km), Drava (142 km), Kolpa (118 km) in Savinja (102 km) in ti vodotoki so najbolj zanimivi tudi glede izkoriščanja vodne energije (Plut, 2003). Pri primernosti vodotokov za izkoriščanje vodne energije so pomembne značilnosti posameznih rek, kot so pretok in odtok, kar prikazuje naslednja tabela.

Tabela 6: Osnovne značilnosti rek v Sloveniji za obdobje 1971–2000

Ime vodotoka	Vodomerna postaja	Srednji letni pretok (sQs) (v m ³ /s)	Specifični odtok (l/s/km ²)	Odtočni količnik (%)
Sava	Čatež	271,67	16,9	42,5
Krka	Podbočje	51,87	18,5	44,5
Soča	Solkan	89,77	53,4	69,5
Ljubljana	Moste	55,64	26,0	53,7
Dravinja	Videm	11,16	17,6	44,0
Pesnica	Zamušani	4,96	11,3	34,5
Mura	Gornja Radgona	153,73	5,6	23,6
Reka	Cerkvenikov mlin	7,84	29,8	56,0
Sotla	Rakovec	9,29	15,6	41,5

Vir: Plut, 2003

Prostorska porazdelitev padavin v Sloveniji je močno povezana z njenim razgibanim reliefom. Zaradi orografskega učinka se količina padavin povečuje od morja proti notranjosti Slovenije in doseže maksimum na Dinarsko-Alpski pregradi. Nekoliko manjši, vendar kljub temu opazen maksimum padavin, se prav tako zaradi učinka dviganja zračnih mas pojavlja v Kamniško-Savinjskih Alpah. Za Dinarsko pregrado proti severovzhodu se z oddaljenostjo od morja in orografske pregrade količina padavin zelo hitro zmanjšuje. Na skrajnem severovzhodu države (Prekmurje), kjer se že čuti močan vpliv celinskega podnebja, letna količina padavin ne preseže 900 mm. Ob obali se letna količina padavin giblje med 1100 in 1200 mm. Takšna prostorska porazdelitev padavin je posledica dejstva, da v Sloveniji največ padavin pade ob vremenskih situacijah, ko se vlažne in relativno tople zračne mase preko države pomikajo z jugozahodnim vetrom. Smer premikanja zračnih mas je pravokotna na orografske pregrade, zato se ob njih zračne mase dvigajo, zrak se ohlaja in tedaj se iz njega izločajo padavine. To je vzrok za maksimum letnih padavin v Julijcih, kjer pade letno nad 3200 mm padavin. To območje spada tudi med najbolj namočene v Alpah in v Evropi (ARSO, 2011).



Slika 20: Povprečna letna vsota korigiranih padavin za obdobje 1971–2000
Vir: ARSO, 2011

V Sloveniji nimamo izrazito suhega ali izrazito mokrega dela leta, vendar so kljub temu opazne razlike med meseci. Poznana sta dva padavinska maksimuma predvsem v jesenskem in deloma v spomladanskem času. Količina padavin se med leti spreminja in tako v daljšem časovnem obdobju obravnavamo tako sušna kot mokra leta.

Z vidika vpliva padavin na vodotoke so pomembni dnevi, v katerih pade vsaj 1 mm padavin. Takih dni je po večjem delu države malo čez 100 z izjemo skrajnega severovzhodnega dela države, kjer jih je povprečno le 92. Ne glede na to so razlike med padavinskimi dnevi z 1 mm padavin majhne med različnimi kraji po Sloveniji. Bistveno večje pa so razlike med kraji glede pogostosti zelo močnih padavin (dnevno pade preko 50 mm padavin). Na SZ države je takih dni preko 16, medtem ko sta v vzhodni polovici države običajno manj kot 2 dneva s tako močnimi padavinami. Za vodne zaloge je izjemno pomembna tudi snežna odeja. Praktično vso državo, z izjemo Primorske, del leta pokriva snežna odeja. Skupna višina novozapadlega snega je v nižinah osrednje in vzhodne Slovenije med 60 in 100 cm, medtem ko v visokogorju v povprečju v sezoni zapade več ko 4 m snega (ARSO, 2011).

Energetski bruto potencial slovenskih vodotokov je 19.400 GWh letno. Od tega lahko tehnično izkoristimo le 9.100 GWh letno, ekonomsko pa med 7.000 in 8.500 GWh letno. Dosedanja skupna moč slovenskih hidroelektrarn je 819 MW. S spodnjesavskimi hidroelektrarnami pa bomo po zaključku investicije lahko proizvedli kar 720 GWh električne energije s skupno močjo elektrarn 187 MW, kar je 21 % celotne proizvodnje slovenskih hidroelektrarn. Spodnjesavska veriga bo predstavljala 22 % skupne moči s 6 % skupno pokritostjo celotne slovenske porabe. V letu 2006 so vse slovenske hidroelektrarne proizvedle 3536 GWh električne energije, kar predstavlja skoraj 30 % vse proizvedene energije v Sloveniji (HSE, 2011).

3.3.3 Podtalna voda

Toplota podtalnice je za izkoriščanje s toplotno črpalko zelo ugoden energetski vir. Njena prednost je sorazmerno konstanten temperaturni nivo na približno 6 °C do 10 °C. Sistemi s podtalnico so odprti sistemi (kot izmenjevalec toplote izkoriščajo stalen dotok podzemne vode), zato je najnižja temperatura vode, ki jo še lahko uporabljamo, 3 °C, praviloma pa je izkoriščanje gospodarno, če njena temperatura ni nižja od 6 °C. Pri nas v glavnem uporabljamo podtalnico s temperaturo 8 do 12 °C.

3.3.4 Toplota površinskih voda

Preko površine absorbirajo sončno toploto tudi jezera, reke, morje, ki tako delujejo kot naravni hranilniki toplote. Površinska voda kot toplotni vir ni tako zanimiva za izkoriščanje, saj se njena temperatura spreminja v odvisnosti od temperature okoliškega zraka.

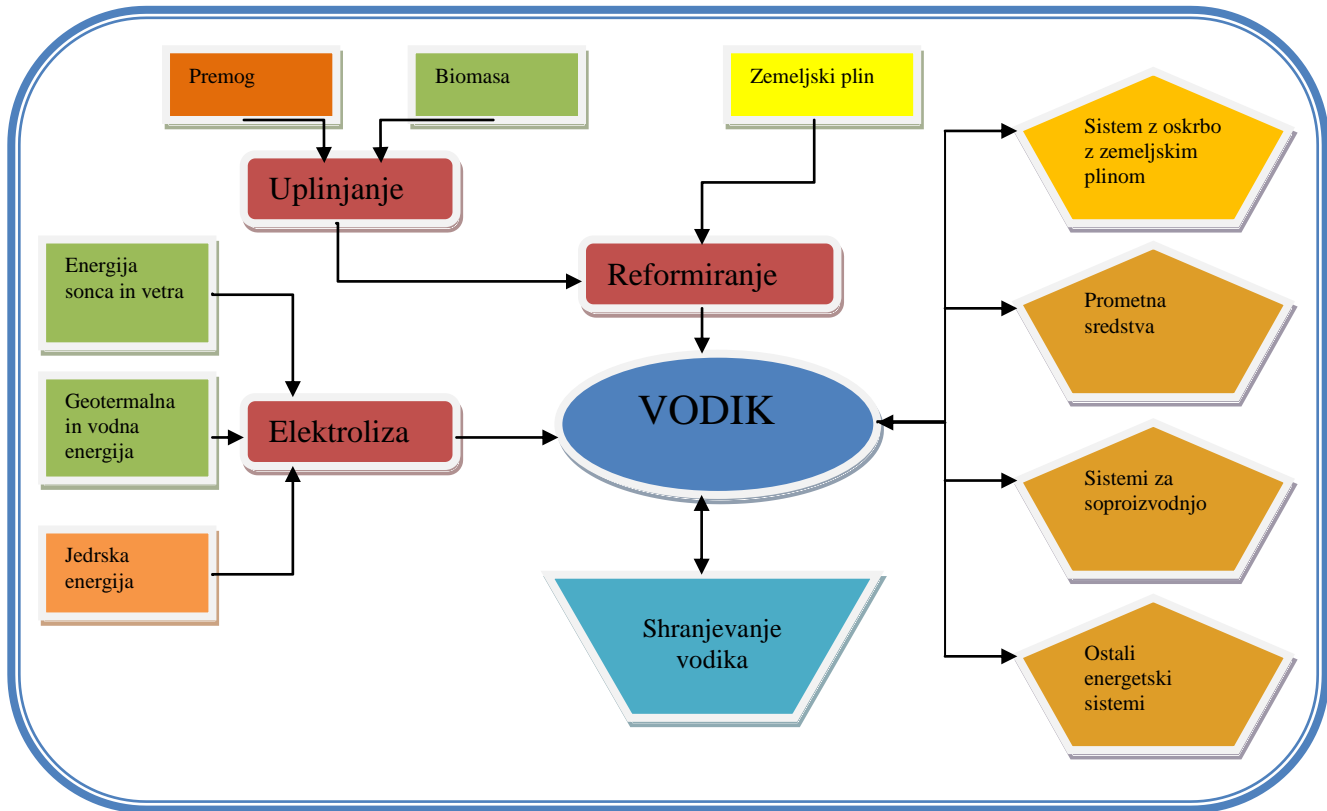
3.3.5 Vodik

Vodik je element, ki poganja energijske procese na Soncu. Sončna energija namreč nastane zaradi toplotnega sevanja fotosfere, to je ovojnice, ki jo vidimo na nebu. Celotna energija izvira iz jedrske reakcije zlitja atomov vodika v helijeve. Ker je zalog vodika v jedru Sonca še za nadaljnjih 10 milijard let, energijo Sonca uporabljamo kot stalen, obnovljiv vir energije.

Vodik (H) je kemični element z atomskim številom 1. Je eden najstarejših v vesolju, saj so ga znanstveniki odkrili že leta 1766. Je enovalentni nekovinski močno vnetljiv plin brez barve in vonja. Je najlažji in najbolj razširjen kemični element v vesolju. Nahaja se v vodi, v organskih spojinah ter v živih organizmih. Je močno reaktiven in kemijsko reagira z večino kemijskih elementov. Utekočini se pri temperaturi -178 °C in tedaj zavzame le 1/800 prvotne prostornine. Več o vodiku lahko najdete na spletni strani: <http://sl.wikipedia.org/wiki/Vodik>.

V naravi najpogosteje srečamo tri izotope vodika, in sicer ^1H – vodik, ^2H – devterij in ^3H – tritij. Imajo podobne kemijske lastnosti, toda zelo različne fizikalne lastnosti. Najbolj običajna oblika je osnovna oblika ^1H z enim protonom v jedru in enim elektronom. Devterij ima v jedru en proton in en nevtron. Vodo z večjo koncentracijo devterija imenujemo težka voda, ki jo uporabljamo kot hladilno sredstvo in lovilec nevtronov v jedrskih reaktorjih. Tritij je naravno radioaktiven plin, ki razpada v izotop helija in pri tem odda delec β . V naravi nastaja z ionizacijo plinov v atmosferi (Medved, 2009).

Vodik lahko pridobivamo na več načinov, kot to prikazuje naslednja slika.



Slika 21: Pridobivanje in uporaba vodika
Vir: Medved, 2009

Razmislite

1. Analizirajte zakonitosti energije zraka in vode in pri tem uporabite literaturo: ARSO. *Podnebne razmere v Sloveniji*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/podnebne_razmere_Slo71_00.pdf.
2. Predstavite potencial izkoriščanja energije zraka in vode na lokaciji, kjer živite. Pri tem uporabite opisane tehnologije možne izrabe teh energetskih virov v nadaljnjih poglavjih tega učbenika.

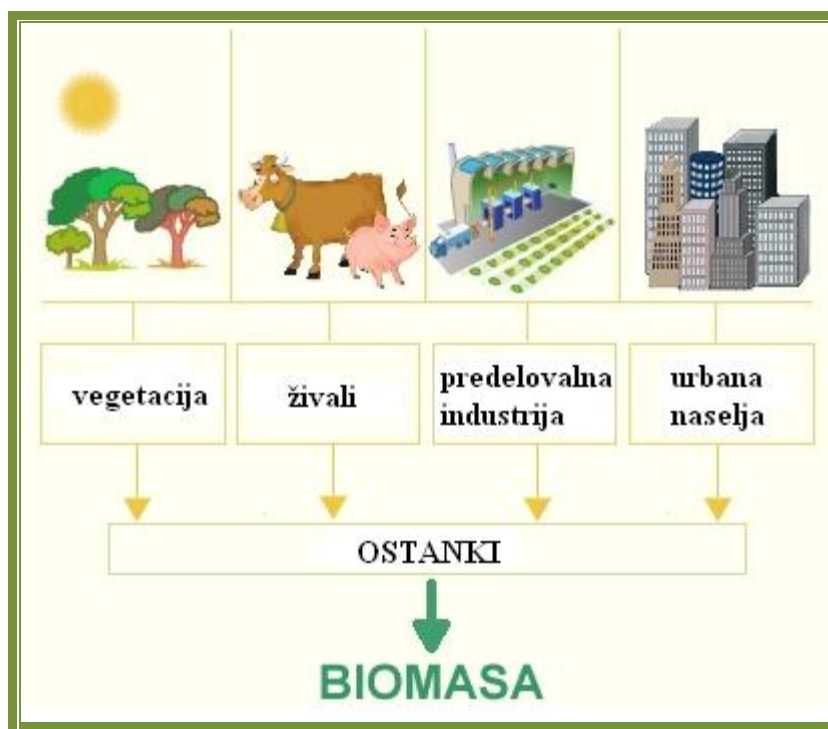
POVZETEK

Energija zraka, vode in vodika so energetski potenciali prihodnosti. Glede na količino energije v teh sistemih predstavljajo izreden potencial za pridobivanje OVE brez izpustov CO₂, saj vsi načini praktično ne tvorijo tega plina pri pretvorbi energije.

3.4 BIOMASA

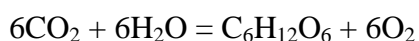
Biomasa oz. biogorivo označuje vse bioenergijske vire. Predstavljajo jo les, trave, energetske rastline, rastlinska olja ipd. Najpogosteje se srečujemo z gozdnimi in kmetijskimi odpadki (trdi in tekoči), z energetskimi rastlinami, ki jih gojimo izključno v energetske namene, pa tudi s komunalnimi odpadki. V nadaljevanju tega poglavja so predstavljeni različni energetski nosilci, ki jih uvrščamo med biomaso in potenciali za izkoriščanje le-teh. Predstavljene so predpostavke za učinkovito izrabo lesne biomase v energetske namene in primerjava biomase s fosilnimi gorivi.

Po mednarodni terminologiji se izraz biomasa v kontekstu goriv uporablja za trda goriva, biogorivo pa za tekoča in plinasta goriva, ki jih pridobimo iz biomase. Med tekočimi gorivi je najpomembnejši etanol, poleg njega se proizvaja še metanol in biodizel, gorivo iz rastlinskih olj in drugo. Najpomembnejše plinasto gorivo pa je bioplín. Med trdimi gorivi je močno v ospredju lesna biomasa, sledijo energetske rastline, kot so žita in koruza, uporabljajo pa se tudi žetveni ostanki (Butara s sod., 1998).



Slika 22: Različni viri pridobivanja biomase
Vir: Lasten

V procesu izkoriščanja biomase kot energetskega vira dejansko izkoriščamo energijo Sonca, ki jo pretvorimo v toplotno, mehansko ali električno energijo ter jo s tem pripravimo za rabo v gospodinjstvu, industriji in prometu. Pod vplivom sončne svetlobe namreč rastline preko proces fotosinteze iz vode in CO₂ sintetizirajo ogljikove hidrate, obenem pa se sprošča kisik. Proces fotosinteze je v osnovnem pomenu podan s sledečo enačbo:



S tem procesom nastaja potrebna energija za rast rastlin, ki vstopa v prehransko verigo živali, bakterij in ljudi. Obenem se sončna energija skladišči v rastlinskem tkivu.

Pri razkrajanju organske mase ali gorenju poteka obraten proces, pri katerem se porablja kisik, pri sproščanju energije pa nastaja CO_2 in H_2O . Fosilna goriva so vezala ogljikov dioksid pred milijoni let, intenzivno pa se preko porabe le-teh sprošča šele danes in to v velikih količinah. Zaradi hitrega sproščanja se dejansko povečuje koncentracija ogljikovega dioksida v ozračju na račun pred milijoni let vezanega plina. Pri uporabi biomase v sodobne energetske namene pa se sproščen ogljikov dioksid porabi za novo sintezo biomase in se sproti porablja. Zato pri uporabi biomase govorimo o zaključenem ogljikovem krogu, saj je poraba enaka sproščanju.



Slika 23: Zaključen krog ogljikovega dioksida pri porabi biomase v energetske namene

Vir: Butara s sod., 1998

Med biomaso uvrščamo različne primarne surovine, ki jih lahko neposredno ali z različnimi tehnološkimi procesi pretvorimo v sekundarna goriva, ki jih v nadaljnjih postopkih lahko pretvorimo v druge oblike. Energetski potencial različnih energetskih rastlin je različen, kar prikazuje spodnja tabela.

Tabela 7: Energetski potencial nekaterih rastlin

Vrsta rastlin	pridelek - suha masa (t/ha/leto)	energijski potencial (GJ/ha)
Enoletne C4* rastline na povprečno rodovitnih tleh (npr. koruza)	>35	420
Drevesa za pogozdovanje na slabo rodovitnih tleh (npr. vrba, topoli)	12 do 15	150 do 170
Grmičevja na obrobni zemljiščih (npr. robidja)	8 do 10	100 do 130
Posebne rastline na srednje rodovitnih tleh (npr. artičoke)	15 do 20	190 do 230

*C4 rastline so opisane v literaturi: Taiz, L., Zeiger, E., *Plant Physiology*, 2nd edition. Sinauer Associates, USA, 1998.

Vir: Butara s sod., 1998

V Sloveniji imamo relativno velik prirast lesa, zato lahko kot energent uporabljamo zlasti odpadke lesnopredelovalne industrije. V državah, kjer je gozdni etat (letni prirast lesa) manjši od posekanega, pa že narašča potreba po gojenju energetskih rastlin, kot so topol, vrba, trstika, koruza in drugo. V hladnejših rastiščih so primerne za pridelavo zlasti vrbe in topoli, v toplejših trstika in koruza ter evkaliptus v subtropskih rastiščih. Vrba kot ena najbolj ustreznih energetskih rastlin potrebuje 3- do 4-letni cikel pridelave. Rastline žanjejo pozimi, saj je tedaj v njih najmanj vlage (okoli 20 %). V Evropi, torej tudi v Sloveniji, pa se je že pričel proces uporabe kmetijskih zemljišč za pridobivanje energetskih rastlin (Butara s sod., 1998).

3.4.1 Energetske rastline in biomasa za delovanje bioplinskih naprav

Biomasa lahko uporabljamo za pridobivanje bioplina v bioplinskih reaktorjih. Bioplin pridobimo iz organske mase in hlevskega gnoja ter gnojevke. Lahko jo pojmuje kot univerzalni vir energije, ki je spremenljiv v električno, toplotno ali mehansko energijo. V skupni potencial biomase sodijo energetske rastline v poljedelstvu, slabši les v gozdarstvu, gnojevka v živinoreji, rastlinski ostanki ob spravilu pridelka ter organska masa od nege in oskrbe zelenih obcestnih površin.

V bioplinskih postrojih je mogoče energetsko izrabiti vse vrste biomase. Najbolj primerne in pri nas poznane energetske rastline so sončnice, koruza (silaža), sirek (silaža), sudanska trava (silaža), silaža iz celih žitnih rastlin, trava idr. Organsko maso namreč lahko dovajamo v digestor kot svežo ali kot silažo. Za proizvodnjo bioplina torej potrebujemo primeren substrat v digestorju, ki je izpostavljen mikrobiološki razgradnji. Osnovna sestavina substrata je gnojevka (gnoj in seč), ki prispeva potrebne mikroorganizme za razgraditev organske snovi. Za večji izplen bioplina pa dodajo energetske rastline, kot so silažna koruza, sirek, trave ipd. ter druge organske snovi, kot so klavnični odpadki, kuhinjski odpadki, odpadki živilskopredelovalne industrije ipd. Brez energetskih dodatkov je proizvodnja bioplina majhna in ne prinese zelenih količin proizvedenega bioplina ter s tem proizvedena energija ne upraviči investicije v izgradnjo bioplinarne. Izplen bioplina znaša pri travi okoli 400 l na kilogram suhe snovi, kar je dvakrat toliko, kot ga je mogoče proizvesti zgolj z gnojevko in s hlevskim gnojem. Razgradnja vrelne mase je odvisna od substrata in njegovih sestavin. Dobro se namreč razgrajujejo maščobe, ogljikovi hidrati in proteini, manj pa vlaknine, kot so oleseneli in starejši deli rastlin. Izplen metana iz različnih virov organske mase je prikazan v spodnji preglednici (Jejčič s sod., 2009, Lakota s sod., 2007, AURE, 2011).

Tabela 8: Izplen metana (m^3) na tono organskega suhega substrata

Vrelna masa	Izplen
Goveji gnoj, trden	200-300
Svinjski gnoj, trden	220-320
Goveji gnoj, tekoč	210-310
Svinjski gnoj, tekoč	225-325
Kurji gnoj	230-340
Koruzna silaža	290-450
Travna silaža	280-440
Silaža sladkorne pese	350-450
Silaža krmne pese	320-420

Vir: AURE, 2011

3.4.2 Potencial za izkoriščanje biomase za proizvodnjo bioplina v Sloveniji

Prva večja bioplinarna v Sloveniji je nastala na prašičji farmi v Ihanu (začetek delovanja v letu 1995). V letu 2007 so bile zgrajene že 4 bioplinarne, ki so bioplin namenile kogeneraciji električne in toplotne energije. Na podlagi podatkov študije Ocena potencialne izrabe bioplina v slovenskem prostoru je potencial za izgradnjo velikih bioplinskih naprav (zmogljivost nad 1 MW) že izkoriščen, neizkoriščen pa je potencial manjših bioplinskih naprav (zmogljivost pod 300 kW). Potencial manjših bioplinskih naprav je ocenjen na okoli 3 MW, skupen potencial vseh bioplinskih naprav pa na okoli 10 MW (Alianta d.o.o., 2010). Takšen potencial je dosegljiv s primerno razporeditvijo odpadkov živilskopredelovalne industrije, izkoristkom gnojevke živinorejskih farm in možnostjo gojenja energetskih rastlin.

Potrebno količino energetskih rastlin za obogatitev gnojevke v digesterju lahko predvidimo na podlagi trenutnih potreb nekaterih bioplinskih elektrarn. Bioplinarna »Nemščak« s kapaciteto 1,44

MW potrebuje letno 12.500 t koruzne silaže. Bioplinarna Kolar s kapaciteto 1 MW potrebuje poleg gnojevke še 10.700 t silaže letno (Jejčič, 2009). Iz tega lahko sklepamo, da potrebujemo za 1 MW–elektrarno okoli 10.000 t silaže (koruza ali trava). Takšno količino silažne koruze pri povprečnem pridelku 50 t/ha pridelamo na 200 ha kvalitetnih kmetijskih zemljišč. Za ocenjen potencial bioplinarskih elektrarn v Sloveniji (10 MW) bi torej potrebovali kar 2.000 ha kvalitetnih kmetijskih zemljišč za pridelavo energetskih rastlin (Jejčič s sod., 2009).

Vaja

Ovrednotite pridelavo energetskih rastlin na kmetijskih zemljiščih in pri tem upoštevajte stopnjo samooskrbe s hrano v Sloveniji na podlagi podatkov Statističnega urada RS na naslovu: www.stat.si/tema_okolje_varna_hrana_poraba.asp. Potencial kmetijskih zemljišč za rastlinsko pridelavo je predstavljen v učbeniku Gospodarjenje v poljedelstvu in vrtnarstvu, objavljenem na naslovu: <http://www.zavod-irc.si/sl/gradiva/>.

3.4.3 Lesna biomasa

V Sloveniji je les narodno in energetsko bogastvo, saj od skupne površine Slovenije 20.253 km² preko 57 % zaseda gozd. Za slovensko gozdarstvo je značilno slabo izkoriščanje gozdov, saj letno ne porabimo letnega prirasta, torej je potencial za izkoriščanje lesa v energetske namene velik. Po podatkih Zavoda za gozdove Slovenije je leta 2006 znašala letna zaloga v slovenskih gozdovih 307.688.891 m³ oziroma 262,12 m³/ha. V letu 2006 je bil letni posek v količini 3.718.263 m³ dreves, od tega 2.242.755 m³ iglavcev in 1.475.508 m³ listavcev, kar je predstavljalo 82 % možnega poseka (Butara s sod., 1998).

Pri učinkoviti rabi lesne biomase v energetske namene uporabljamo vse oblike lesa za ogrevanje, segrevanje sanitarne vode in tudi za pridobivanje električne energije. Lesna biomasa se uporablja v različnih oblikah, od tradicionalnih polen do sekancev in različnih oblik stiskalcev (briketi in peleti). Običajno se v energetske namene uporablja tanjši les slabše kakovosti, droban les, vejevje, lesni ostanki, žagovina, lesni prah in neonesnaženi lesni odpadki. Poleg gozda so pomembni viri še kmetijske in urbane površine (ostanki zimске rezi sadnega in okrasnega drevja, čiščenje zarasti, pašnikov, travnikov, vzdrževanje parkov in zelenic), lesni ostanki (ostanki primarne in sekundarne obdelave predelave lesa) in odpaden ter odslužen les (embalaža, gradbeni les, pohištvo ipd.) (Kopše s sod., 2005).

Les kot energent ima veliko prednosti pred ostalimi viri energije, saj je lokalno dosegljiv, tradicionalen in obnovljiv vir energije. Je edini vir energije za izredne razmere, saj ga je mogoče pridobiti iz različnih virov iz neposredne bližine. Pri uporabi lesa ne poznamo ekoloških nesreč in katastrof, zato je njegova uporaba bolj varna in ekološko sprejemljiva.

Kurilna vrednost lesa

Osnovna lastnost goriv je kurilnost, zato nas ta vrednost zanima tudi pri lesu kot viru energije. Kurilnost lesa je količina toplote, ki nastane pri popolnem zgorevanju enote goriva, pri čemer se produkti zgorevanja ne ohladijo pod temperaturo rosišča vodne pare. Izražamo jo v kWh/kg, MJ/kg, kWh/m³ ali MJ/m³.

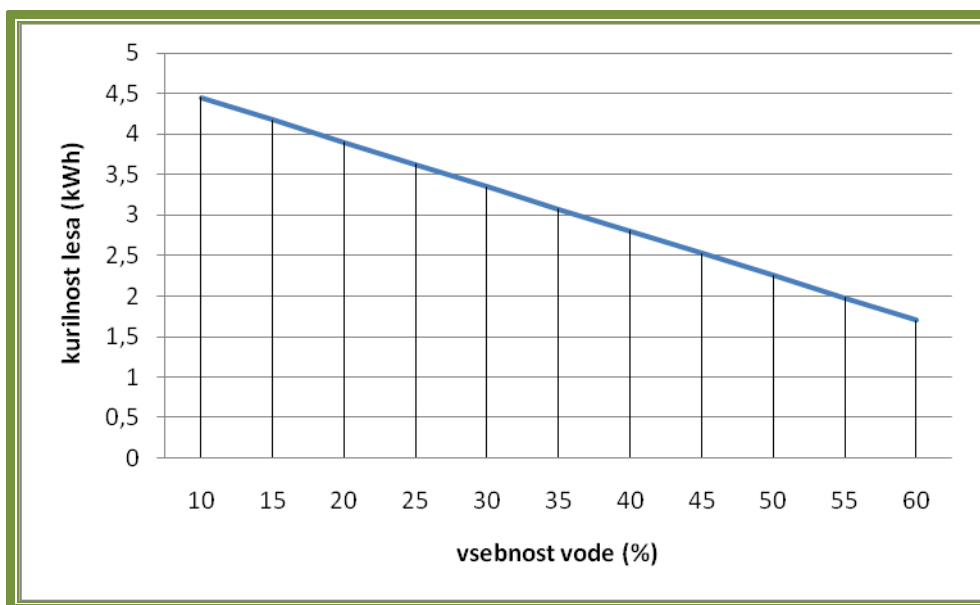
Energijska vrednost lesa je odvisna od vsebnosti vode oz. vlage v njem, ta pa je odvisna od načina pridelave in skladiščenja. Če je vsebnost vode višja od 25 %, se lahko pojavi plesen, ki povzroči gnitje sekancev. Pri tem se energijska vrednost suhe mase lesa zmanjšuje, raste pa delež prahu. Učinkovitost obratovanja kurilne naprave je optimalna, ko sta vlažnost in zrnatost sekancev usklajeni s tehnologijo kurjenja.

Tabela 9: Kurilna vrednost lesa glede na vsebnost vode (vlažnost lesa je razmerje med maso vode in absolutno maso suhe lesne snovi v %, vsebnost vode je razmerje med maso vode in skupno maso lesa in vode v %)

Vsebnost vode (%)	Lesna vlažnost (%)	Kurilnost (kJ/kg)
61,5	160	5.880
54,6	120	7.350
50,0	100	8.400
43,5	80	9.660
37,6	60	10.920
33,3	50	11.970
23,0	30	14.070
17,0	20	15.540
9,8	10	16.800

Vir: Butara s sod., 1998

Svež les ima običajno takoj po poseku vlažnost nad 40 %. V kolikor ga pustimo ležati do 4 mesece po sečnji v gozdu, se delež vlage v njem zmanjša pod 40 %. Zračno suh les vsebuje pod 20 % vlage. Vsakih 10 % vode v lesu zmanjša kurilno vrednost lesa za 12 %. Pri kurjenju gozdno suhega lesa (vsebnost vode od 30 do 40 %) se porabi kar $\frac{1}{4}$ energije, uskladiščene v lesu, za izhlapevanje vode. Za izhlapevanje 1 kg vode namreč potrebujemo 0,68 kWh energije, ki jo v procesu izgorevanja odvezamo lesni biomasi. Zato se pri vlažni lesni biomasi porablja energija za izhlapevanje vode in ne za pridobivanje toplote. Odvisnost kurilne vrednosti lesa od vlažnosti lesa je podana v spodnji sliki (Butara s sod., 1998, Kopše s sod., 2005).



Slika 24: Odvisnost kurilne vrednosti 1 kg lesa (kWh) od vlažnosti lesa (%)

Vir: Kopše s sod., 2005

Poleg nižje energetske vrednosti uporaba vlažnega lesa vpliva tudi na povečan izpust škodljivih produktov gorenja, kot so CO, C_xH_y, NO_x, prašni delci in podobno. Večji delež vlage v dimovodnih napravah in peči povzroči korozijo materiala in s tem skrajša življenjsko dobo naprave.

V kolikor primerjamo energijsko vrednost različnih energentov, ugotovimo, da imajo nafta in njeni derivati največjo kurilno vrednost in zato zahtevajo najmanjše skladiščne prostore. Primerjava različnih energentov glede na kurilno vrednost (kWh) je podana v naslednji preglednici.

Tabela 10: Kurilna vrednost različnih energentov

	Enota	kWh
Surova nafta	1 l	10,1
Kurilno olje	1 l	9,7
Zemeljski plin	1 m ³	9,5
Utekočinjen naftni plin	1 l	6,95
Rjavi premog	kg	5,9
Lesni peleti	kg	4,9
Polena (zračno suha)	kg	4
Zračno suhi lesni sekanci	nm ³	800
Polena povprečje (20 % vlage)	prm	1750

Vir: Kopše s sod., 2005

Na podlagi energetske vrednosti različnih energentov lahko ugotovimo, da je 1000 l kurilnega olja glede energetske vrednosti ekvivalentno 4–5 m³ zračno suhega lesa listavcev oziroma 5–6 m³ zračno suhega lesa iglavcev. Kurilne vrednosti različnih drevesnih vrst so podane v spodnji preglednici.

Tabela 11: Kurilne vrednosti različnih drevesnih vrst v primerjavi s kurilnim oljem

Drevesna vrsta	Teža lesa pri 15 % vlažnosti		Kurilna vrednost 1 m ³	
	Povprečje (kg/m ³)	Povprečje (kg/prm)	v kWh	V litrih kurilnega olja
Smreka	605	454	2178	218
Rdeči bor	610	458	2169	220
Zeleni bor	460	345	1656	166
Jelka	730	548	2628	263
Macesen	680	510	2448	245
Duglazija	740	555	2664	266
Breza	770	578	2772	277
Bukev	855	641	3078	308
Beli gaber	950	713	3420	342
Hrast – dob	920	690	3312	331
Hrast – graden	790	593	2844	284
Veliki jesen	820	615	2952	295
Črna jelša	605	454	2178	218
Robinja	810	608	2916	292
Pravi kostanj	870	653	3132	313

Vir: Kopše s sod., 2005

Iz podatkov lahko ugotovimo, da se nam na osnovi prostornine splača kupovati les listavcev, saj je energetsko bogatejši na enoto prostornine kot les iglavcev. Pri nakupu lesa po teži so razlike v kupljeni energiji na enoto teže zanemarljive, če primerjamo enako suh material.

O biomasi kot pomembnem energetskega viru je več navedenega v članku Biomass, an important source of renewable energy, objavljenem na internetnem naslovu: <http://www.biomass.net/>.

Razmislite

1. Analizirajte zakonitosti biomase kot vira energije.
2. Ovrednotite potenciale za izkoriščanje lesne biomase kot vira energije v domačem kraju in ga primerjajte z ostalimi viri energije iz skupine biomase.
3. Predstavite potrebo po kvalitetni pripravi lesne biomase za učinkovito izrabo v energetske namene.
4. Kritično vrednotite potencial za proizvodnjo bioplina v Sloveniji.

POVZETEK

Biomasa predstavlja energetski potencial z zaključenim krogom CO². Zaradi tega je pomemben energetski vir, ki se vse bolj širi in predstavlja čedalje večji delež proizvodnje energije v celotni energetski bilanci Slovenije. Vendar moramo biti pri uvajanju teh energentov pazljivi, še zlasti v primeru gojenja biomase na kmetijskih zemljiščih. Slovenija je namreč država z zelo nizko stopnjo samooskrbe s hrano, še posebno s sadjem in zelenjavo ter žiti. Zato je pridelava energetskih rastlin na rodovitnih tleh neposredna konkurenca za pridelavo hrane. Z vidika varovanja okolja je mnogo bolj zanimiva biomasa, ki je odpadek živilskopredelovalne industrije, lesnopredelovalne industrije in varovanja novih površin pred zaraščanjem. Najprej izkoristimo te možnosti in šele nato pridelujemo energetske rastline na rodovitnih tleh.

3.5 VETRNA ENERGIJA

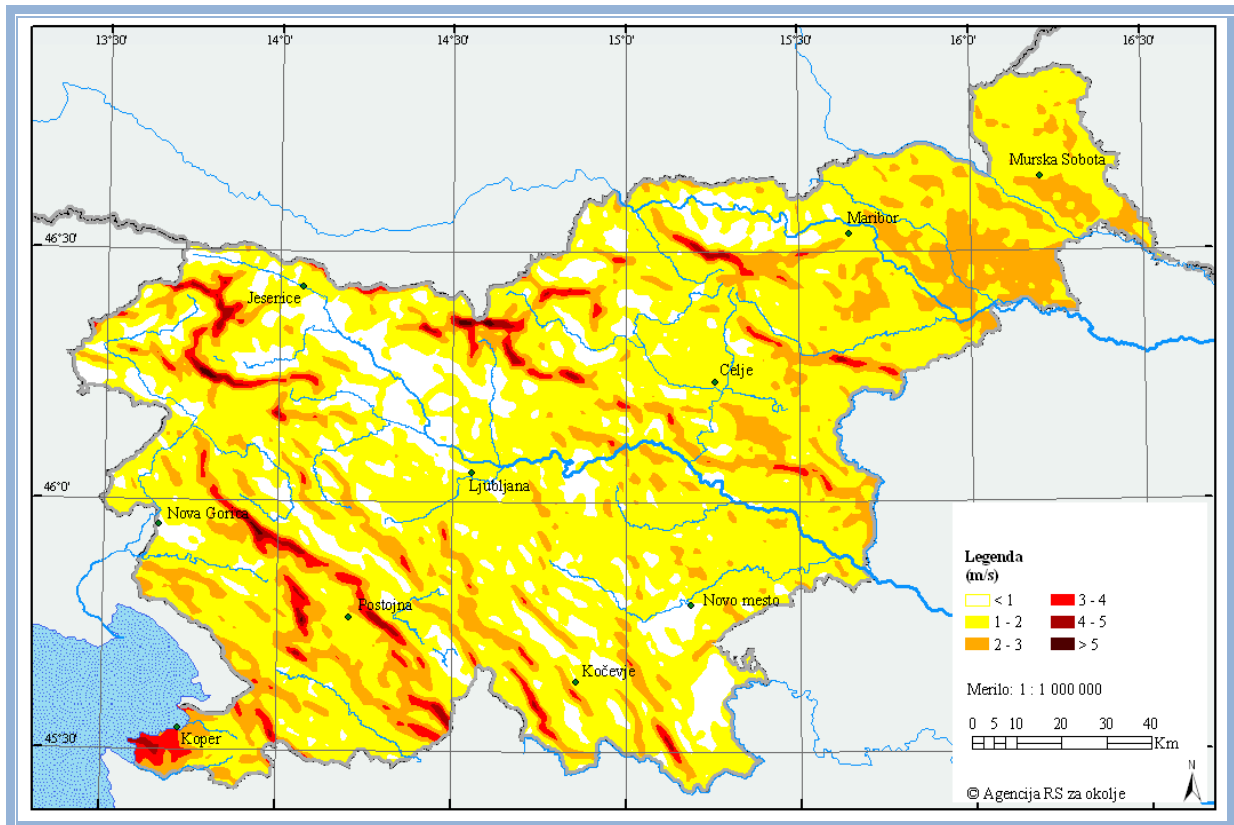
Veter nastaja zaradi temperaturnih razlik v zraku, kar povzroča gibanje zraka. Do temperaturnih razlik prihaja zaradi neenakomernega sončnega segrevanja Zemljinega površja. Na območjih, kjer se zrak segreva, se le-ta dviguje v višje plasti, na to območje pa priteka hladen zrak. To gibanje zraka imenujemo veter. Hitrost vetra merimo z anemometrom. To je naprava, ki je običajno sestavljena iz treh votlih polkrogel, v katere se »lovi« veter. Energijo vetra lahko koristno uporabimo za proizvodnjo električne energije s pomočjo mlinov na veter oziroma vetrnimi turbinami. V nadaljevanju tega poglavja je predstavljen potencial za izkoriščanje vetrne energije v Sloveniji.

Veter v Sloveniji

Slovenija z izjemo Primorske ne spada med dobro prevetrene dežele. Za Primorsko je značilen močan in sunkovit veter (burja), ki običajno zapiha po prehodu hladne fronte in v sunkih lahko doseže hitrosti nad 100 km/h. Običajno je močnejši v hladni polovici leta. Pod vznožjem Karavank je značilen veter karavanški fen, ki je prav tako izjemno močan in hkrati sunkovit veter, vendar pa je veliko manj pogost kot burja, saj izjemno močan veter v povprečju zapiha manj kot enkrat letno. Močnejši vetrovi so pogosti tudi v visokogorju, predvsem ob spremembah vremena. Najpogosteje pihajo iz jugozahodnih ali severovzhodnih smeri, vendar pa se zaradi orografije in drugih ovir (rastje, naselja ...) lokalno lahko te smeri precej spremenijo. Drugod po državi močnejši vetrovi spremljajo nevihte, sicer pa prevladujejo lokalni vetrovi, ki se razvijejo zaradi razgibane orografije in temperaturnih razlik.

Vetrne razmere v Sloveniji določajo predvsem njena geografska lega, Alpe in razgibanost površja. Nad srednjo Evropo in tudi pri nas pretežno prevladujejo zahodni vetrovi. Smer in hitrost vetra oblikujejo tudi območja visokega in nizkega zračnega pritiska, v katerih zrak kroži. Slovenija v primerjavi z zahodno Evropo ni zelo vetrovna, saj leži v zavetrju Alp. Poleg tega je površina Slovenije zelo razgibana, kar predstavlja pregrado vetrovom. Zaradi razgibanosti prihaja sicer do nastanka lokalnih vetrov, ki pa le redko presežejo hitrost 5 m/s (ARSO, 2011).

Kljub temu pa imamo v Sloveniji tri območja z močnimi vetrovi, kot so Primorje, Kras in Vipavska dolina, vznožje Karavank, Logarska dolina in dolina Save Dolinke ter kjerkoli po državi v času neviht (časovno omejen vir energije). V slovenskih razmerah sta najpomembnejša vetrova, ki presežeta spodnjo mejo hitrosti za delovanje vetrnih elektrarn, burja in fen.



Slika 25: Specifična moč in hitrost vetra na 10 m
Vir: ARSO, 2011

Razmislite

1. S pomočjo opisanih zahtev za izkoriščanje vetrne energije iz nadaljevanja učbenika analizirajte priložnosti tega energetskega vira v Sloveniji.

POVZETEK

Pomemben energetski potencial je tudi vetrna energija. Vendar za njeno izkoriščanje tehnologije zahtevajo konstanten vir energije in primerno hitrost vetra, kar pa v Sloveniji dosegamo le na nekaterih, prostorsko omejenih lokacijah. Kljub temu je to vir energije, ki ga je smiselno izkoristiti.

4 TEHNOLOGIJE IZRABE OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE

Vse prej navedene energente lahko s primernimi tehnologijami izkoriščamo za pridobivanje obnovljivih virov energije. Pri tem imamo v mislih pasivne in aktivne ukrepe za izrabo naravnih virov, začeni pri pasivni izrabi sončne energije kot najenostavnejšega načina izrabe naravnega vira energije pa vse do jedrske tehnologije in tehnologije izrabe vodika kot najzahtevnejšega in še ne povsem raziskanega energetskega področja. V nadaljevanju tega poglavja so predstavljeni načini in tehnologije izrabe obnovljivih virov energije.

4.1 IZRABA SONČNE IN TOPLOTNE ENERGIJE

Sončno energijo in energijo toplote okolice lahko izkoriščamo na številne načine, primerne za velike energetske porabnike ali za enodružinske hiše. Sončno in toplotno energijo okolice lahko izkoriščamo za pridobivanje električne energije ali toplote za ogrevanje sanitarne vode ali bivalnih prostorov. Tehnologije in možnosti so različne, zato v nadaljevanju predstavljamo pasivno izrabo sončne energije, izkoriščanje sončne energije preko kolektorjev in fotovoltaičnih sistemov in izkoriščanje toplote s pomočjo toplotnih črpalk. Vsem tem tehnologijam je skupen vir energije – Sonce, ki ga izkoriščamo neposredno (npr. s fotovoltaiko) ali posredno, ko Sonce segreje tla, vodo, zrak in to toploto preko toplotnih črpalk spremenimo v nam uporabno energijo.

4.1.1 Pasivna raba sončne energije

Pasivna raba sončne energije se največkrat uporablja pri gradnji bivalnih prostorov. Pomeni rabo takšnih gradbenih elementov za ogrevanje zgradb, osvetljevanje in prezračevanje prostorov, s pomočjo katerih neposredno izrabljamo energijo Sonca. Elementi, ki se uporabljajo pri pasivnem izkoriščanju sončne energije so predvsem okna, sončne strehe in stekleni vrtovi.

4.1.1.1 Pasivna hiša

Najpogosteje se pasivna raba sončne energije uvaja v pasivne hiše, to je hiše z nizko porabo energije na enoto površine (porabi manj kot 15 bruto kWh/m²/leto). Pasivne hiše porabijo za ogrevanje več kot 85 % manj energije kot hiše, grajene na klasičen način, ki porabijo za ogrevanje preko 200 kWh/m² v enem letu. Za zgradbe, zgrajene po letu 1995 po novih strožjih predpisih, znaša povprečna letna poraba energije za ogrevanje okrog 90 kWh/m². Stavbe z letno porabo energije pod 50 kWh/m² imenujemo nizkoenergijske stavbe.

Tako nizko porabo energije, kot jo ima pasivna hiša, dosežemo z zmanjševanjem toplotne izgube in optimizacijo izrabe naravne toplote. Pasivna hiša ima namreč porabo energije le za preračunano 1,5 l kurilnega olja, 1,6 l zemeljskega plina ali 2,4 l utekočinjenega naftnega plina na m² v celem letu. Izrabo naravne toplote in energije pridobimo s primerno orientacijo zgradbe proti soncu in pravilnim načrtovanjem oken in drugih steklenih površin za največji izkoristek sonca. Nekatere hiše imajo lahko ničelno rabo energije za ogrevanje in v tem primeru jih imenujemo nične hiše. Z

uporabo fotovoltaičnih sistemov in drugimi obnovljivimi viri energije pa lahko celo proizvedemo več energije, kot jo porabimo. V slednjem primeru govorimo o plus energijski hiši.

Načrtovanje pasivne hiše vključuje pasivne in aktivne ukrepe. Pasivni sistemi izkoriščajo naravne danosti okolja (teren, osončenost, meteorološke posebnosti ipd.) in ustrezno arhitekturno zasnovo (oblika zgradbe, debelina toplotne izolacije, vgradnja energetske učinkovitih oken ipd.). Običajna orientacija pasivne hiše je v smeri sever – jug. Pri tem je potrebna optimalna zasteklitev na južni strani zgradbe, s katero lahko koristimo tudi do 40 % solarne energije za pasivno ogrevanje prostorov. Obratno se pri načrtovanju pasivne zgradbe izogibamo zastekljenih površin na severni strani zgradbe. Bivalni prostori naj bodo v južnem delu zgradbe, ostali pomožni prostori pa na severnem delu (Grobovšek, 2011).

Pri načrtovanju pasivne hiše moramo upoštevati sledeče kriterije (Grobovšek, 2011):

- letna raba energije za ogrevanje je lahko največ 15 kWh/m^2 ,
- skupna raba primarne energije (topla voda, električna energija za naprave v hiši) je pod 120 kWh/m^2 ,
- toplotne izgube so pod 10 W/m^2 ,
- menjava zraka je $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$.

Ne glede na omenjene kriterije mora hiša zagotavljati bivalno ugodje, ki ga lahko dosežemo pri višjih površinskih temperaturah tudi pri relativno nizki temperaturi zraka, kar pomeni, da pri boljši izolaciji ob enaki temperaturi zraka povečamo površinsko temperaturo na notranji strani stene. To pomeni, da lahko za enako bivalno udobje pri dobro izoliranih hišah znižamo temperaturo zraka v prostoru v primerjavi s slabo izolirano hišo in pri tem prihranimo energijo zgolj zaradi ogrevanja, kar prikazuje spodnja tabela.

Tabela 12: Načini doseganja enakega bivalnega ugodja v hiši pri zunanji temperaturi $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ pri različno izoliranih zgradbah (vrednost U pomeni prevodnost toplote skozi material)

U - vrednost zunanje stene ($\text{W/m}^2\text{K}$)	Temperatura zraka ($^\circ\text{C}$)	Površinska temperature ($^\circ\text{C}$)	Porabljena energija (W/m^2)
0,7	21	18,2	22
0,4	20,2	19	12
0,2	20	19,3	6

Vir: Grobovšek, 2011

Za gradnjo pasivne hiše moramo torej zmanjšati toplotno prevodnost (U vrednost) gradbenih elementov na minimum, in sicer na vrednosti v naslednji preglednici.

Tabela 13: Dopustne toplotne prevodnosti različnih materialov pri gradnji pasivne hiše

Material	U vrednost
Zunanje stene	$\leq 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
Streha, izoliran strop	$\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Okna	$\leq 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$ - steklo $\leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ - okvir $g \geq 50 \%$
Tla	$\leq 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vir: Grobovšek, 2011

Pasivna hiša izrablja tudi topel zrak notranjosti za segrevanje zraka, ki vstopa v zgradbo preko sistema zračenja (rekuperacija toplote). Zahtevana menjava zraka $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ pomeni, da se celotna količina notranjega zraka zamenja v približno dveh urah. Pri zamenjavi zraka v pasivnih hišah (kontrolirano prezračevanje) se izkorišča toplota odtočnega zraka za segrevanje dotočnega zraka. Zato je v sistem zračenja potrebno namestiti protismerni prenosnik toplote zrak/zrak. Toplota

odtočnega zraka se lahko uporabi tudi za segrevanje vode s pomočjo toplotnih črpalk zrak/voda. Več o izgradnji pasivne hiše si lahko ogledate na spletni strani: <http://www.fa.uni-lj.si/default.asp?id=2497>.

Vaja

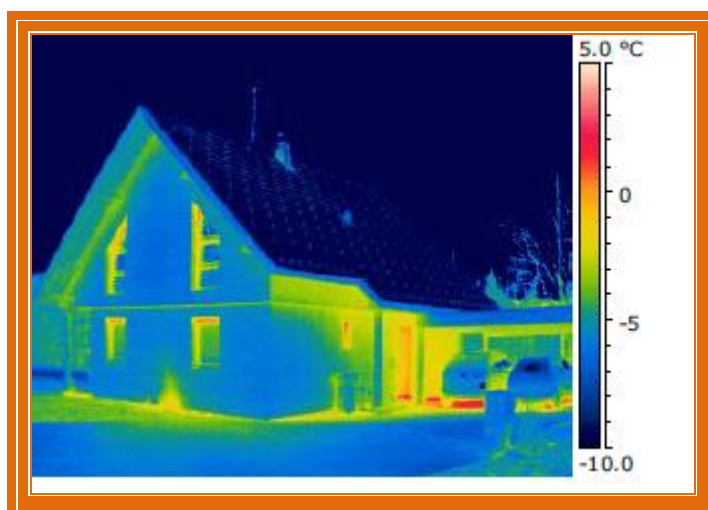
S pomočjo podatkov o porabi energije v domači hiši analizirajte letno porabo energije in določite, v katero energetske skupino stavb spada vaša hiša.

4.1.1.2 Energetski pregled zgradb

Toplotno prevodnost materialov, uporabljenih pri gradnji pasivnih hiš, lahko preverimo s pomočjo meritve temperature posameznih delov zgradbe, kar kaže spodnja slika. Deli hiše z večjo prevodnostjo toplote (slabšo izolacijo) imajo višjo temperaturo na zunanji strani kot deli zgradbe z boljšo izolacijo. To metodo pogosto uporabljamo pri izdelavi energetskega pregleda zgradbe.



Slika 26: Slika pasivne hiše
Vir: ZRMK, 2011



Slika 27: Temperaturna slika ovoja zgradbe
Vir: ZRMK, 2011

Metode preverjanja rabe energije v že zgrajeni stavbi temeljijo na preverjanju kakovosti toplotne zaščite ovoja stavbe in njihove zrakotesnosti. Za preverjanje toplotne zaščite uporabljamo metodo

termografskih posnetkov, s katerimi pozimi izmerimo temperaturo na zunanji površini stavbe. Površina stavb je tedaj toplejša od temperature okolice, zato oddaja infrardeče sevanje, ki ga zazna slikovni senzor v toplotni kameri. Ta prikaže na sliki stavbe toplejša mesta svetlejša in obratno. Svetlejša mesta so običajno mesta toplotnih mostov ali mesta, kjer je ovoj stavbe netesen (Medved, 2009).

Skupen energetski pregled in energetsko knjigovodstvo stavbe kot celote pa lahko opravimo sami na podlagi zbiranja podatkov o porabi energije za ogrevanje in za ostale energetske porabnike. Običajno imajo zgradbe ločene vire energije za ogrevanje (kurilno olje, plin, biomasa idr.) kot za ostale porabnike električne energije (luči, gospodinjski aparati ipd.). Zato pri energetskem pregledu lahko preverimo posamezne porabnike in ugotovimo njihovo potrošnjo. Pri energetskem knjigovodstvu pa sproti beležimo porabnike energije in porabo energije v časovni enoti z namenom primerjave porabe energije med leti ali deli leta. Namen tega je spremljanje učinkovitosti uvajanja različnih varčevalnih ukrepov in metod za učinkovito rabo energije.

Več o energetskih izkaznicah stavb si lahko preberete v publikaciji Energetska izkaznica stavbe na spletnem naslovu:

[http://www.gi-](http://www.gi-zrmk.si/EUprojekti/budi/WP5/WP5%20D15%20information%20package%20common%20part%20Slovenia.pdf)

[zrmk.si/EUprojekti/budi/WP5/WP5%20D15%20information%20package%20common%20part%20Slovenia.pdf](http://www.gi-zrmk.si/EUprojekti/budi/WP5/WP5%20D15%20information%20package%20common%20part%20Slovenia.pdf)

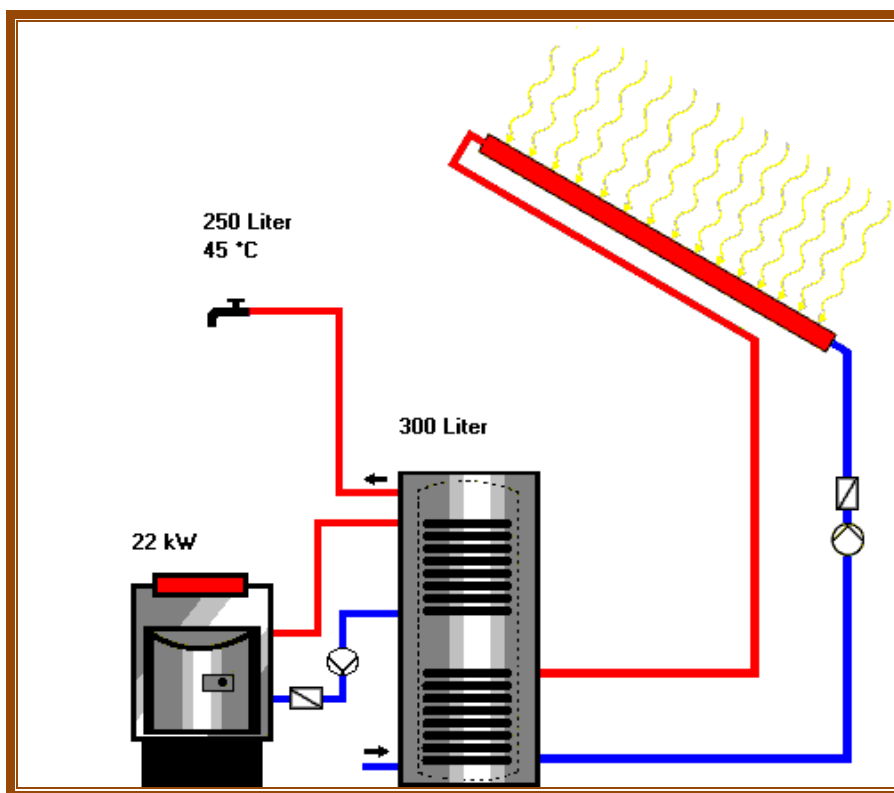
Vaja

Pripravite skupen energetski pregled domače stanovanjske hiše in določite porabo energije za ogrevanje in pripravo sanitarne vode ter porabo energije za ostale porabnike.

4.1.2 Sončni kolektorji

Energijo sonca lahko izkoriščamo tudi na aktiven način. Eden izmed takšnih načinov je izraba energije s pomočjo sončnih kolektorjev. Običajno se uporabljajo za pripravo tople vode (sanitarne vode in/ali za ogrevanje prostorov), novejši sistemi pa izrabljajo toploto Sonca za neposredno segrevanje zraka. Sončni kolektorji izrabljajo infrardeče valovanje Sonca za segrevanje tekočine ali zraka.

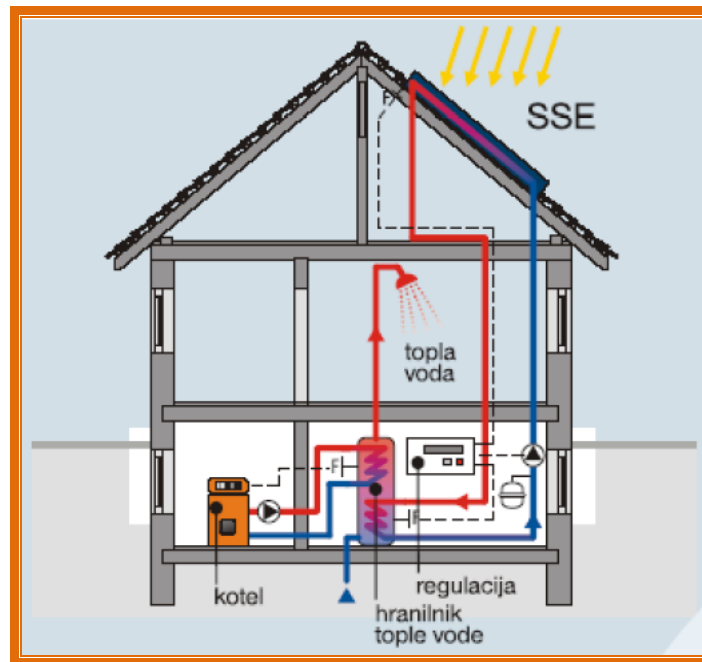
Bistveni del sončnega kolektorja je absorber (SSE), na katerem je plast, ki absorbira sončno energijo. Glavna naloga absorberja je prenos prejete toplote iz te plasti na vodo ali zrak, ki teče skozenj. Medij za prenos toplote prenese absorbirano toploto v hranilnik toplote (HT), kjer jo odda mediju za shranjevanje toplote. Ohlajen prenosnik toplote se nato vrne v absorber, kjer prejme novo energijo. S kroženjem medija za prenos toplote se absorbirana energija prenaša v hranilnik toplote, kjer se le-ta shranjuje in se porablja v času, ko ni več sončnega sevanja. S pomočjo dovolj velikega hranilnika si lahko s tem sistemom zagotovimo toplo sanitarno vodo ali celo toploto za nizkotemperaturno ogrevanje zgradb. Sončne kolektorje običajno povežemo skupaj v sistem sončnih kolektorjev in ga postavimo na strehe ali druge osončene površine.



Slika 28: Najbolj pogost način povezave sprejemnikov sončne energije in hranilnika toplote za pripravo tople vode
Vir: AURE, 2011

Za pretvarjanje sončne energije v toploto imamo na voljo zelo kvalitetne sprejemniki sončne energije, problemi pa običajno nastanejo pri shranjevanju toplote. Eden od bistvenih elementov solarnega sistema za shranjevanje toplote je hranilnik, s katerimi premostimo dnevna neskladja med razpoložljivim sončnim obsevanjem in rabo toplotne energije za pripravo tople sanitarne vode in ogrevanje. Pri klasičnih hranilnikih toplote je izoliran samo plašč hranilnika. Velike toplotne izgube pa so tudi na njegovih priključkih in armaturah, zato se hranilnik običajno ohladi v enem ali dveh dneh. Pri sodobnih solarnih hranilnikih, ki imajo vgrajeno izboljšano toplotno izolacijo plašča in posebej izvedeno dno ter priključke, lahko toplotne izgube znatno zmanjšamo. Standard predpisuje dovoljene toplotne izgube za hranilnike toplote. Izolirani hranilniki standardne izvedbe s prostornino 200 litrov lahko v 24 urah pri temperaturi vode 55 °C izgubijo do 1 kWh toplote in 800 litrski hranilnik približno 4 kWh toplote, pri čemer se voda v HT ohladi v enem dnevu od 5 do 10 °C, kar je odvisno od temperature oklice.

Glede na povprečno letno sevanje Sonca v Sloveniji (povprečno 1100 kWh/leto/m²) in povprečno 36 % delovanje sistema lahko računamo na realni vnos okrog 432 kWh energije na leto na m² povprečnega sončnega kolektorja, postavljenega za optimalno ogrevanje sanitarne vode (Ekodom, 2011). Pravilno dimenzionirane naprave s sončnimi kolektorji lahko prihranijo tudi do 60 % letne potrebe po energiji za ogrevanje sanitarne vode v eno ali dvodružinskih hišah (Medved, 2009).



Slika 29: Delovanje termo solarnega sistema
Vir: AURE, 2011

4.1.2.1 Vrste kolektorjev

Danes poznamo različne vrste sončnih kolektorjev, in sicer (Grobelshek, 2008):

- ravne kolektorje,
- vakuumske cevne kolektorje,
- vakuumske cevne kolektorje z direktnim prenosom,
- vakuumske super prevodne toplotne cevi.

Ravni kolektorji so sestavljeni iz absorberja, ki je sestavljen iz črne barvane pločevine, na katero so pritrjene cevi z vodo. Pod absorberjem kolektorja je ohišje s toplotno izolacijo, nad njim pa ohišje predstavlja steklena šipa. Na steklo so nanešeni selektivni nanosi, ki močno absorbirajo sončno sevanje in hkrati zmanjšujejo sevalne toplotne izgube v okolico (Glavnik, 2011).



Slika 30: Ravni sončni kolektor
Vir: Grobelshek, 2008

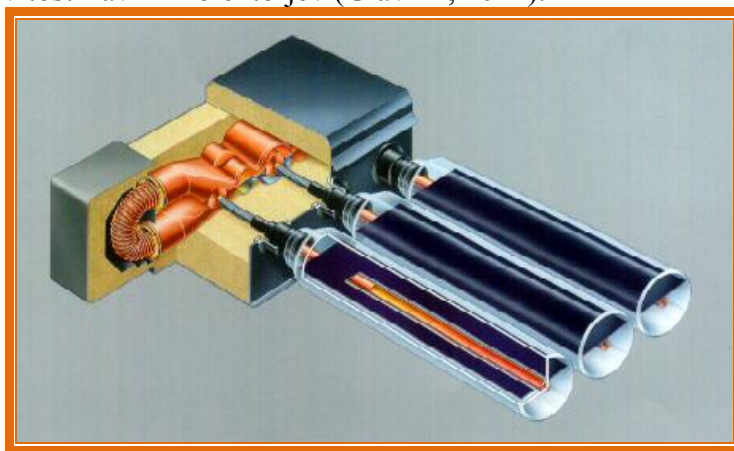
Vakuumske cevne kolektorji so sestavljeni iz visokoevakuiranih cevi iz solarnega stekla. Toplotne izgube so tako majhne, da kolektor proizvaja toploto tudi v oblačnem vremenu (pri difuznem sevanju). V absorberju je vgrajena toplotna izmenjevalna cev, skozi katero se direktno pretaka nosilni medij toplote, ki sprejema toploto preko izmenjevalne cevi z iztekom v razdelilni cevni

sistem. Optimalna usmerjenost teh kolektorjev se lahko doseže z zasukom vakuumskih cevi (Glavnik, 2011).



Slika 31: Vakuumski cevni kolektor
Vir: Grobelšek, 2008

Kolektor z vakuumskimi super prevodnimi toplotnimi cevmi (»Heat pipe« cevni kolektor) ima v vakuumski cevi integriran absorber, na katerega je nameščena toplotna cev. V toplotni cevi kroži nosilni medij toplote, ki se pri segrevanju uparja, na čelni strani kondenzatorja preko toplotnega izmenjevalca odda toploto solarnemu mediju in pri tem kondenzira. Prenos toplote iz kondenzatorja na solarni krog se pri tem sistemu izvede suho – brez neposrednega stika tekočin preko visoko storilnostnega toplotnega izmenjevalnika. Učinkovitost teh kolektorjev je v letnem povprečju za 50 % višja od učinkovitosti ravnih kolektorjev (Glavnik, 2011).

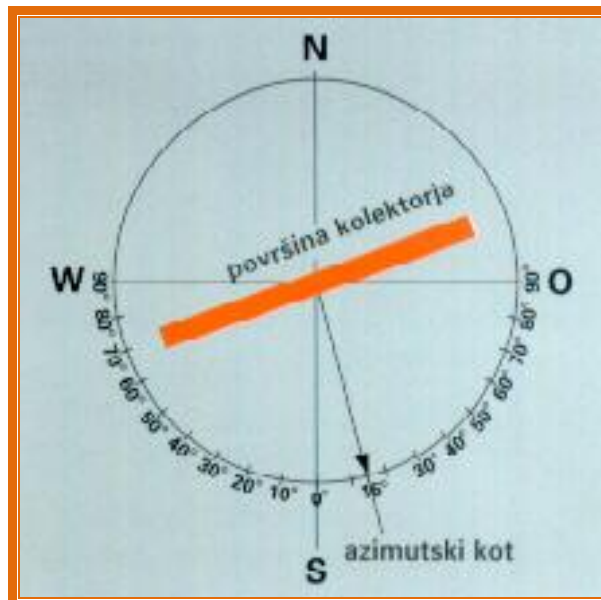


Slika 32: Vakuumske super prevodne toplotne cevi
Vir: Grobelšek, 2008

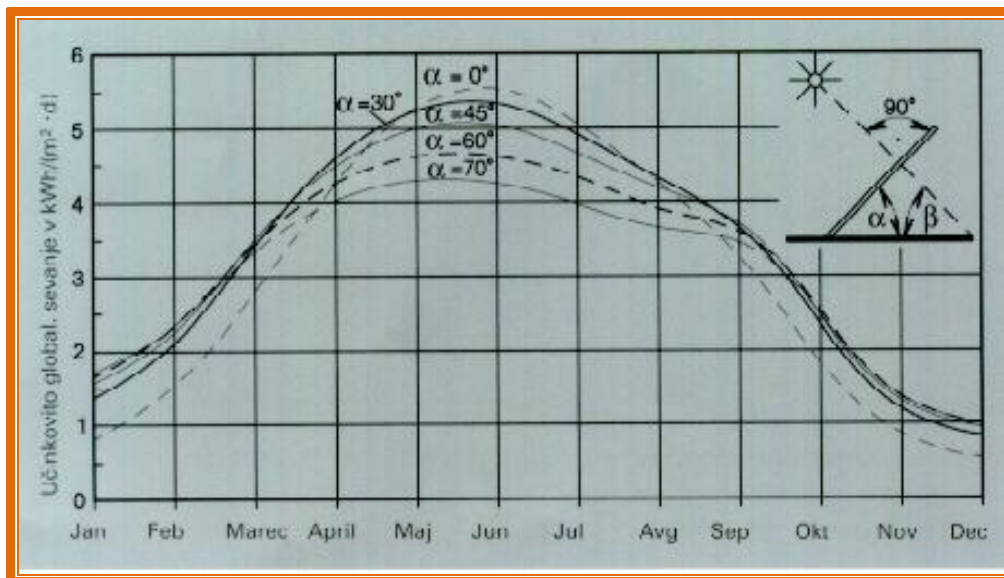
Sončni kolektorji so podrobno opisani v literaturi: Grobelšek, M. *Sončni kolektorji*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2008 na naslovu: <http://zvonko.fgg.uni-lj.si/seminarji/SončniKolektorji/SončniKolektorji.pdf>.

4.1.2.2 Postavitev sončnih kolektorjev

Sončni kolektorji sprejmejo največ sončne energije, če so postavljeni pod kotom 25 do 45° in so obrnjeni v smeri J ali JZ. Odstopanja od smeri J do 20° v poletnih mesecih skorajda nimajo vpliva na izkoristek energije, preko celega leta pa se izkoristek zmanjša do 2 % (Glavnik, 2011). Optimalna usmerjenost kolektorjev in optimalni nagibni kot sta prikazana na spodnjih slikah.



Slika 33: Optimalna usmerjenost kolektorjev in še dopustna odstopanja v smeri JV
Vir: Glavnik, 2011



Slika 34: Vpliv nagibnega kota kolektorjev na izkoristek sončnega sevanja
Vir: Glavnik, 2011

Da bi dosegli enako učinkovitost (količino prejete energije v primerjavi z optimalno postavitvijo) pri drugačni usmeritvi in drugačnem kotu, je potrebno površino kolektorja ustrezno povečati. Faktorji povečanja so za različne primere prikazani v naslednji preglednici.

Tabela 14: Faktorji povečanja površine sončnih kolektorjev v primeru različnih odstopanj od optimalne postavitve

Kot kolektorja s horizontalo	VZHOD		JUGOVZHOD		JUG		JUGOZHOD		ZAHOD
	-90	-60	-45	30	0	30	45	60	90
90°	2,07	1,96	1,76	1,59	1,5	1,59	1,68	1,86	1,97
75°	1,99	1,53	1,42	1,28	1,2	1,28	1,35	1,45	1,89
60°	1,73	1,32	1,22	1,13	1,08	1,13	1,16	1,26	1,65
45°	1,43	1,2	1,13	1,05	1,01	1,05	1,07	1,14	1,36
30°	1,3	1,14	1	1,03	1	1,03	1,03	1,08	1,23
15°	1,16	1,09	1,07	1,05	1,03	1,12	1,12	1,12	1,12
0°	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12

Vir: Ekodom, 2011

Vaja

Analizirajte postavitev domače hiše in njene strehe za izkoriščanje sončne energije za ogrevanje sanitarne vode ali celo za ogrevanje stavbe.

Izkoristek energije različnih sončnih kolektorjev je različen. V spodnji preglednici je prikazan izkoristek energije kakovostnega kolektorja v hladnih dneh ali ob oblačnem nebu.

Tabela 15: Izkoristek sončnega kolektorja v hladnem ali oblačnem dnevu

	Hladen jasen dan	Topel oblačen dan
Povprečna dnevna temperatura	+5 °C	+15 °C
Želena temperatura vode	45 °C	45 °C
Površina kolektorjev	6 m ²	6 m ²
Povprečna dnevna intenzivnost sevanja Sonca	600 W/m ²	350 W/m ²
Čas sončnega sevanja	5 ur	7 ur
Izkoristek kolektorja	60%	55%
Izkoristek sistema	50%	45%
Koristna toplotna energija	9 kWh	6,6 kWh
Ustreza ogretju vode	230 litrov	170 litrov

Vir: Ekodom, 2011

Primer solarnega sistema za enodružinsko hišo

Projektiranje solarnega sistema za ogrevanje sanitarne vode in vode za ogrevanje stavb je izredno pomembno delo pred postavitvijo. Dejstvo je namreč, da s spremembo posameznega elementa vplivamo na učinkovitost sistema in s tem na ekonomsko upravičenost investicije. Ponazoritev razlik med različnimi sistemi sončnih kolektorjev (ravni kolektorji in vakuumski kolektorji) in različnimi rešitvami (hranilnik toplote 300 in 500 l, površina kolektorjev 5 in 8 oziroma 7,5 m²) je podana v naslednjih tabelah. Pri izračunu so uporabljeni sledeči pogoji (Glavnik, 2011):

- v objektu živijo 4 družinski člani,
- poraba vode je 60 l/dan/osebo,
- solarna voda se je pred preходом na solarni sistem ogrevala s klasičnim toplovodnim kotlom s tehničnim izkoristkom 93 %,
- temperatura tople vode je minimalno 45 °C.

Tabela 16: Primer različnih variant in prihrankov energije pri ravnih sončnih kolektorjih in različnih hranilnikih toplote (300 in 500 l)

varianta	<i>SOLARNI SISTEM ravni SSE 300 litrov</i>		<i>SOLARNI SISTEM ravni SSE 500 litrov</i>	
	varianta 1	varianta 2	varianta 3	varianta 4
hranilnik toplote	300 litrov		500 litrov	
tip SSE	ravni 5 m ²	ravni 7,5 m ²	ravni 5 m ²	ravni 7,5 m ²
dnevna poraba tople vode	250 litrov		250 litrov	
letna poraba energije za vodo	3690 kWh		3690 kWh	
letno pokritje potreb	59%	69,5 %	61,2 %	72,8 %
pridobljena energija od SSE	2374 kWh	2880 kWh	2520 kWh	3111 kWh
zmanjšanje emisij CO ₂ letno	932 kg	1117 kg	994 kg	1213 kg
prihranek v olju letno	358 litrov	430 litrov	382 litrov	467 litrov
prihranek v EUR letno	180,00	215,00	190,00	235,00
okvirna cena solarnega sistema brez kotla	2.100,00	2.635,00	2.425,00	2.970,00
enostavna vračilna doba glede na letni prihranek	11,6 let	12,2 let	12,7 let	12,6 let

Vir: Glavnik, 2011

Tabela 17: Primer različnih variant in prihrankov energije pri vakuumskih sončnih kolektorjih pri različnih kapacitetah hranilnikov toplote (300 in 500 l)

varianta	<i>SOLARNI SISTEM vakuumski SSE 300 litrov</i>		<i>SOLARNI SISTEM vakuumski SSE 500 litrov</i>	
	varianta 5	varianta 6	varianta 7	varianta 8
hranilnik toplote	300 litrov		500 litrov	
tip SSE	vakuumski 5 m ²	vakuumski 8 m ²	vakuumski 5 m ²	vakuumski 8 m ²
dnevna poraba tople vode	250 litrov		250 litrov	
letna poraba energije za vodo	3690 kWh		3690 kWh	
letno pokritje potreb	74,1 %	83,3 %	76,9 %	86,5 %
pridobljena energija od SSE	3125 kWh	3640 kWh	3350 kWh	3980 kWh
zmanjšanje emisij CO ₂ letno	1214 kg	1381 kg	1307 kg	1525 kg
prihranek v olju letno	467 litrov	531 litrov	503 litrov	587 litrov
prihranek v EUR letno	235,00	286,00	250,00	295,00
okvirna cena solarnega sistema brez kotla	3.430,00	3.965,00	3.765,00	4.300,00
enostavna vračilna doba glede na letni prihranek	14,6 let	13,8 let	15 let	14,6 let

Vir: Glavnik, 2011

Vaja

Izračunajte potrebno energijo za ogrevanje sanitarne vode v hiši/stanovanju, kjer bivate. Na podlagi izračuna določite potrebno površino solarnega sistema in ustrezen hranilnik toplote za učinkovito izkoriščanje sončne energije v ta namen. Prav tako izračunajte emisije CO₂, ki bi jih privarčevali z izkoristkom tega vira energije (prihranek emisij je 0,4 kg CO₂/kWh toplote, pridobljene iz kurilnega olja).

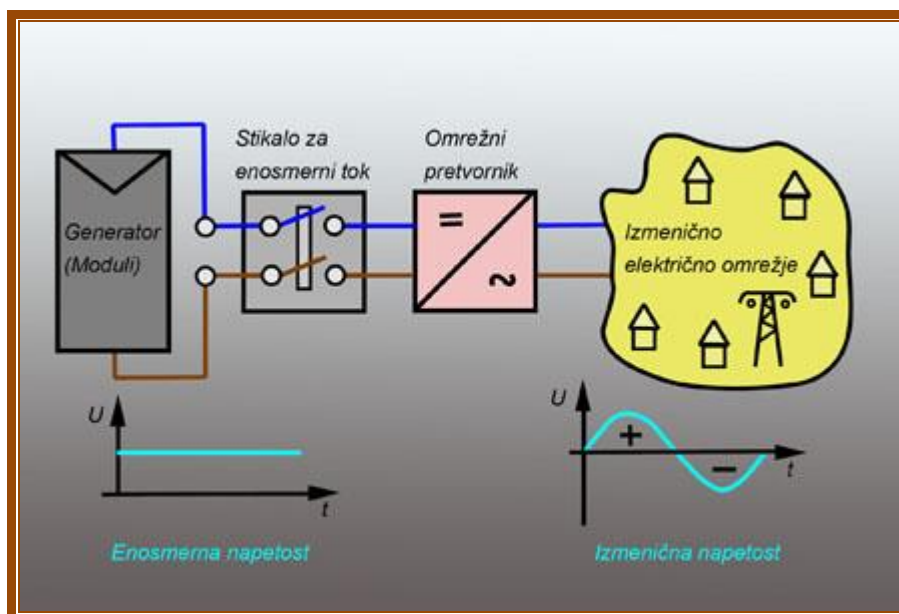
4.1.3 Fotovoltaika – proizvodnja elektrike

Beseda fotovoltaika izvira iz grške besede »phos«, ki pomeni svetlobo in besede »volt«. Fotovoltaika je veda, ki preučuje pretvorbo energije svetlobe, natančneje energijo fotonov v elektriko. Pod pojmom fotonapetostna (fotonapetostna) 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 v večini primerov izdelane iz silicija.

Fotonapetostni pojav je leta 1839 odkril fizik Alexandre Edmond Becquerel, ko je pri eksperimentu z dvema kovinskima elektrodama, potopljenima v elektrolit odkril, da prevodnost narašča z osvetljenostjo. Teoretično razlago tega pojava je leta 1904 podal Albert Einstein (Šrot, 2007).

4.1.3.1 Zgradba in delovanje sončne elektrarne

Osnovni elementi sončnih fotonapetostnih elektrarn so sestavljeni iz dveh sklopov. Prvega predstavljajo sončni fotonapetostni moduli, ki so srce vsake sončne elektrarne in imajo vlogo pretvarjanja elektromagnetnega valovanja sonca v enosmerni električni tok in napetost. Drugi sklop so elektroenergetski elementi, ki služijo uporabi proizvedene električne energije za posamezne namene.

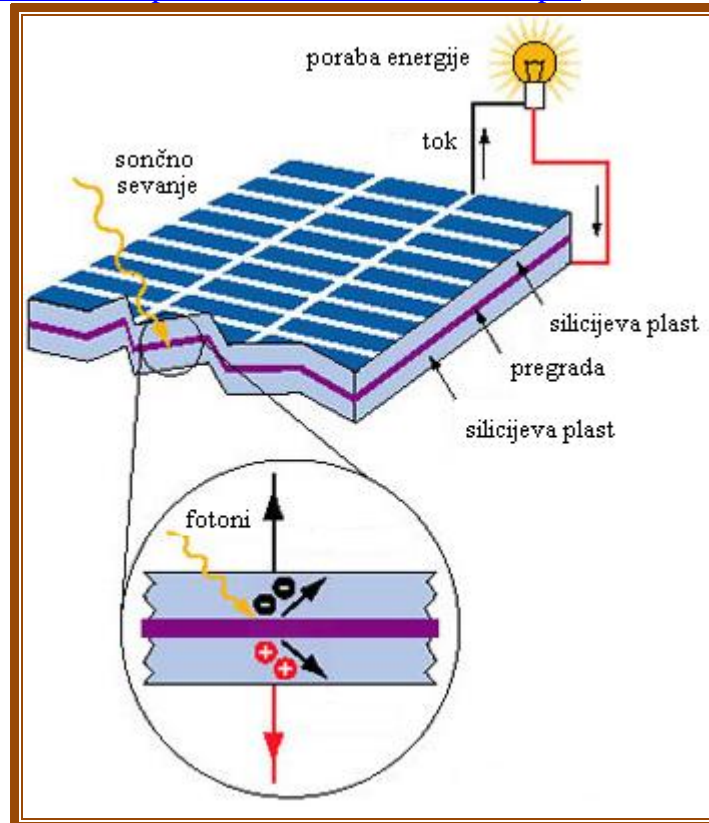


Slika 35: Princip delovanja fotonapetostne elektrarne, priključene na omrežje
Vir: Lasten

4.1.3.1.1 Princip fotonapetostnega izkoriščanja sončne energije

Solarne celice neposredno pretvarjajo sevanje Sonca v električno energijo. So velike diode, sestavljene iz najmanj dveh plasti polprevodnega materiala, in sicer so običajno izdelane iz monokristalnega, polikristalnega in amorfne silicija. Ena plast ima pozitivni naboj, druga negativna. Ko delci svetlobe (fotoni) padejo na solarno celico, jih del absorbirajo atomi polprevodnega materiala. Pri absorpciji svetlobe se na kovinskih stikih diod vzpostavi električni potencial. To sprosti elektrone na negativni plasti solarne celice, ki začno teči iz polprevodnika po zunanjem krogu nazaj na pozitivno plast. To kroženje elektronov pomeni električni tok. Tok steče, ko se priključijo naprave oz. porabniki in s tem sklenejo krog. Absorbirana energija je bila konvertirana v električno energijo. Delež proizvedene električne energije iz vpadne svetlobne

energije se imenuje izkoristek (η) solarne celice. Svetlobna energija ne doteka kontinuirano, ampak v kvantih svetlobnega valovanja. Energija kvantov je odvisna od valovne dolžine svetlobe oziroma elektromagnetnega valovanja, od česar je odvisno tudi število sproščenih elektronov. Sevanje mora imeti dovolj kratko valovno dolžino, da zagotovi dovolj energije za nastajanje prostih valenčnih elektronov. Če je ta valovna dolžina večja od mejne (valovanje v področju valovnih dolžin od 0,3 do 3 mikrometrov), potem ni več sposobna izbijati elektronov, ker je ni dovolj za premostitev vezi med elektroni in atomi (Sopori, 2006; Šrot, 2007). Več o fotovoltaiiki si lahko ogledate na internetni strani: <http://www.saltek.eu/files/photovoltaic%20EN%204-09.pdf>.



Slika 36: Bipolarnost in delovanje solarne celice

Vir: Gorenjske elektrarne, 2010

Napetostni diferencial je ustvarjen na stiku negativne in pozitivne plošče. Velikost te napetosti je odvisna od uporabljenega tipa polprevodnega materiala, ni pa odvisna od same velikosti solarne celice. Tok se spreminja glede na velikost celice in intenzivnostjo svetlobe. Celice so med seboj povezane v module. Konfiguracija niza celic in paralelna povezava določajo proizvodne zmoglosti modula. Z gibanjem elektronov nastane v fotovoltaičnem modulu enosmerni električni tok, ki se ga s pomočjo razsmernika spremeni v dvosmernega in pošlje v omrežje.



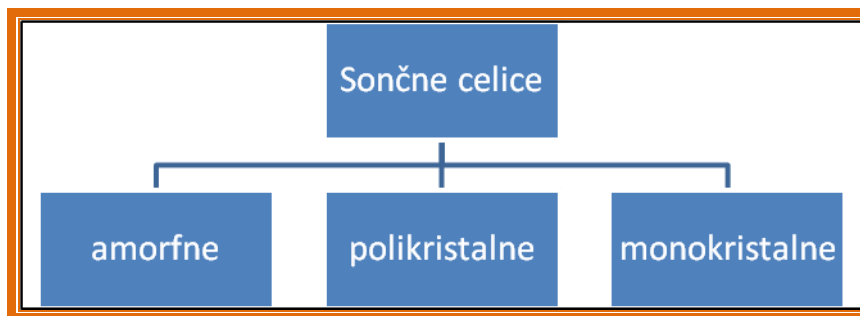
Legenda:

- 1: solarni moduli (zbirajo sončno energijo in jo pretvorijo v električni tok)
- 2: razsmernik (pretvarja enosmerni električni tok v izmenični)
- 3: električna omarica (krmili delovanje solarne elektrarne)
- 4: AC obremenitve (poraba izmeničnega toka na mestu nastanka)
- 5: števec
- 6: javno omrežje

Slika 37: Shematski prikaz delovanja solarne elektrarne
Vir: Gorenjske elektrarne, 2010

Sončni moduli

Osnovni element fotonapetostnega sistema je fotonapetostni modul, v katerem prihaja do pretvorbe svetlobne energije v električno. Sestavlja ga večje število sončnih celic, ki so združene v eno enoto, večinoma pod stekleno ploščo. Razvrstitev sončnih modulov glede na vrsto sončnih celic, iz katerih je le-ta zgrajen, nam kaže spodnja slika.



Slika 38: Vrste sončnih celic
Vir: Lasten

Sončne module lahko glede na tehnološke postopke razvrstimo tudi na sončne celice, izdelane iz Si rezin, oziroma tankoplastne celice, ki jih proizvajamo s pomočjo vakuumskih tehnologij. Osnovne lastnosti sončnih celic iz posamezne družine so navedene v nadaljevanju (Photon Spezial, 2002). Sončne celice združujemo v fotovoltaične module z razponom moči od nekaj W do 100 W ali več. Za velike sisteme proizvajalci izdelujejo panele (več združenih modulov) z močmi nekaj 100 W. Lastnosti modulov so odvisne od vrste uporabljenih sončnih celic.

Kristalne sončne celice

V to skupino prištevamo tako polikristalne kot tudi monokristalne sončne celice. Osnova za izdelavo celic je blok kristalnega silicija, katerega proizvodnja je bila opisana v predhodnem poglavju. Rezine silicija, ki so osnova za izdelavo sončnih celic, režemo iz bloka z diamantno žago. Izrezane rezine, debeline 1mm, ki so rezane na 1/10 mm natančno se nato položi med dve nasproti rotirajoči kovinski plošči, s čimer dosežemo izravnavanje obeh ravnin rezine na nekaj tisočink mm natančno. Nato sledi postopek izdelave celic.

Na podoben način tiskamo še kontakte za povezavo na prednji strani celic. Tudi antirefleksno plast (preprečuje odboj sončnih žarkov) nanašamo na podoben način. Na izbiro imamo titanove paste, ki pri sintranju tvorijo titanov dioksid TiO_2 , ali pa silicijev nitrid Si_3N_4 (Sopori, 2006).



Slika 39: Proces izdelave fotovoltaičnega modula in fotovoltaičnega sistema
Vir: Sopori, 2006

Amorfne sončne celice

Amorfne sončne celice izdelujemo s podobnimi postopki kot integrirana vezja. Zaradi tega tovrstne module večkrat imenujemo tudi tankoplastni moduli. Postopek izdelave amorfni sončnih celic je sledeč (Sopori, 2006):

1. Najprej steklen substrat temeljito očistimo.
2. Sledi nanašanje spodnje kontaktne plasti.
3. Površina se nato strukturira – razdeli v trakove.
4. V vakuumu se pod vplivom visokofrekvenčnega električnega polja nanaša plast amorfnega silicija.
5. Ponovno sledi delitev v trakove.
6. Nato sledi še nanašanje zgornjih kovinskih elektrod.

Druge vrste sončnih celic

Ostale, manj uporabljane sončne celice, so še celice, izdelane z EFG (Edge Defined Film fed Growth) metodo in Apex celice iz silicija, celice, izdelane iz kadmijevega telurida in celice, izdelane iz bakrovega-indijskevega selenida (CIS). EFG celice, ki po zgradbi spadajo med polikristalne, po lastnostih pa jih uvrščamo med polikristalne celice, se izdelujejo neposredno iz taline silicija, s čimer odpade žaganje na rezine, kar pomeni prihranek proizvodnih stroškov in prihranek materiala, saj ni odpadnega materiala zaradi žaganja. Pri proizvodnem postopku izdelave EFG celic se iz taline silicija vleče trak silicija v obliki pravilne cevi z osmimi ravnimi stranicami. Dolžina cevi znaša nekaj m. Ravne stranice cevi se nato z laserjem razžagajo v posamezne sončne celice, katerih dimenzije znašajo 100x100 mm in so v večini primerov pravilne kvadratne oblike. To ima za posledico večjo moč modula ob manjši površini za razliko od kristalnih modulov, kjer so

celice v obliki kvadrata s prisekanimi robovi. Kontakti so izvedeni v obliki bakrenih trakov, posamezne celice pa se nato združujejo na podoben način kot pri ostalih vrstah celic. Za razliko od EFG celic so Apex celice polikristalne z zaščitenim proizvodnim postopkom, proizvajajo jih le en proizvajalec. Celice iz kadmijevega telurida in bakrovega-indijevega selenida (CIS) se trenutno uporabljajo v manjši meri in še to pretežno v laboratorijskih raziskavah. Komercialni moduli iz zadnjih omenjenih materialov so še zelo redki. V naslednji preglednici je prikazana primerjava posameznih vrst sončnih celic s prednostmi in slabostmi posameznih vrst celic (Sopori, 2006).

Tabela 18: Primerjava posameznih vrst sončnih celic

Material	Debelina	Izkoristek %	Barva	Slabosti	Prednosti in perspektive
Monokristalne Si sočne celice	0,3 mm	15 – 18 %	Temno modre, črne z AR plastjo, sive brez AR plasti	Dolgotrajni proizvodni postopki, potrebno žaganje rezin	Najbolj raziskan material. Tudi v prihodnjih letih bo prevladoval na tržiščih, posebej tam, kjer je potrebno veliko razmerje moč/površina.
Polikristalne Si sončne celice	0,3 mm	13 – 15 %	Modre z AR plastjo, srebrno-sive brez AR plasti	V primerjavi s tankoplastnimi tehnologijami daljši proizvodni postopki, potrebno žaganje rezin	Najpomembnejši material vsaj v naslednjih nekaj letih.
Polikristalne Si celice v obliki traku	0,3 mm	12 %	Modre z AR plastjo, srebrno-sive brez AR plasti	Omejena uporaba proizvodnih postopkov	Možnost znatnega znižanja proizvodnih stroškov v prihodnosti. Ni žaganja rezin.
Apex (polikristalne Si) sončne celice	0,03 do 0,1 mm + keramični substrat	9,50 %	Modre z AR plastjo, srebrno-sive brez AR plasti	Omejena uporaba proizvodnih postopkov	Možna proizvodnja v obliki traku, ni žaganja rezin, material veliko obeta. Možnost znatnega znižanja proizvodnih stroškov v prihodnosti
Monokristalne Si celice v obliki dendritne mreže	0,13 mm vključno s kontakti	13 %	Modra z AR plastjo	Omejena uporaba proizvodnih postopkov	Možna proizvodnja v obliki traku, ni žaganja rezin.
Amorfne sončne celice	0,0001 mm + 1 do 3 mm substrat	5 – 8 %	Rdeče modre, črna	Manjša učinkovitost, krajša življenjska doba.	Možna proizvodnja v obliki traku, ni žaganja rezin. Ob izboljšanju dolgoročnih lastnosti (izkoristek, življenjska doba) najbolj perspektiven material.
Kadmijev telurid (CdTe)	0,008 mm + 3 mm steklen substrat	6 – 9 % (modul)	Temno zelene, črne	Strupene surovine	Možnost znatnega znižanja proizvodnih stroškov v prihodnosti
Bakrov indijev diselenid (CIS)	0,003 mm + 3 mm steklen substrat	7,5 – 9,5 % (modul)	Črna	Omejene zaloge indija v naravi	Možnost znatnega znižanja proizvodnih stroškov v prihodnosti
Hibridne (HIT) sončne celice	0,02 mm	18 %	Temno modra, črna	Omejena uporaba proizvodnih postopkov	Višja učinkovitost, boljši temperaturni koeficient in manjša debelina.

Vir: Sopori, 2006

Učinkovitost sončnih celic

Kristalne sončne celice

Učinkovitost sončnih celic je omejena s številnimi dejavniki. Energija fotonov z večanjem valovne dolžine svetlobe pada. Največja valovna dolžina, pri kateri imajo fotoni še dovolj veliko energijo za silicij znaša 1.15 μm . Sevanje z večjo valovno dolžino povzroča le segrevanje sončnih celic. Foton lahko povzroči nastanek le enega para elektro-vrzel, zato se tudi pri manjših valovnih dolžinah od mejne pojavlja višek energije, ki prav tako le segreva celico. Zgornja meja pretvorbe vpadne svetlobne energije na sončno celico znaša približno 23 % (velja za silicijeve eksperimentalne sončne celice). Pri uporabi drugih materialov je izkoristek lahko večji (eksperimentalno do 30%) zaradi širšega spektra svetlobe, katere vpadno sevanje celica še lahko pretvori v elektriko. Lastne izgube sončne celice nastopajo zaradi kontaktne mreže (lastna zastrtost), notranje upornosti celice in zaradi refleksije sončnega sevanja na površini celice. Kristalne sončne celice so največkrat v obliki rezin, debeline 0,3 mm, in generirajo okrog 35mA toka na cm^2 (skupaj do 2 A/celico) površine pri napetosti približno 550 mV pri polni osvetlitvi. Laboratorijske izvedbe tovrstnih celic imajo učinkovitost do 18 %, klasične do 15 %.

Amorfne sončne celice

Amorfne celice imajo precej slabši izkoristek, ki se giblje med 6 in 8 %, in se tudi hitreje starajo. Gostota toka znaša do 15 mA/ cm^2 , napetosti neobremenjenih celic pa so do 0,8 V, kar je več kot pri kristalnih celicah. Spektralna občutljivost pri amornih celicah je pomaknjena bolj proti modri svetlobi, tako da je idealen izvor svetlobe za amorfne celice fluorescenčna žarnica.

4.1.3.1.2 Delovanje razsmernikov

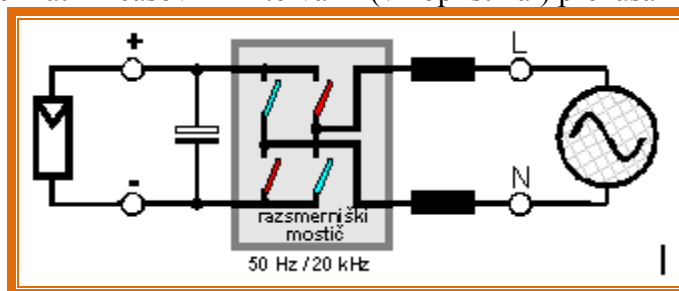
Zgradba omrežnega fotonapetostnega sistema je relativno preprosta. Fotovoltaični generator (sončna celica ali fotovoltaični modul) pošilja moč v omrežje preko razsmernika. Učinkovitost delovanja sistema je v celoti odvisna od tehničnih lastnosti in ekonomičnosti razsmernika, ki je gradnik sončne elektrarne, preko katerega se enosmerne veličine sončnega generatorja pretvarjajo v izmenične. Njegova funkcija je omogočiti kar najvišji pretok energije od sončnega generatorja v omrežje in to v zelo zahtevnih pogojih nihanja vhodnih količin. Sončni generator ima lahko v vsakem trenutku različno vrednost proizvedene energije zaradi spremenljivega sončnega obsevanja (senčenje v delno oblačnem vremenu). Dober razsmernik je zmožen v širokem območju vhodnih napetosti delovati v načinu MPP (maximum power point) in na ta način pretvarjati kar največjo moč glede na spremenljive vhodne napetosti.

Najpomembnejša zahteva je visok izkoristek pretvorbe iz enosmerne moči v izmenično moč. Poleg majhne lastne porabe mora razsmernik zagotavljati pošiljanje maksimalne možne moči, ki jo lahko nudi fotovoltaični generator pod danimi pogoji, v omrežje. Za velik izkoristek pretvorbe razsmernika je potrebno zagotoviti tudi čim manjšo generacijo višjeharmonskih komponent, ki se v realnih razsmernikih pojavljajo poleg generirane osnovne izmenične komponente omrežja (50 Hz) in vodijo k električnim izgubam. Faktor, ki opisuje tovrstno popačenje, se imenuje skupno harmonsko popačenje ("total harmonic distortion – THD") in mora biti čim manjši za čim večji izkoristek razsmernika (Gorenjske elektrarne, 2010).

V primeru omrežnih fotovoltaičnih sistemov (omrežnih fotovoltaičnih elektrarn) igra pomembno vlogo spremljanje in nadzor delovanja sistema. Napake sistema se namreč ne odražajo na očiten način (npr. prenehanje delovanja neke naprave oziroma porabnika lastnika sistema) in jih je včasih težko zaznati neposredno. Fotovoltaična elektrarna mora zato vsebovati centralno enoto za zbiranje in kontrolo podatkov o delovanju sistema.

Osnovna zgradba razsmernika je prikazana na naslednji sliki. Princip delovanja je razložen v sledečih treh fazah:

- Osrednji del razsmernika predstavlja razsmerniški mostič. Sestavljajo ga polprevodniška stikala, ki izmenično priključujejo pozitivno (+) in negativno (–) sponko fotovoltaičnega generatorja na zgornjo in spodnjo izhodno sponko. Tako se polariteta izhodnih sponk neprenehoma izmenjuje in dobimo izmenični izhodni signal. Frekvenca preklopov mora biti enaka frekvenci omrežja (50 Hz), na katerega priključimo razsmernik.
- S pravilno izbranimi časi vklopov in izklopov stikal lahko kontroliramo obliko izhodne napetosti oziroma toka, ki naj bi bila čim bolj podobna omrežni sinusni obliki. Dodatno glajenje toka dosežemo z dušilkama na izhodu. Na ta način zagotovimo minimalne izgube pri pošiljanju energije v obstoječe električno omrežje.
- Kondenzator na vходу predstavlja tretji osnovni element PV razsmernika. V osnovi skrbi za začasno shranjevanje enosmerne električne energije sončne celice, ki jo v hitro ponavljajočih se kratkih časovnih intervalih (vklopi stikal) prenašamo v omrežje.



Slika 40: Osnovna zgradba omrežnega fotovoltaičnega razsmernika

Vir: Gorenjske elektrarne, 2010

Podrobnejši načini pretvorbe električne energije v mehansko so navedeni v poglavju Krmiljenje gibanja na internetnem naslovu: http://robin2.uni-mb.si/predmeti/sis_meh/Predavanje/Smeh5_1.pdf.

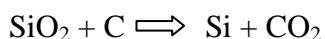
4.1.3.2 Materiali za izdelavo sončnih kolektorjev

Silicij

Glavni element za izdelavo sončnih celic je silicij, ki je trenutno še vedno edina surovina za masovno proizvodnjo sončnih celic. Kot najpogosteje uporabljeni polprevodnik ima več dobrih lastnosti:

- v naravi se nahaja v zelo velikih količinah,
- silicij v obliki oksidov sestavlja 1/3 zemeljske skorje,
- je nestrupen, okolju prijazen, tudi odpadki ne predstavljajo težav,
- lahko se tali, obdeluje in ga je sorazmerno enostavno oblikovati v monokristalno obliko,
- njegove električne lastnosti (obstojnost do 125 °C) omogočajo uporabo Si polprevodniških elementov tudi v najzahtevnejših primerih uporabe.

Čisti silicij je edini v tehniki široko uporabljen element, ki ga pridobivamo tako čistega. Odstotek čistega silicija v materialu dosega najmanj 99.999999 %. Osnovna surovina za izdelavo čistega silicija je metalurški surovi silicij, ki ga v pridobivamo z redukcijo v elektropečeh pri temperaturi pri 1800 °C. Čistoča tako pridobljenega metalurškega silicija znaša 98–99 %. Kot reducent služijo ogljene elektrode, celotna reakcija pa je sledeča:





Slika 41: Kristalna struktura silicija
Vir: Saponi, 2006

Takšen silicij se uporablja kot surovina za izdelavo čistega silicija, uporaben pa je tudi v jeklarstvu in v proizvodnji aluminija kot dodajni material. Za proizvodnjo takšnega silicija je potrebno 15 do 25 kWh električne energije/kg pridobljenega metalurškega silicija. S kloriranjem fino mletega metalurškega silicija v posebnem reaktorju dobimo silicijev tetraklorid (plin). Primesi oziroma nečistoče se izločajo v obliki klorovih soli (Saponi, 2006). Silicij je podrobno opisan na internetni strani: http://projekti.svarog.org/periodni_sistem/elementi/014.htm.

Proizvodnja polikristalnega silicija

Postopek pridobivanja čistega polikristalnega silicija iz triklorsilana se lahko izvaja v posebnih pečeh, ogrevanih s tokom, ki teče skozi (v večini primerov) Si elektrode. Rezultat procesa je čisti polikristalni silicij, ki ga nato uporabljamo kot surovino za izdelavo sončnih celic. Polikristalni silicij pridobivamo tudi iz silicija, ki ga segrevamo na 1500 °C in nato ohlajamo na 1412 °C, kar je tik nad strdiščem materiala. Pri ohlajanju nastaja blok polikristalnega silicija vlaknaste strukture dimenzij 40x40x30 cm. Pri polikristalnem siliciju je zgradba v delu materiala urejena, vendar ni usklajena z zgradbo v drugem delu materiala (Saponi, 2006).

Proizvodnja monokristalnega silicija

Monokristalni silicij pridobivamo iz čistega silicija, pridobljenega po predhodno opisanem postopku z dvema postopkoma (Saponi, 2006):

1. Metoda Czochralskega: Silicij po tej metodi pridobivamo iz taline v indukcijski peči z grafitno oblogo pri temperaturi 1415 °C. Na palico nanese silicijev kristal določene orientacije, nakar z vrtenjem palice v talini kristal narašča. Hitrost vrtenja palice znaša 10 do 40 obratov na minuto, pomikanje po dolžini pa med 1 mikrometrom in 0,1 milimetrom na sekundo. Na ta način lahko izdelamo palice premera 30 cm in dolžine nekaj metrov. Vse skupaj poteka v inertni atmosferi, morebitne nečistoče pa zgorijo, oziroma se izločajo v talini.
2. Conska rafinacija: Prednost tega postopka je v večji čistoči silicija, z njim pa lahko izdelamo palico silicija premera 10 cm in dolžine 1 m. Tudi ta postopek poteka v inertni atmosferi, ko indukcijski grelec potuje vzdolž palice in tali silicij, pri čemer pri ohlajanju nastaja monokristal silicija. Bloki monokristalnega ali polikristalnega silicija se nato žagajo in obdelujejo do končne oblike sončnih celic. Samo pri žaganju gre v izgubo okrog polovica materiala.

Pridobivanje amorfnega silicija

Amorfni silicij pridobivamo v visokofrekvenčnih pečeh v delnem vakuumu, skozi katere ob prisotnosti električnega polja visokih frekvenc prepihujemo pline silan in B_2H_6 ali PH_3 , s pomočjo katerih v silicij dodajamo bor ali fosfor (Sapori, 2006).

Galijev arzenat

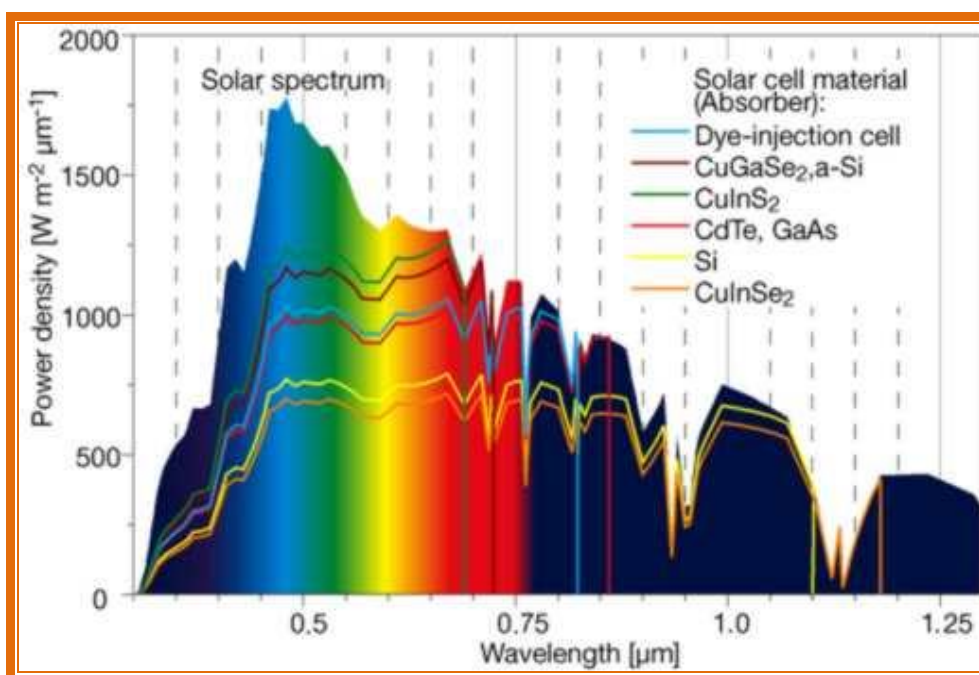
Pogost material za izdelavo visoko učinkovitih fotovoltaičnih celic je tudi galijev arzenat (GaAs). Pogosto se uporablja v koncentrirnih sistemih in v astronautiki. Učinkovitosti so do 25 %, pri koncentriranem sončnem sevanju pa do 28 %. Posebne izvedbe celo presegajo učinkovitost 30 % (Contreras s sod., 2006).

Kadmijev telurid

Kadmijev telurid ($CdTe$) je tankoplastni material, ki ga pridobivamo z elektrodepozicijo in naprševanjem veliko obeta kot potencialna osnova nizkocenovnih fotonapetostnih sistemov. Slabost postopka so strupene surovine, ki se uporabljajo pri proizvodnji. Laboratorijske izvedbe dosegajo učinkovitost 16 %, komercialne pa okrog 8 % (Metzger s sod., 2006).

Bakrov indijev diselenid

Bakrov indijev diselenid ($CuInSe_2$) je tankoplastni material, ki dosega učinkovitosti okrog 17 % (boljši sistemi). Sicer je to material, ki veliko obeta, vendar zaenkrat še manj uporabljan zaradi težav pri proizvodnji (Yan s sod., 2006).

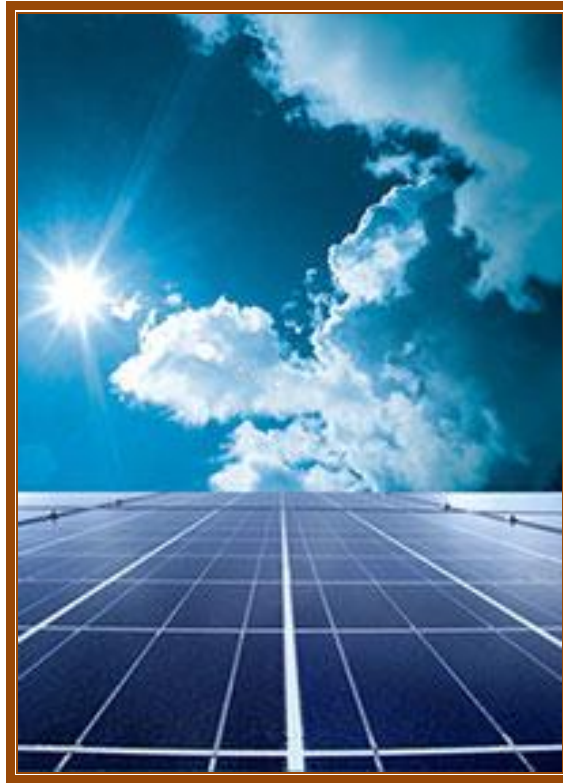


Slika 42: Spektralna občutljivost različnih materialov za izdelavo fotovoltaičnih celic
Vir: Contreras s sod., 2006

4.1.3.3 Uporaba fotovoltaičnih sistemov v Sloveniji

Vsak dan Zemlja od Sonca prejme več energije, kot je človeštvo porabi v vsem letu. Izsevana moč Sonca znaša okoli $3,8 \cdot 10^{26}$ W, Zemljino površino pa doseže povprečno 1 kW/m^2 . Z upoštevanjem izkoristkov sončnih celic (okoli 15 %) to pomeni ob idealnih pogojih proizvodnjo okoli 150 W/m^2 (Šrot, 2007).

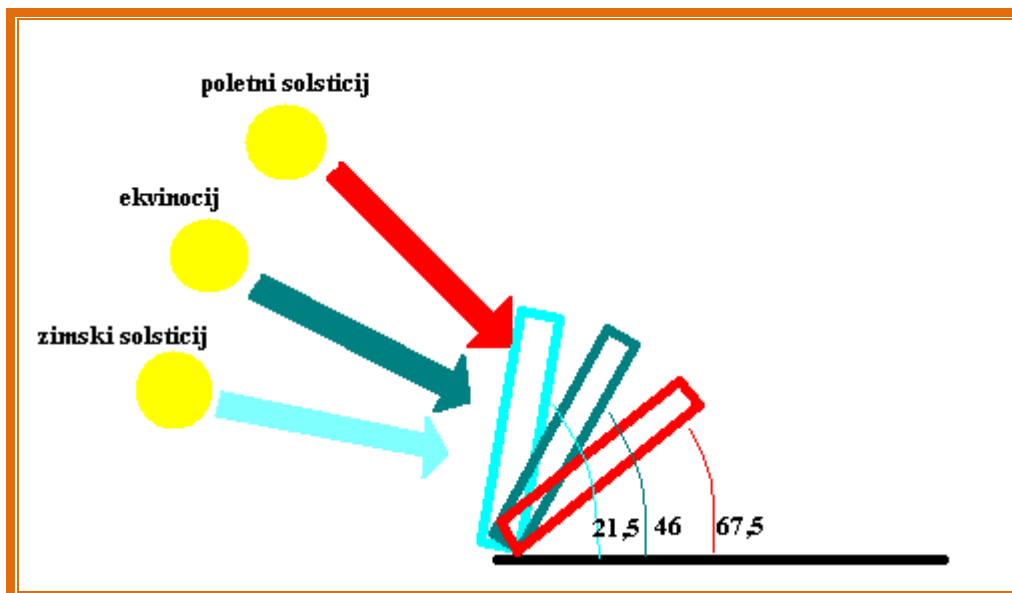
Fotovoltaični sistemi so odlična rešitev za celo kopico primerov, ne glede na to, kje se nahajamo. Uporabljajo se celo na satelitih in orbitalnih postajah. Najprej so se uporabljali tam, kjer ni bilo na voljo javnega električnega omrežja, dandanes pa se pospešeno gradijo tudi v urbanih naseljih. Tako na splošno delimo uporabo fotovoltaičnega sistema na dva dela, in sicer na omrežno in otočno (samostojno) uporabo. Pri omrežni uporabi vračamo proizvedeno električno energijo v javno omrežje, pri otočnem obratovanju pa električno energijo shranjujemo v baterije, ki jo nato po želji porabimo za svoje namene.



Slika 43: Primer uporabe fotovoltaičnega sistema na strehi zgradb
Vir: Lasten

Postavitev fotovoltaičnih sistemov vpliva na učinkovitost, ki je odvisna od nagiba ploskve, na katero pada sončno sevanje, od usmerjenosti glede na strani neba in od letnega časa. Glede na stalno spreminjanje vpadnega kota je potrebno izbrati optimalen naklon, saj je delovanje modulov najučinkovitejše pri pravokotnem padanju sončnih žarkov nanj. Načeloma sicer velja, da je optimalni naklonski kot modulov enak geografski širini lokacije, vendar pa moramo upoštevati še razporeditev ur sončnega obsevanja tekom leta, ki je dosti večje poleti kot pozimi, zato je optimalni kot nekoliko manjši od geografske širine (Šrot, 2007).

Za pravilno načrtovanje solarnih sistemov je bistveno navidezno gibanje Sonca, ki nam pomaga tudi pri določevanju osenčenja. Pri tem moramo upoštevati deklinacijo, azimut in višino Sonca. Ker se deklinacija tekom leta spreminja, se spreminja tudi najprimernejši naklon modulov (naslednja slika). Orientacija naj bo v smeri juga, iz katere prejemamo največ sončne energije, sicer pa manjši odklon od te orientacije nima večjega vpliva na proizvodnjo električne energije.



Slika 44: Prikaz optimalnega naklona modulov na karakteristične datume za lego Slovenije
Vir: Lasten

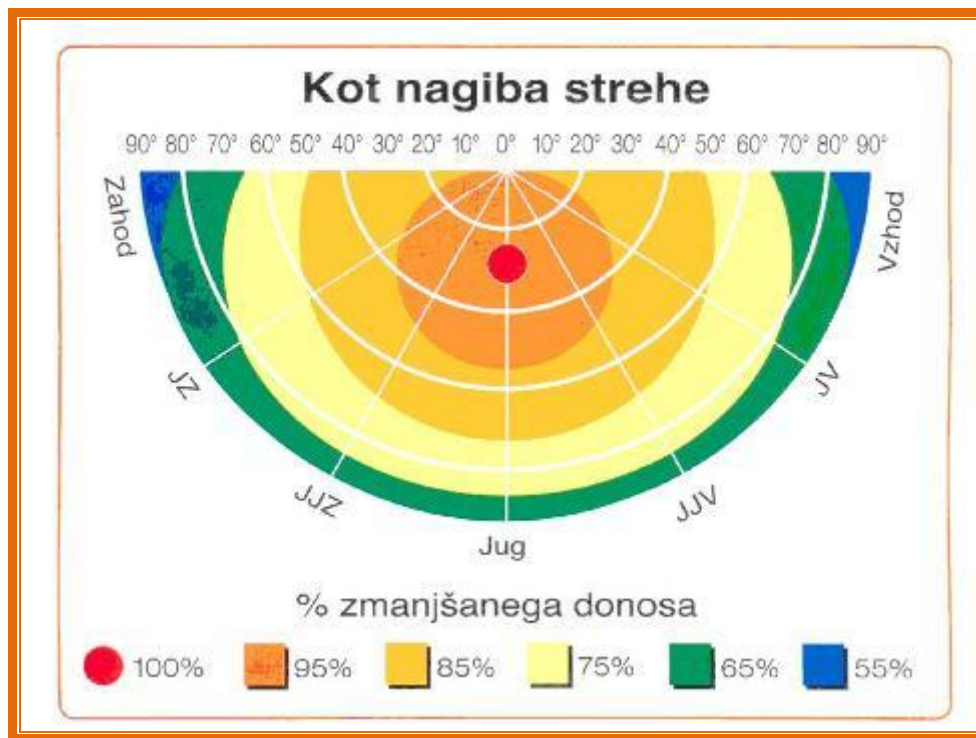
V Sloveniji je največja letna proizvodnja elektrike dosežena pri postavitvi fotovoltaičnih sistemov pri naklonskem kotu 34° in azimutnem kotu 0° – usmerjenost proti jugu. Z odklonom od optimalnega azimutnega in naklonskega kota fotonapetostni moduli prejmejo manj sončnega obsevanja in proizvedejo manj elektrike. Ob postavitvi sončne elektrarne na strehah objektov je zaradi prileganja modulov strehi ali boljšega izkoristka površine smiselna montaža fotovoltaičnih modulov z naklonom, manjšim od 35° . Spreminjanje naklona za do 10° nima velikega vpliva na proizvodnjo električne energije iz sončne elektrarne (naslednja slika).



Slika 45: Optimalna postavitev solarnih modulov (usmeritev in nagib) ter vpliv teh usmeritev in nagiba na izkoristek sončne energije
Vir: Šrot, 2007

V Sloveniji veljajo sledeči kriteriji za optimalno lokacijo sončne elektrarne:

- orientacija fotovoltaičnih modulov – azimutni kot: jug (0°) $\pm 20^\circ$,
- naklon modulov od 20° do 40° ,
- brez senčenja zaradi okoliških objektov, dimnikov, vegetacije ipd.



Slika 46: Sončno obsevanje sončne elektrarne v odvisnosti od naklona in usmeritve modulov sončne elektrarne
Vir: Tiba, 2010

Vaja

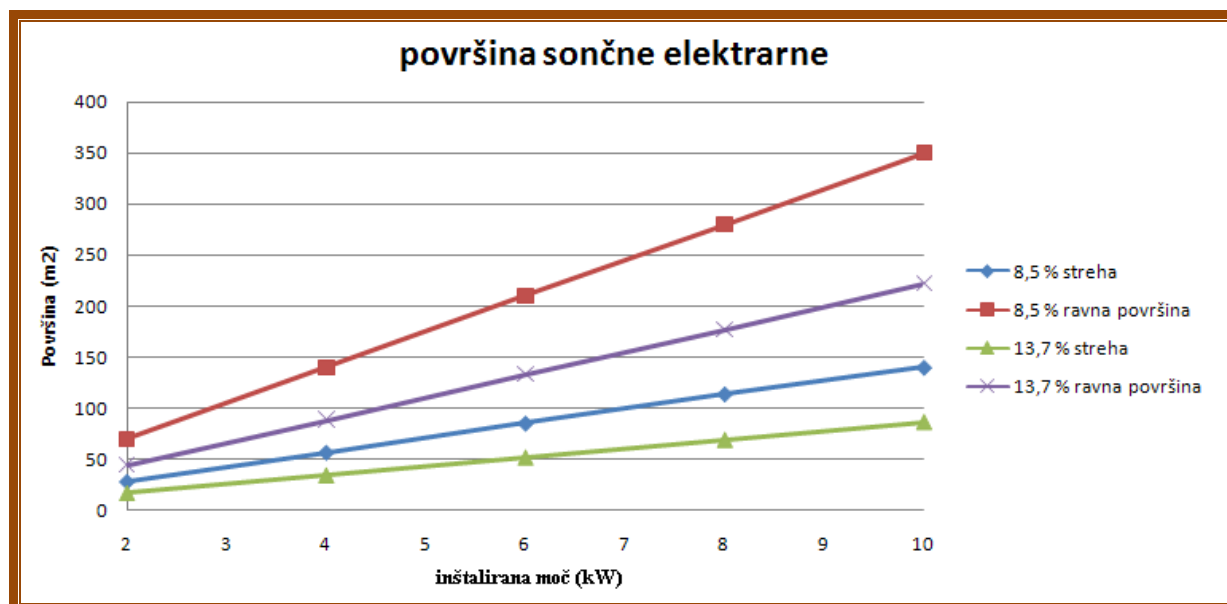
Analizirajte možnosti za postavitev fotovoltaičnih modulov na domači kmetiji in pri tem upoštevajte zakonitosti za optimalno izrabo sončne energije.

4.1.3.4 Postavitev fotovoltaičnih sistemov

Pravilna postavitev fotovoltaičnih sistemov je temelj učinkovite rabe sončnega sevanja. Če so moduli osenčeni, se proizvede manj energije od pričakovane. Delna osenčenost lahko povzroči celo razlike v temperaturi delov modula, kar ga lahko trajno poškoduje. Zato je fotovoltaičnim modulom potrebno zagotoviti čim bolj enake pogoje delovanja. Modul, ki ima najslabše pogoje delovanja, vpliva na vse ostale, zaporedno vezane module. Zato je pri postavitvi sončne elektrarne ključnega pomena primerna postavitev, ob kateri bližnje ovire ne mečejo sence na module.

V primeru, da ena strelovodna palica senči en modul, so izgube letne proizvodnje lahko tudi do 5 %. Izkoristek sončnega sevanja bi bil največji, če bi bili fotovoltaični moduli vedno postavljeni pravokotno glede na vpadne žarke. To je na statičnih sistemih nemogoče doseči, zato se vedno približujemo le optimalni legi. Z uporabo sončnih sledilnikov, ki lahko sledijo dnevni gibanju Sonca (1-osni) ali pa poleg tega sledijo še sezonskemu gibanju (2-osni) povečamo letno proizvodnjo za okoli 25 % pri enoosnih in okoli 35 % pri dvoosnih sistemih.

Za določanje potrebne površine za določeno inštalirano moč je potrebno poznati izkoristek pretvorbe uporabljenih fotovoltaičnih modulov, razpoložljivo površino z določeno širino in dolžino ter naklon postavitve. V primeru postavitve na ravne površine moramo poskrbeti, da ena vrsta modulov ne senči druge. Spodnji graf prikazuje predvideno površino za postavitev sončne elektrarne z določeno inštalirano močjo glede na izkoristek fotovoltaičnih modulov in glede na način postavitve.



Slika 47: Predvidena površina v m² za postavitev sončne elektrarne z določeno inštalirano močjo glede na izkoristek (%) in način postavitve modulov (ravna površina ali streha)

Vir: Šrot, 2007

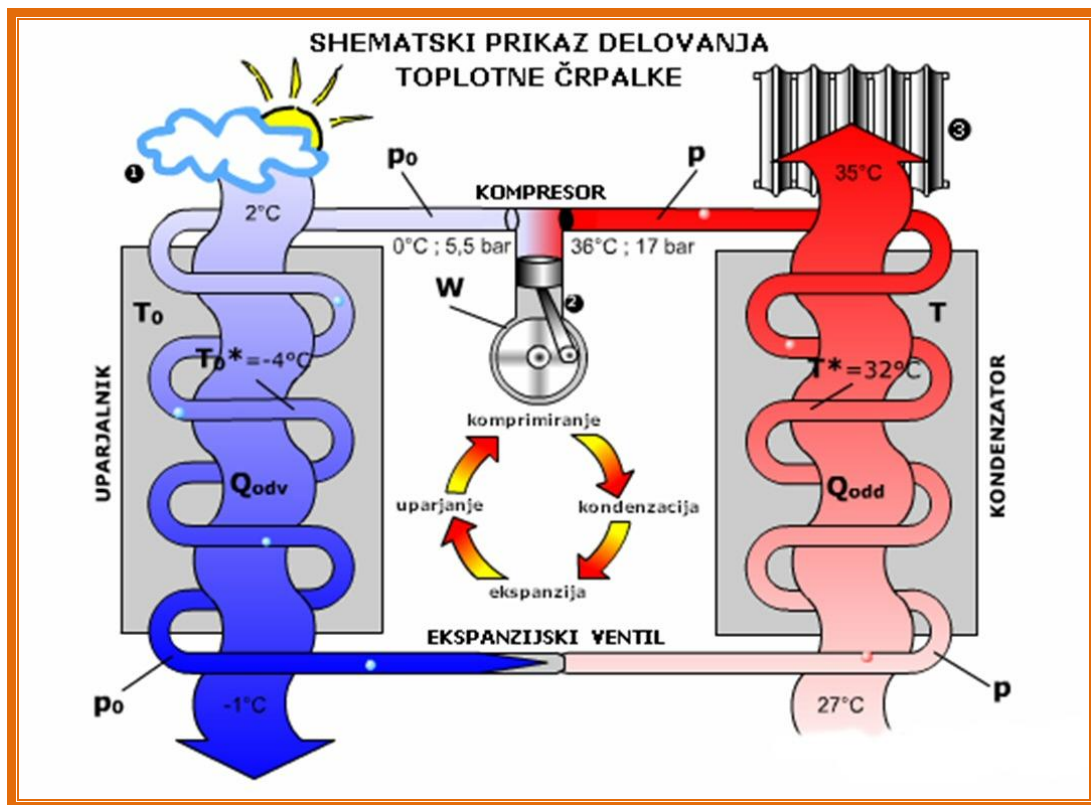
Vaja

Na primeru primerne strehe (usmerjenost na jug, naklon 35°) izračunajte potencialno kapaciteto za postavitev fotovoltaičnih modulov in določite moč fotovoltaične elektrarne.

4.1.4 Toplotne črpalke

Toplotne črpalke so energetsko učinkovit, okolju prijazen ter zdravju neškodljiv način ogrevanja in hlajenja. S pomočjo le-teh pozimi prostore grejemo, poleti pa jih hladimo in imamo vse leto toplo sanitarno vodo. Toplotna črpalka deluje na podoben način kot hladilnik, ki ohladi notranjost, medtem pa toplota iz vsebine hladilnika izpari v okolico. S pomočjo toplotne črpalke se toplota iz okolice koristno uporabi za ogrevanje prostorov ali sanitarne vode in se lahko kombinira z ostalimi ogrevalnimi sistemi. Toplotne črpalke koristijo akumulirano sončno energijo, ki je shranjena v zraku, zemlji, kamninah, podtalnici, površinskih vodah ipd. V naši okolici je praktično kjerkoli vir toplote, ki jo lahko pretvorimo v toploto za ogrevanje prostorov ali sanitarne vode.

Pridobljena toplota je rezultat termodinamičnega procesa in ne izgorevanja goriv kot pri klasičnih ogrevalnih sistemih. Toplotne črpalke snovem iz okolice odvzemajo toploto na nižjem temperaturnem nivoju in jo oddajajo v ogrevalni sistem na višjem temperaturnem nivoju. Takšen krožni proces poteka s pomočjo dovedene dodatne pogonske energije. Potek termodinamičnega sistema je prikazan na spodnji sliki.



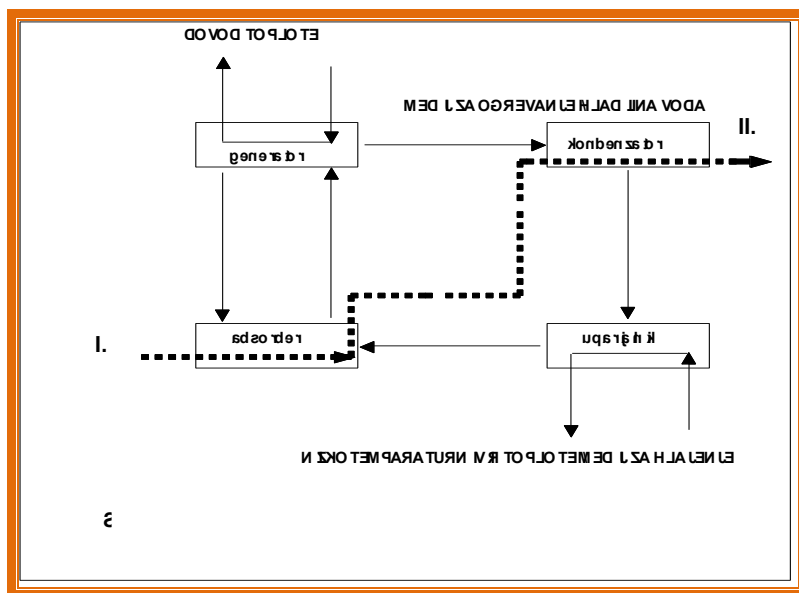
Slika 48: Termodinamični proces kompresorske toplotne črpalke
Vir: Bajs, 2010

Glede na izvedbo pogonske energije poznamo dve vrsti toplotnih črpalke, in sicer kompresorske in absorpcijske toplotne črpalke (Bajs, 2010).

Kompresorska toplotna črpalka je sestavljena iz uparjalnika, ki odvzema toploto okoliškemu mediju (zrak, zemlja, voda), v njem se pri nizki temperaturi uplini delovni medij (hladivo), ki nato potuje skozi kompresor, kjer se mu zaradi vložene mehanike (kompresije) zviša tlak in temperaturni nivo. Vroče pare v kondenzatorju kondenzirajo pri višji temperaturi in pri tem oddajo kondenzacijsko toploto ogrevanemu mediju. Utekočinjeno in ohlajeno hladivo potuje skozi dušni ventil (ekspanzijski ventil), kjer ekspandira na nižji tlak ter od tu nazaj v uparjalnik. Ta krožni proces se ponavlja, dokler toplotna črpalka deluje. Za prenos toplote potrebuje toplotna črpalka delovni medij, ki s spremembo svojega agregatnega stanja prenaša toploto iz okolice v ogrevalni sistem. Kot delovni medij se v toplotnih črpalkah uporablja hladivo, to so snovi, ki se uparijo že pri nižjih temperaturah npr. 0 °C do 35 °C. Pri uporabi novih tehničnih rešitev je zelo pomembna tudi zaščita okolja, zato se kot delovni medij (hladivo) največ uporablja brezfreonsko hladivo R410A (Bajs, 2010).

Plinske absorpcijske toplotne črpalke so energetsko učinkovitejše od kompresorskih in se uporabljajo za ogrevanje in hlajenje. Absorpcijske toplotne črpalke se od kompresorskih ločijo po tem, da imajo namesto mehanskega kompresorja tako imenovani toplotni kompresor, ki kot pogonsko energijo izkorišča različne energijske vire, na primer bioplino, fosilna goriva in podobno. Absorpcijska toplotna črpalka omogoča, da se dovedena primarna energija (plin) neposredno pretvori v grelno in hladilno energijo brez vmesne pretvorbe v električno energijo. Toploto, ki se odvaja iz sistema, lahko uporabimo za ogrevanje prostorov in sanitarne vode. Temperaturno stanje hladilne vode na izstopu iz toplotne črpalke je namreč na višjem nivoju kot stanje vode pri vstopu vanjo. Toploto, ki se v sistem dovaja na uparjalniku, pa je možno prenesti na zrak, ki ga uporabimo za hlajenje prostorov. Za ogrevanje uporabimo absorpcijsko toploto in toploto kondenzacije. V generator se dovaja toplota, ki nastane z zgorevanjem primarnega vira (plina) ali pa se toplota za

uparjanje dovaja iz drugih virov nizekotemperaturne toplote za uparjanje (zrak, voda, zemljo ipd.). V primeru hlajenja pa toploto, ki se dovaja uparjalniku, odvezamo zraku ali vodi (Grobovšek, 2010).



Slika 49: Absorpcijska naprava plinske absorpcijske toplotne črpalke
Vir: Grobovšek, 2010

Kot delovni medij plinske absorpcijske toplotne črpalke se uporablja par $\text{H}_2\text{O} - \text{LiBr}$ in $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$. Za par $\text{H}_2\text{O} - \text{LiBr}$ velja omejitev izstopne temperature ogrevane vode na do $45\text{ }^\circ\text{C}$, sicer lahko pride do kristalizacije soli iz raztopine, zato je ta medij primeren za nizekotemperaturno ogrevanje. V generator se dovaja toplota, ki nastane z zgorevanjem primarne energije v gorilniku. Raztopina se v generatorju segreje z vročimi dimnimi plini, pri čemer se del toplote uporabi za uparjanje amoniaka. Nastali hlapi v kondenzatorju pare kondenzirajo in oddajo toploto hladilni vodi. Utekočinjenemu hladivu v ekspanzijskem ventilu z dušenjem znižamo tlak in s tem tudi temperaturo uparjanja. V uparjalniku sprejme hladivo toploto iz okolice (zraka ali vode) in jo odvede v absorber. Iz absorberja raztopino črpamo nazaj v kondenzator, s čimer je cikel zaključen. Na ta način dobimo medij nižjih temperatur, ki ga uporabimo za hlajenje prostorov (Grobovšek, 2010).

Glede na način obratovanja toplotne črpalke v ogrevalnem sistemu ločimo dva različna obratovalna režima. Pri monovalentnem obratovanju toplotna črpalka v sistemu ogrevanja deluje samostojno in pokriva celotne toplotne potrebe zgradbe skozi vso ogrevalno sezono. Kadar je toplotna črpalka za ogrevanje objekta in potrebo tople sanitarne vode instalirana dodatno h kotlu centralne kurjave, imenujemo tak način obratovanja bivalenten. Dejansko pa ločimo tri načine bivalentnega obratovanja v kombinaciji s toplovodnim kotlom, in sicer: bivalentno alternativno, bivalentno vzporedno in bivalentno delno vzporedno. Tako lahko s pomočjo regulacije izbiramo poljubno obratovanje pri določenih zunanjih temperaturah. Pri bivalentnem vzporednem obratovanju imamo dva neodvisna generatorja toplote, ki se v primeru izpada enega nadomeščata. Vsa toplota, pridobljena iz okolice, je brezplačna. Da jo iz nizekotemperaturnega nivoja dvignemo na visokotemperaturni nivo, je potrebno vložiti nekaj dela. Tako je za delovanje toplotne črpalke potrebna pogonska energija za pogon agregata oziroma kompresorja.

Razmerje med potrebno pogonsko energijo (v večini primerov elektriko) in brezplačno energijo (pridobljeno iz okolice) je običajno 1 proti 3 in pri najnovejših črpalkah celo do 1 proti 5 in več. To pomeni, da za 3 kWh pridobljene toplotne energije potrebujemo 1 kWh pogonske energije, 2 kWh pa pridobimo iz okolice brezplačno. Razmerje med pridobljeno toplotno energijo in vloženim delom imenujemo grelni številni (Dvoršak, 2010). Njegova vrednost je odvisna od vrste toplotne

črpalke in vira okoliške toplote ter v povprečju znaša 2,5 do 4,5 in tudi več. Grelno število je odvisno od temperature vira toplote, ki ga izkoriščamo, ter od temperature medija, s katerim ogrevamo objekt. Grelno število je tem višje, če ima vir toplote sorazmerno visoko temperaturo, ter če je temperatura ogrevalnega medija nizka. Temperatura ogrevanja se med letom spreminja, prav tako temperatura vira toplote. Za oceno gospodarnosti delovanja toplotne črpalke se zato v praksi rabi letno ogrevalno število. Realno energetska slika nam zato da le letno grelno število, ki upošteva razmerje med toplotnimi potrebami in vloženo energijo preko celega leta, vključno s potrebno energijo za dodatno ogrevanje (v primeru, če toplotna črpalka ne pokrije vseh toplotnih potreb 100 %). Vrednost letnega grelnega števila je odvisna od vrste toplotne črpalke in vira okoliške toplote (Grobovšek, 2010). Razlogi za umestitev toplotnih črpalk v sistem pridobivanja energije so dodatno navedeni v literaturi Toplotne črpalke na spletnem naslovu: http://www.toplotne-crpalke.com/toplotne_crpalke.html.

4.1.4.1 Tipi toplotnih črpalk

Poznamo štiri osnovne izvedbe toplotnih črpalk glede na medij (okolico), ki ga hladimo in medij, ki ga ogrevamo. Tako poznamo sisteme toplotnih črpalk zrak/voda, voda/voda, zemlja/voda in zrak/zrak. Pri označevanju tipa toplotnih črpalk je na prvem mestu naveden medij, ki ga toplotna črpalka ohlaja, na drugem mestu pa medij, ki ga črpalka segreva.

Toplotne črpalke zrak/zrak so v bistvu vse vrste klimatskih naprav, ki ohlajajo in vzdržujejo temperaturo v določenem prostoru in toploto predajajo na zrak v sosednjem prostoru ali okolico. Izkoriščanje toplote zunanjega zraka je še posebej primerno pri ogrevanju prostorov z električno energijo. Za ogrevanje nekaterih prostorov, kot sta klet in podstrešje, lahko koristimo tudi toploto notranjega zraka, s čimer ohladimo prostor, v katerem toplotna črpalka deluje. V objektih, kjer imajo urejeno prezračevanje preko prezračevalnih kanalov, pa je najbolj primerno izkoriščanje toplote iz prezračevalnih sistemov (toplote izhodnega zraka, ogretega na temperaturo notranjosti). Pri tem izkoriščamo odpadno toploto za segrevanje vstopnega svežega zraka, za ogrevanje objektov ali za ogrevanje sanitarne vode (Dvoršak, 2010).

Toplotna črpalka zrak/voda se običajno uporablja za ogrevanje sanitarne vode in je običajno nameščena na grelnik vode. Z ogrevalno močjo od 2 do 3 kW segreje do 1.400 l vode dnevno in sicer do 55 °C, kar zagotavlja nižje toplotne izgube in manjše nalaganje vodnega kamna kot pri segrevanju vode na višje temperature. Običajno imajo te toplotne črpalke trikrat manjšo porabo električne energije kot klasični električni grelec (Bajs, 2010).

Varčno in okolju prijazno je ogrevanje voda/voda s toploto površinskih voda. Jezera, reke in morje absorbirajo solarno energijo in lahko delujejo kot naravni hranilniki. Toploto lahko pridobivamo preko kolektorja, ki ga namestimo na dno vodnega zajetja, jezera ali druge vodne površine, njegovo dolžino pa prilagodimo energetskim potrebam objekta. Nestrupeno sredstvo z obtočno črpalko vodimo od kolektorja, v katerem se za nekaj stopinj ogreje, do toplotne črpalke, ki toploto odvzame. Sistem je zanesljiv in obratuje tudi, kadar se temperatura vode približuje ničli. Res pa je vgradnja tovrstnih toplotnih črpalk zaradi dostopa oziroma odročnosti vira toplote nekoliko omejena.

Podobno lahko ogrevamo s toploto podtalnice, kjer s pomočjo potopne črpalke talno vodo vodimo skozi uparjalnik. Tu se voda hladi oziroma ji uparjalnik odvzame toploto, ki preide na delovno snov oziroma hladilno sredstvo. Za tak sistem je treba ob zgradbi izvrtati v zemljo dve vrtini, eno za črpanje in drugo za vračanje podtalnice. V vrtino potisnemo cev, v katero vgradimo potopno črpalko, ki jo povežemo s toplotno črpalko. Talna voda mora imeti pretok vsaj 2 m³/h in minimalno +3 °C, običajno pa se temperatura giblje med 8 in 12 °C (Grobovšek, 2010).

4.1.4.2 Viri toplote

Pri načrtovanju za vgradnjo toplotne črpalke je ključnega pomena vir toplote. Grelno število toplotne črpalke je namreč odvisno od temperature, pri kateri črpamo toploto. Pri tem pa je potrebno upoštevati še temperaturni režim ogrevanja, letne energetske potrebe objekta, zahtevan odstotek kritja energetskih potreb objekta s toplotno črpalko in če je toplotna črpalka predvidena za novogradnjo ali obstoječi objekt. Med najpogostejše vire sodijo zunanji zrak, odpadni zrak prezračevalnih sistemov, površinske vode, podtalnica, zemlja ter energetske vrtine.

Zrak

Toplota zunanjega zraka je neizčrpen vir, ki je na voljo povsod, njegova izdatnost pa je največja v poletnem času. Vendar je pri izkoriščanju tega vira energije potrebno upoštevati, da se učinkovitost toplotne črpalke, ki izkorišča energijo zraka, kljub razvojnim dosežkom z upadanjem temperature zunanjega zraka znižuje. Kljub temu je zunanji zrak zanimiv za gospodarno izkoriščanje do temperature nekje nad 0 °C. Pri nižjih temperaturah nastopijo težave zaradi kondenziranja vlage na zunanjih uparjalnikih, ki zamrzne v plast sreža. Nastali srež prepreči pretok zraka skozi uparjalnik in s tem dotok novega zraka, zato je delovni proces toplotne črpalke v takem primeru moten ali pa v določenih primerih nemogoč. Rešitev je odmrznitev z vročimi parami ali električnim grelcem, vendar se učinkovitost toplotne črpalke zaradi tega zniža, zato zunanji zrak najpogosteje uporabljamo kot toplotni vir pri toplotnih črpalkah, ki obratujejo v bivalentnem sistemu. Te lahko izkoriščajo toploto zraka do temperature -7 °C, zato jih moramo v ogrevalnih sistemih vgraditi skupaj s klasičnim kotlom. Nove, patentirane rešitve so probleme v zvezi nizkih zunanjih temperatur dejansko odpravile in tako so se na tržišču pojavile toplotne črpalke, ki izkoriščajo toploto zunanjega zraka celo do -20 °C (Dvoršak, 2010).

V zunanjem zraku je vedno nekaj vlage, ki se izloči pri ohladitvi, pri nizkih temperaturah pa celo zamrzne. V obeh primerih se lahko izkoristi toplota, ki se sprošča pri spremembi agregatnega stanja vlage v zraku. Količina toplotne energije, ki se pri tem sprošča, je zelo velika, to pa izkorišča toplotna črpalka. Izkoriščanje toplote zunanjega zraka je idealno posebno v objektih brez radiatorskega ogrevanja, torej pri ogrevanju z električno energijo. Poleg črpalk, ki izkoriščajo toploto zunanjega zraka, lahko koristimo tudi toploto notranjega zraka. Primerna mesta so npr. v kletih, kjer izkoriščamo toploto zraka in jih na ta način tudi hladimo. Za intenzivnejši prenos toplote v uparjalniku je potreben prisilen pretok zraka, zato so toplotne črpalke opremljene z ventilatorjem, ki poveča šumnost delovanja črpalke. Klimatske naprave je možno uporabiti tudi kot toplotne črpalke, vendar klimatske naprave omogočajo običajno delovanje samo do temperature zunanjega zraka 5 °C ob nižjem grelnem številu. Toplotna črpalko pa lahko s preklopom v reverzibilno delovanje uporabimo za hlajenje objekta. Izkoriščanje toplote prezračevalnih sistemov je primerno na objektih, ki imajo urejeno prisilno prezračevanje preko zračnih kanalov. Ker je v takih objektih poraba energije za ogrevanje svežega zraka do približno 45 % skupne letne rabe za ogrevanje, je z izrabo odpadne toplote prezračevanja mogoče doseči znatne prihranke. Odvisno od količine zraka in velikosti objekta je mogoče odpadno toploto uporabiti za ogrevanje vstopnega svežega zraka, za ogrevanje sanitarne vode in ogrevanje objekta (Bajs, 2010).



Slika 50: Primer delovanja toplotne črpalke, ki izkorišča zrak kot vir toplote
Vir: Bajs, 2010

Vaja

Na primeru domačega kraja analizirajte možnosti za pridobivanje toplote s pomočjo toplotnih črpalk in pri tem upoštevajte vse možnosti za njihovo uporabo.

Zemlja in kamniti masivi

Geotermalna energija

Toplota, akumulirana v zemlji in kamnitih masivih, predstavlja zanesljiv vir toplote, katerega prednost je njegova konstantna vrednost razpoložljive toplote. Tla imajo od globine 10 do 12 m relativno konstantno temperaturo od 8 do 12 °C. Količina toplote, ki jo lahko odvezamo, je odvisna od številnih dejavnikov. Najboljša so vlažna ilovnata tla, nekaj manj peščena. Akumulacijska sposobnost zemlje je največja v zelo vlažnih tleh z velikim deležem mineralnih snovi in z malo porami (Dvoršak, 2010). Toplotni odvzem s talnim kolektorjem v povprečju znaša (Bajs, 2010):

- v suhih, peščenih tleh 10 W/m²,
- v vlažnih, peščenih tleh 15–20 W/m²,
- v suhih ilovnatih tleh 20–25 W/m²,
- v vlažnih ilovnatih tleh 25–30 W/m²,
- v zelo mokrih ilovnatih tleh 30 W/m².

Vaja

Izračunajte površino talnih kolektorjev za ogrevanje pasivne hiše s površino bivalnih prostorov 150 m² s porabo energije pri njeni največji dovoljeni porabi za pripravo sanitarne vode in ogrevanje, če predpostavljamo, da je največja poraba energije 5-kratnik povprečne porabe v 4000 urah, ko stanovanje ogrevamo. Kolektorje polagamo v vlažnih ilovnatih tleh.

Odvzem toplote zemlje se izvede tako, da se v izkopani kanal položi cevni kolektor zaprtega sistema, ki predstavlja uparjalnik in ga je potrebno položiti v eni ali več plasteh. Cevi so lahko položene v obliko spirale, vzporedno ali na druge načine. V ceveh kroži delovno sredstvo, ki ga zemlja ogreje za nekaj stopinj. Sistem je potrebno izvesti tako, da izkoriščanje toplote ne vpliva na

floro. Pred izvedbo je potrebno preveriti nivo podtalnice, velikost zemljišča ter urbanistično ureditev prostora. Če je prisotna podtalnica, je treba cevi položiti nad njenim nivojem. Površina zemlje za vgradnjo cevi naj ne bo prekrita (asfaltirana) ali zasenčena. Nad cevmi ne sadimo rastlin z globokimi koreninami, energijo v tleh pa bodo obnovile padavine in sončno sevanje. Povprečni odvzem toplote iz zemlje na globini 1,5 do 2 m znaša 15 do 40 W/m². Za 1 kW potrebne toplotne moči potrebujemo 20 do 40 m² površine, v katero položimo kolektorje z medcevnim razmakom 0,5 do 0,7 m.



Slika 51: Primer delovanja toplotne črpalke, ki izkorišča akumulirano zemeljsko energijo kot vir toplote

Vir: Bajš, 2010

Osnovne smernice, ki jih je potrebno upoštevati pri postavitvi geotermalne sonde za izkoriščanje energije tal:

- idealna so vlažna ilovnata tla,
- ne smemo narediti drenaže za odtok deževnice, saj bi s tem preprečili regeneracijo tal,
- površina, kjer so zemeljski kolektorji, ne sme biti asfaltirana (določeni deli so mogoči),
- izogniti se moramo nasadom z globokimi koreninami,
- mešanica sredstva proti zamrznitvi mora biti približno 30 % in mora biti odporna do temperature $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Če je v mešanici prevelik odstotek sredstva proti zamrznitvi, specifično oddajanje toplote pade.

Pri nas manj razširjen način je izkoriščanje toplote, akumulirane v kamnitih masivih. Značilnost teh sistemov je črpanje toplote iz globine kamnin. Potrebne so sorazmerno globoke energetske vrtine, v katere dovajamo vodo ali kakšen drug prenosni medij. V notranjosti kamnin se voda segreje ter se po vzporedni vrtini segreti vrača na površje. Ta vir toplote je zanesljiv, vendar je investicijsko zahtevnejši, predvsem zaradi izvedbe vrtin. Globina in premer ene ali več energetskih vrtin sta odvisni od potrebe objekta po ogrevanju in moči vgrajene toplotne črpalke.



Slika 52: Primer delovanja toplotne črpalke, ki izkorišča akumulirano energijo kamnin kot vir toplote

Vir: Bajs, 2010

Odvizno od lastnosti zemlje se lahko povprečno odvzame 50 do 100 W/m dolžine sonde oziroma globine tal. Odvzem toplote je odvisen od tipa tal, kjer delamo globinsko sondo, in sicer v povprečju znaša:

- v suhih peščenih tleh 20 W/m,
- v vlažnih peščenih tleh 40 W/m,
- v vlažnih kamnitih tleh 60 W/m,
- v tleh s podtalnico 80–100 W/m.

Podtalna voda

Pri izkoriščanju podtalnice v energetske namene vodimo talno vodo s pomočjo potopne črpalke skozi uparjalnik, ki hladi talno vodo, kar pomeni, da ji odvzame toploto. Tako pridobljena toplota v uparjalniku prestopi na delovni medij oziroma hladilno sredstvo. S pomočjo električne energije, ki jo potrebujemo za pogon kompresorja, stisnemo hladilno sredstvo na višji tlačni in temperaturni nivo. V kondenzatorju prenese hladilno sredstvo toploto na greto vodo. Da lahko koristimo podtalnico, je potrebno zgraditi dva vodnjaka, in sicer enega za črpanje in enega po katerem vračamo vodo nazaj pod površje. Pred uporabo podtalnice je potrebno preveriti, kakšna sta pretok in temperatura vode, na osnovi česar določimo toplotno moč vira. Talna voda mora imeti pretok vsaj 2 m³/h, kar je lahko na globini 5 m ali več. V vrtino potisnemo cev, v katero vgradimo potopno črpalke, ki jo povežemo s toplotno črpalke. Med obratovanjem nam potopna črpalke potiska vodo v toplotno črpalke, ki odvzame toplotno energijo vodi in jo ohlajeno za 5 °C spusti po drugi, nekaj metrov oddaljeni vrtini, nazaj v podtalnico. Pomembna je tudi globina, na kateri je razpoložljiva voda, kajti cena vrtine z globino močno narašča. S kemično analizo je potrebno preveriti sestavo vode, saj agresivna voda zahteva posebne izmenjevalce toplote, kar še dodatno podraži investicijo. Preveriti je potrebno tudi smer, v katero teče podtalnica. Ponorni vodnjak mora biti na razdalji od 15 do 20 m za sesalnim, gledano v smeri toka vode. Podtalnica je torej zaradi relativno visoke temperature idealen vir toplote, saj z njo dosegamo visoka grelna števila. Problem pa predstavlja pomanjkanje čiste pitne vode, s katerim se v razvitem svetu vse pogosteje soočamo. Zato je pred izvedbo sistema potrebno od pristojnih upravnih organov pridobiti dovoljenje za uporabo in izkoriščanje voda (Dvoršak, 2010).



Slika 53: Primer delovanja toplotne črpalke, ki izkorišča podtalnico kot vir toplote
Vir: Bajš, 2010

Pri povprečni temperaturi vode v podtalnici 10 °C potrebujemo za 1 kW energije toplotne črpalke pretok 150–180 l podtalnice/h.

Izkoriščanje toplote površinskih voda

Ogrevanje s toploto površinskih voda ne predstavlja velikega posega v okolje, seveda pa mora biti izpolnjen pogoj, da je v bližini na razpolago primerna površinska voda. Voda se v jezerih, počasi tekočih rekah in morjih preko pomladi in poletja ogreva, pozimi pa počasi ohlaja in je na določenih globinah dokaj konstantna. Uporablja se zaprt sistem odvzema toplote. Kolektor položimo na dno vodnega zajetja, jezera ali druge vodne površine in ga moramo pritrditi z utežmi, njegovo dolžino pa prilagodimo energetskim potrebam objekta. Sistem je zasnovan na kroženju nestrupenega sredstva, ki ga z obtočno črpalko vodimo od kolektorja, v katerem se za nekaj stopinj ogreje, do toplotne črpalke, ki mu toploto odvzame. Sistem obratuje tudi, ko se temperatura vode približuje ničli (Dvoršak, 2010).

4.1.4.3 Izbor toplotne črpalke

Izbor toplotne črpalke je odvisen od energetskih potreb objekta, razpoložljivega vira toplote ter od odločitve, kolikšen odstotek letnih energetskih potreb objekta naj bi pokrila toplotna črpalka. Iz tega razloga izberemo pri zahtevnih objektih toplotno črpalko moči 40 do 60 % maksimalne moči ogrevanja, ki pa vseeno pokrije relativno visok odstotek letne rabe energije za ogrevanje. Toplotna črpalka z močjo enako maksimalni potrebni moči objekta pride v poštev le pri energetsko varčnih objektih. Pri sistemu s toplotno črpalko, ki ne pokrije vseh energetskih potreb objekta, je potrebno zagotoviti dodatno ogrevanje, ki se naj vklopi samodejno, ko toplotna črpalka ne zmore več vzdrževati zahtevane temperature. Toplotna črpalka in dodatni vir tako delujeta istočasno. Ko je nastavljena temperatura dosežena, se dodatni vir izklopi in toplotna črpalka nadaljuje ogrevanje sama. Poleg tehničnih zahtev pa je potrebno preveriti tudi, kakšna je električna priključna moč in prostor, ki ga imamo na razpolago za postavitev toplotne črpalke in hranilnika toplote.

To so pravzaprav osnovni napotki za izbor toplotne črpalke. Za optimalno dimenzioniranje toplotne črpalke je treba narediti natančen izračun toplotnih izgub zgradbe, določiti hladilno moč in potrebe po topli sanitarni vodi. Izbrati je potrebno primeren ogrevalni sistem, režim in način obratovanja

toplotne črpalke ter določiti najprimernejši vir toplote. Tako lahko v obmorskih krajih za monovalentno obratovanje uporabimo zrak, v osrednji Sloveniji, kjer so projektne temperature $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ in nižje, pa moramo za monovalenten način obratovanja toplotne črpalke predvideti drugi vir. Optimalni režim ogrevalnega sistema je $40/35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ali celo nižji, maksimum naj ne bi presegel $50/40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Posebne izvedbe toplotnih črpalk obratujejo z visokim grelnim številom tudi v temperaturnih režimih, pri katerih znaša temperatura dvižnega voda do $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Dvoršak, 2010).

Ekonomski in okoljski vidik toplotnih črpalk

Sistemi s toplotnimi črpalkami so običajno izvedeni tako, da omogočajo ogrevanje in hlajenje objektov, kar je iz energetskega, ekološkega in investicijskega vidika najugodnejša rešitev. Naložba v toplotne črpalke je ekonomsko posebej zanimiva pri večjih objektih, kot so trgovine, športni objekti, hoteli, ki so vsi veliki potrošniki energije. Uporaba toplotnih črpalk pomeni poleg direktnega prihranka za uporabnika tudi širšo družbeno korist. Investicije v toplotne črpalke ne prinašajo le visokih energetskih prihrankov, temveč tudi občutno znižanje onesnaževanja ozračja z žveplom, ogljikovim dioksidom, dušikovimi oksidi in sajami.

Toplotne črpalke vsekakor odlikuje učinkovita raba energije, saj je z njimi možno izkoriščati nizkotemperaturne toplotne vire. Trenutno največjo oviro glede številčnosti uporabe predstavljajo večji začetni investicijski stroški v primerjavi z ostalimi viri toplote za sisteme ogrevanja. Pri tem pa ne smemo pozabiti, da so skupni stroški pogona mnogo manjši. Strošek investicije v različne toplotne črpalke je prikazan v spodnji preglednici (Grobvšek, 2010).

Tabela 19: Strošek investicije (EUR/kW) različnih toplotnih črpalk, njihova toplotna moč in letno grelna število

Vir toplote	Toplotna moč (KW)	Letno grelna število (β)	Stroški (EUR/kW)
zunanji zrak	4–5	2,0–2,5	900–1200
zunanji zrak	100–5000	2,2–2,5	700–1000
zemlja	7–400	2,3–2,7	800–1000
podtalnica	7–400	2,4–2,8	300–1100
površinske in morske vode	10–25.000	2,4–3,3	345–1100

Vir: Grobvšek, 2010

Zaradi ekonomičnega pogona toplotne črpalke jo prištevamo med ekološko zelo spremenljive naprave za sisteme ogrevanja. Vsekakor pa je potrebno tudi upoštevati, da se za pogon kompresorjev uporablja električna energija in porabi še določena količina energentov za dodatni vir toplote (olje, plin). Iz tega razloga je najprimernejša varianta uporaba plina za pogon kompresorja v plinskem motorju in tudi uporaba plina kot dodatnega vira toplotne energije.

Sistemi s toplotnimi črpalkami omogočajo energetsko, ekološko in investicijsko ugodno ogrevanje in hlajenje objektov. Za delovanje sistema je potrebno zgolj 25 % pogonske energije, zato lahko toplotna črpalka za le $\frac{1}{3}$ stroškov ogreva eno– ali večdružinsko hišo vseh 24 ur na dan. Potrebuje le zadostno količino toplote in ustrezen temperaturni nivo grelnega medija. Uporaba toplotnih črpalk ne pomeni le neposrednega prihranka za uporabnika, temveč je tudi širše koristna za človeško družbo. Povprečno gospodinjstvo s štirimi člani denimo letno porabi okoli 4000 kWh, da vsak dan ogreje približno 200 litrov sanitarne vode na $55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Z uporabo toplotne črpalke bi porabo zmanjšali za dve tretjini, in sicer na 1200 kWh (Grobvšek, 2010, Dvoršak, 2010).

Investicije v toplotne črpalke ne prinašajo le visokih energijskih prihrankov, temveč tudi občutno znižanje onesnaževanja ozračja z žveplom, ogljikovim dioksidom, dušikovimi oksidi in sajami. Najnoveše meritve so pokazale, da toplotna črpalka porabi med 30 in 50 % manj primarne energije kot oljni in kondenzacijski kotli. Prav tako je veliko manjša, tudi do 60 %, emisija CO_2 in drugih škodljivih plinov (Dvoršak, 2010).

Razmislite

1. Pojasnite kriterije, ki jim mora ustrezati stavba za uvrstitev v energetske varčno zgradbo – pasivna hiša. Analizirajte možnosti za postavitve pasivne hiše v domačem kraju s pomočjo pasivne izrabe sončne energije.
2. Analizirajte učinkovitost različnih vrst sončnih kolektorjev in razložite princip prenosa toplote sončnega sevanja do medija za prenos toplote v njih.
3. Pojasnite potrebo po zadostnem hranilniku toplote za učinkovito izrabo sončne energije pri sončnem kolektorju za ogrevanje sanitarne vode.
4. Razložite princip izkoriščanja sončne energije v fotovoltaičnih sistemih za proizvodnjo električne energije.
5. Analizirajte različne fotovoltaične module glede uporabljenega materiala za proizvodnjo in primerjajte izkoristke prejete sončne energije posameznega materiala.
6. Razložite princip delovanja toplotnih črpalk. Analizirajte razlike med kompresorsko in absorpcijsko toplotno črpalko.
7. Primerjate različne medije za izkoriščanje toplote okolice za ogrevanje sanitarne vode in stavb preko toplotnih črpalk.

POVZETEK

Kot smo lahko spoznali v tem poglavju, lahko prejeta energijo Sonca izkoriščamo na mnogo načinov. Glede na to, da je to izredno čist vir energije, ki je na razpolago kjerkoli, je smiselno razmišljati o uporabi sistemov za izkoriščanje te energije. Energijo Sonca lahko izkoristimo že s samo akumulacijo s pravilno postavitvijo stavb in primerno zasteklitvijo južnih in severnih delov. Pravilna postavitve in naklon strehe omogoča nove možnosti za izkoriščanje sončne energije preko kolektorjev in fotovoltaičnih sistemov. Toploto, ki jo prejmejo zrak, zemlja, voda in naša okolica pa lahko izkoriščamo preko sistema toplotnih črpalk. Na razpolago imamo torej številne možnosti, s katerimi na okolju prijazen način pridobivamo energijo.

4.2 IZKORIŠČANJE BIOMASE

Z vidika zaključenega kroga CO₂ pri energetske oskrbi je biomasa zanimiv energetski vir. Rastlinski svet namreč akumulira energijo Sonca preko procesa fotosinteze v organsko maso, ki pri biološki razgradnji ali gorenju to energijo oddaja v obliki toplote. Biomasa kot vir energije lahko uporabljamo v manjših ali večjih energetskih pretvorbah, kar je opisano v nadaljevanju tega poglavja. Za Slovenijo je glede na veliko gozdnatost zelo zanimivo izkoriščanje lesa, ki ga lahko uporabljamo za ogrevanje že v enostanovanjskih hišah ali pa v velikih sistemih za daljinsko ogrevanje. Zadnja leta se pri nas širi tudi proizvodnja bioplina v velikih bioplinskih reaktorjih, v energetiko pa uvrščamo tudi pridobivanje biodizla, etanola in drugih energetskih surovin. V nadaljevanju tega poglavja so opisane zahteve in tehnologije pridobivanja energije iz biomase.

4.2.1 Les

Les kot energetski vir lahko uporabljamo na različne načine in v različnih oblikah. V preteklosti smo ga uporabljali predvsem kot polena za ogrevanje manjših stavb, z razvojem tehnologije izrabe in priprave lesa kot energenta pa se je njegova uporabnost močno razširila. Tako danes uporabljamo les kot vir energije v obliki polen, stiskancev, sekancev ipd.

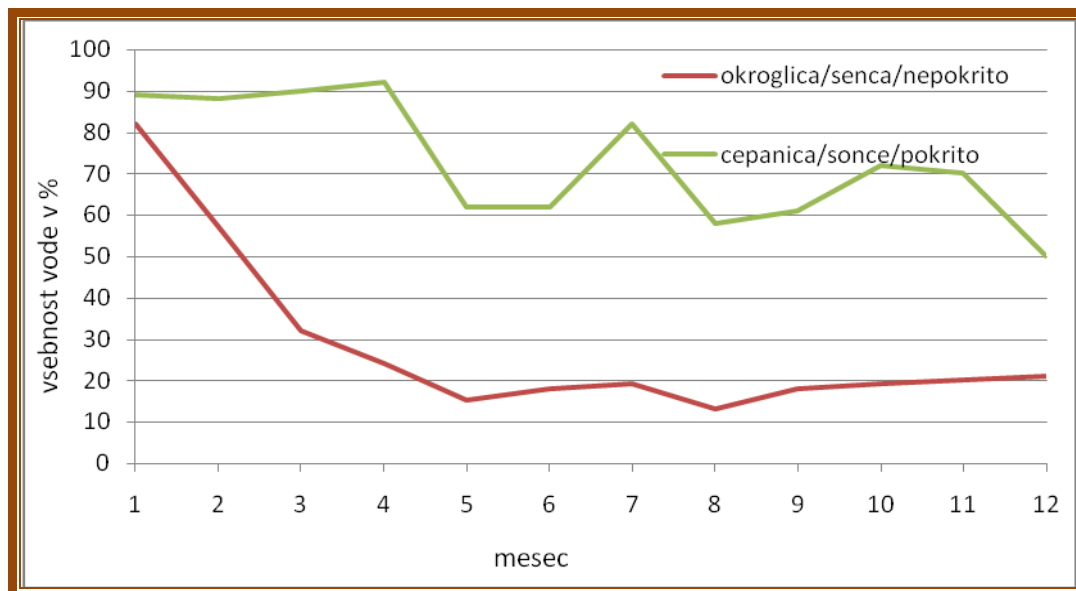
4.2.1.1 Polena

Polena predstavljajo najbolj tradicionalno rabo lesne biomase, saj se uporabljajo že stoletja. So razcepljeni in razžagani kosi lesa, dolgi od 30 cm do 1 m, ki jih pridobivamo direktno iz okroglega lesa običajno slabše kakovosti. Tehnologija pridobivanja (cepljenje in razžagovanje) je znana in enostavna, med pomanjkljivosti pa spadajo dolgotrajno sušenja (6 mesecev), velik skladiščni prostor in težave pri avtomatizaciji rabe. Merska enota polen je prostorninski meter (prm), kar predstavlja skladovnico v obliki kocke s stranicami 1 m.



Slika 54: Skladovnica polen, namenjena razžagovanju na primerno dolžino
Vir: Lasten

Pravilno sušenje in skladiščenje lesa bistveno vpliva na vsebnost vode v lesu in na ohranjenost letega, kar vpliva na njegovo kurilno vrednost. Za pripravo lesa v energetske namene moramo upoštevati pomen nizke vlage v materialu. Zato ga sekamo pozimi ali zgodaj spomladi (pred pričetkom vegetacije), saj tedaj vsebuje najmanj vlage. Posekan les razžagamo na metrska drva in jih razcepimo, saj se cepanice sušijo bistveno hitreje kot okrogel les. Cepanice zložimo na suho in sončno lego, da se pred sežigom hitreje zračno posušijo.



Slika 55: Različna vsebnost vode v polenih glede na razcepljenost in mesto sušenja
Vir: Kopše s sod., 2005

4.2.1.2 Sekanci

Sekanci so strojno drobljen (mlet, nasekan) les, ki ga v lesnopredelovalni industriji proizvajajo že skoraj desetletje. V zadnjem času postajajo zanimivi tudi mobilni sekalniki, ki jih lahko priključimo na traktorje in so tako uporabni kar na terenu. Običajno sekance pridobivamo iz drobnega lesa, lesa slabše kakovosti ali iz lesnih ostankov. Kakovost sekancev je najbolj odvisna od kakovosti vhodne surovine ter deloma od tehnologije drobljenja. Merska enota sekancev je nasuti meter (nm^3), pri čemer velja, da en nasuti meter tehta od 200 do 300 kg, odvisno od vrste lesa, homogenosti kosov in vlage v lesu.



Slika 56: Za kurjavo pripravljene lesni sekanci
Vir: Lasten

Tudi za lesne sekance velja, da količina vlage vpliva na njihov energetski izkoristek. Najboljši izkoristek dajo sekanci, ki so pridobljeni iz zračno suhega lesa z vlago pod 20 %, pri čemer se lahko trajno skladiščijo. Sekanci z vlago do 30 % so le delno obstojni, z višjo vlago pa so izpostavljeni trohnenju, gnitju in razgradnji. Običajno se sekanci v skladišču (zalogniku) ne sušijo, zato jih je potrebno izdelati iz primerne materiala s pomočjo sekalnikov (Kopše s sod., 2005).

4.2.1.3 Stiskanci

Med stiskance uvrščamo pelete in brikete, saj sta obe obliki pridobljeni na način stiskanja majhnih lesenih delov.

Peleti

Peleti so stiskanci, narejeni iz čistega lesa, ki jih pridobivamo z industrijskim stiskanjem suhega lesnega prahu in žaganja, kjer se pri stiskanju uporablja le visok tlak in para, za izboljšanje mehanske trdnosti pa se jim lahko doda 1–3 % krompirjevega ali koruznega škroba (Kopše s sod., 2005). Zaradi stiskanja pri visokem tlaku imajo večjo gostoto kot les in zato višjo kurilnost. Običajno so valjaste oblike premera do 8 mm in dolžine do 50 mm. So zelo sipki, zato so enostavni za pakiranje in transport.

Tehnologijo izdelave pelet razdelimo v več faz (Kopše s sod., 2005):

1. Zbiranje surovine
Na ustrezno velikem skladišču se zbira lesne ostanke, odpadni les, lesno biomaso neposredno iz gozda ali negozdskih površin. Ta material je večinoma zelo nehomogen. Natančno sortiranje v skladišču ni potrebno, saj gre vsa surovina v nadaljnje mletje in sušenje. Priporočljivo pa je ločeno zbiranje žagovine in lesnega prahu (v kontejnerjih).
2. Grobo drobljenje
Kosovni material predhodno zmeljemo ali sesekamo z ustreznim sekalnikom ali mulčerjem.
3. Sušenje
Vsebnost vode v vhodni lesni biomasi naj ne bi presegala 15 %, saj umetno sušenje poveča stroške proizvodnje (večja začetna investicija ter večja poraba energije). Kljub temu pa je zaradi lastnosti pelet bolj ekonomično sušenje vhodne surovine kot naknadno sušenje pelet. Stroškom sušenja lesne biomas se lahko izognemo le, če za izdelavo pelet uporabljamo suhe ostanke sekundarne in terciarne predelave lesa. Teh ostankov je manj in se največkrat že uporabijo v energetske namene na mestu nastanka. Največ je ostankov primarne predelave (žagovina, manjši kosovni odpadki), pri katerih je vsebnost vode višja in zato je potrebno dodatno sušenje. Najpogostejši so bobenski sušilniki. Način sušenja lesne biomase je zelo pomembno vprašanje, saj vpliva tako na porabo energije kot tudi na skupne stroške proizvodnje. Pri umetnem sušenju se porabi do 14 % v lesu uskladiščene energije.
4. Fino drobljenje
Optimalna velikost surovine, ki vstopa v predelavo, je manj kot 4 mm. Pomembno je, da je material homogen in ne vsebuje večjih delcev. Za fino drobljenje se najpogosteje uporablja kladivni drobilnik ali iverilnik.
5. Kondicioniranje in mešanje
S tem postopkom pripravimo surovino za končno obdelavo v peletirki. V mešalniku se lesni prah segreva in navlaži (nasičena para ali voda), temperatura pa doseže 70 °C. S tem postopkom vplivamo na zmogljivost stiskalnice, življenjsko dobo matrice, porabo energije ter na kvaliteto pelet.
6. Stiskanje
Stiskanje pelet poteka v peletirnih napravah (peletirka). Najpogostejše so krožne matrične peletirke. Deli za stiskanje so pri krožni stiskalnici krožna matrica ter kolesa, ki se vrtijo znotraj matrice in potiskajo ustrezno pripravljen materil skozi odprtine (stiskalni kanali) cilindrično oblikovane matrice. Zmogljivosti stiskalnic so zelo različne in se gibljejo od 500 kg do 3,5 t pelet na uro, kar je odvisno od števila in dolžine kanalov v matrici. Priporočljivo je čim več stiskalnih kanalov (lukenj) na enoto..
7. Hlajenje in sušenje
Vroče, vlažne in mehke pelete se s pomočjo dovajanja hladnega zraka ohlajajo in tudi sušijo. Lesni prah, ki ni vezan v peletih, ločujemo od pelet s pomočjo ciklona in ga vračamo v prostor za kondicioniranje in mešanje.

8. Skladiščenje/nakladanje

Zaradi relativno visoke absorptivnosti je pomembno pravilno skladiščenje pelet in sicer v zaprtih silosih ali zalogovnikih. Za večje uporabnike poteka transport pelet v razsutem stanju z vlaki ali kamioni.

9. Pakiranje

Za individualno rabo se lahko pelete pakira v manjše embalaže, in sicer v vreče po 10–15 kg ali v večje big-beg vreče (1 m³).

Poraba energije pri izdelavi pelet je odvisna od tehnologije drobljenja, sušenja (če je to potrebno) in samega stiskanja v peletirki. V celotnem postopku izdelave lesnih pelet naj bi se porabilo od 8 do 13 % energije, ki je uskladiščena v peletih. Poraba energije se poveča, če za izdelavo uporabljamo svež les iz gozdov (vsebnost vode v svežem lesu je 40–60 %), in sicer za kar 15 do 25 %.

Briketi

Briketi so večji stiskanci, ki so narejeni s stiskanjem lubja, suhega lesnega prahu, žaganja, oblancev ter drugih neonesnaženih lesnih ostankov. Narejeni so na enak način kot peleti, torej s pomočjo visokega pritiska in pare. Za stiskance (brikete in pelete) je značilno, da so enakih dimenzij, kar je bistvena prednost pri avtomatskem doziranju goriva v zalogovnik oz. kurišni prostor. Merska enota stiskancev je nasuti meter (nm³) ali kg.



Slika 57: Lesni briketi, namenjeni za pridobivanje toplotne energije

Vir: Lasten

Iz enega m³ lesa dobimo v povprečju 1,4 prm cepanic oziroma 3 nm³ sekancev. 1 prm lesa ustreza v povprečju 1,75 nm³ sekancev. Razmerja med posameznimi oblikami lesne biomase in merskimi enotami so podana v naslednji preglednici.

Tabela 20: Razmerja med različnimi prostorninskimi enotami

	Enote	Goli	Polena (1 m) (zložena)	Polena (30 cm) (zložena)	Polena (30 cm) (nasuta)	Lesni sekanci (<5 cm)
Enote		1 m ³	1 prm	1 prm	1 nasuti m ³	1 nasuti m ³
Goli	1 m ³		0,71	0,83	0,50	0,33
Polena (1 m) (zložena)	1 prm	1,40		1,20	0,70	0,46
Polena (30 cm) (zložena)	1 prm	1,20	0,85		0,60	0,40
Polena (30 cm) (nasuta)	1 nasuti m ³	2,00	1,40	1,67		0,66
Lesni sekanci (<5 cm)	1 nasuti m ³	3,00	2,10	2,55	1,50	

Vir: Kopše s sod., 2005

Vaja

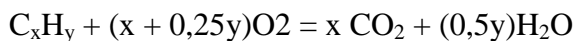
Izračunajte količino zračno suhih sekancev, ki jih potrebujemo za ogrevanje stanovanjske hiše z notranjo površino bivalnih prostorov 200 m^2 in porabo energije za ogrevanje 70 kWh/m^2 v enem letu. Primerjajte to količino tudi s količino polen, zloženih ali nasutih. Pri tem uporabite podatke o kurilni vrednosti lesa v poglavju Lesna biomasa.

Les kot vir energije je opisan v publikaciji: Ogrevanje z lesno biomaso na internetnem naslovu: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Publikacije/URE/URE1-08.htm>.

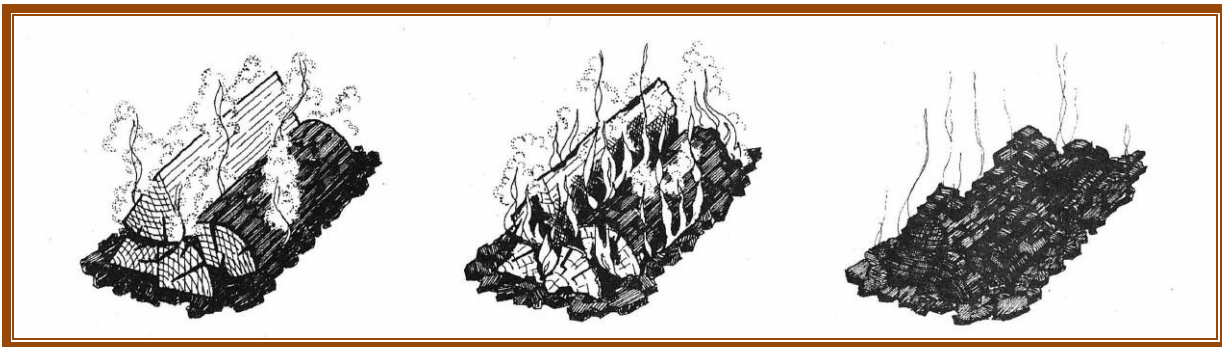
4.2.1.4 Zgorevanje lesne biomase

Na proces zgorevanja lesne biomase vplivajo fizikalne in kemične lastnosti lesa. Biomasa je sestavljena iz celuloze, hemiceluloze, lignina in veziva, vezanega ima več kisika in manj aromatičnih spojin kot premog. Kemična sestava vpliva na količino hlapnih snovi, količino sproščene toplote in na kemične reakcije pri izgorevanju. Les sestavlja povprečno 45 % celuloze, 30 % hemiceluloze in 25 % lignina. Najpomembnejši fizikalni lastnosti lesa pa sta vlaga in gostota.

Zgorevanje lesa je fizikalno-kemični proces spajanja gorljivih sestavin lesa s kisikom iz zraka, pri katerem se sprošča toplota. Zgorevanje lahko zapišemo z enačbo:

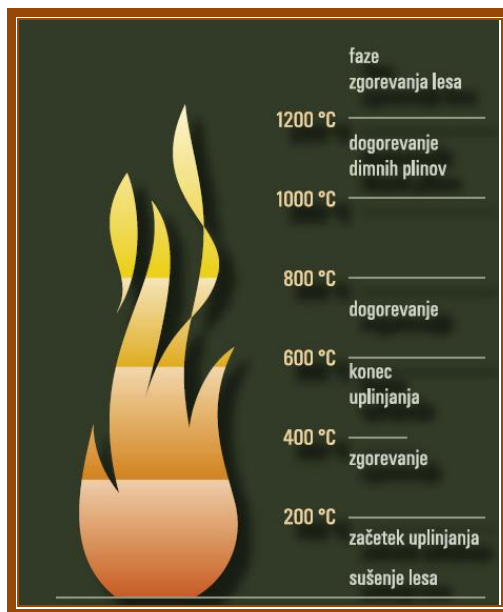


Zgorevanje poteka v več fazah. V prvi fazi se les segreva, suši in prihaja do pirolize lesa pri dovedu primarnega zraka. Prva faza poteka pri temperaturi do $500 \text{ }^\circ\text{C}$. V drugi fazi prihaja do oksidacije plinov pri temperaturi med 800 in $1200 \text{ }^\circ\text{C}$. Z dovodom sekundarnega zraka povzročimo intenzivno vrtnčenje, kar omogoča kakovostno izgorevanje. V tretji fazi poteka oksidacija oglja (Butara s sod., 1998, Kopše s sod., 2005).



Slika 58: Večfazno izgorevanje lesne biomase: segrevanje, sušenje in piroliza (levo), oksidacija plinov (na sredini) in oksidacija oglja (desno)

Vir: Butara s sod., 1998

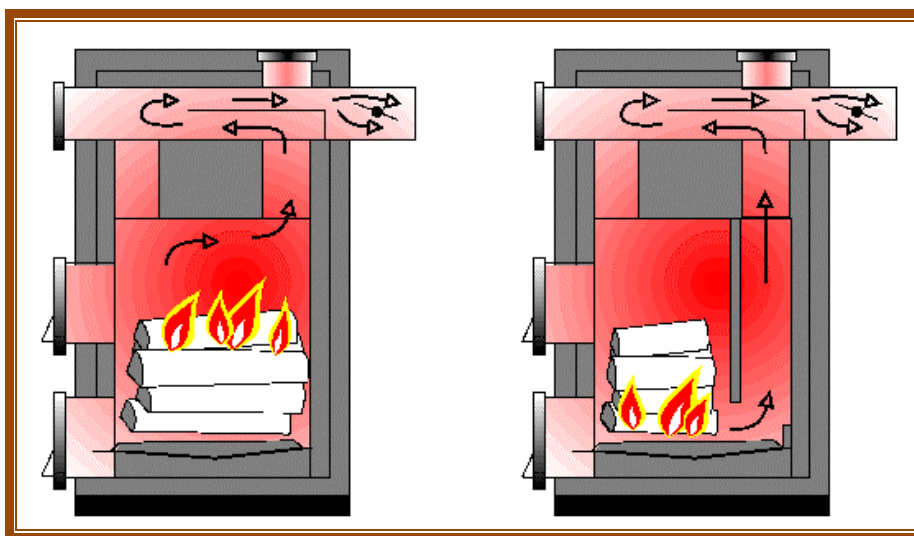


Slika 59: Faze zgorevanja lesa in tipične temperature teh faz
Vir: Kopše s sod., 2005

Poleg kurilne vrednosti lesa sta pri izgorevanju pomembna tudi način in dosežena najvišja temperatura zgorevanja. Tu so razlike med drevesnimi vrstami velike, vendar na splošno velja, da listavci gorijo pri nižjih temperaturah kot iglavci. Najvišje temperature zgorevanja se gibljejo med 770 in 1200 °C.

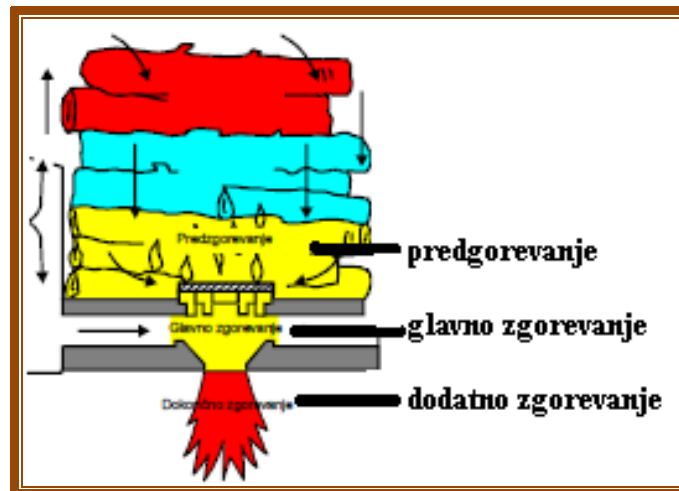
4.2.1.4.1 Tehnike zgorevanja lesa

Poznane so različne tehnike zgorevanja lesa. Najstarejši način je zgorevanje na klasični rešetki. Ta tehnologija je še vedno aktualna pri individualnih (hišnih) napravah do moči 500 kW, pri manjših industrijskih napravah do 60 MW in pri uporabi zelene biomase. Zgorevanje na klasični rešetki lahko poteka z zgornjim ali s spodnjim odgorevanjem. Pri zgornjem gori le zgornji del v kurišču. Pri obeh sistemih vstopa zrak skozi rešetko, sekundarni zrak pa se dovaja v zgorevalno komoro v območje plinifikacije. Pri napravah s spodnjim odgorevanjem zgoreva hkrati le del kuriva, dokončno zgorevanje pa poteka v posebni komori. V obeh primerih se kot gorivo uporabljajo polena.



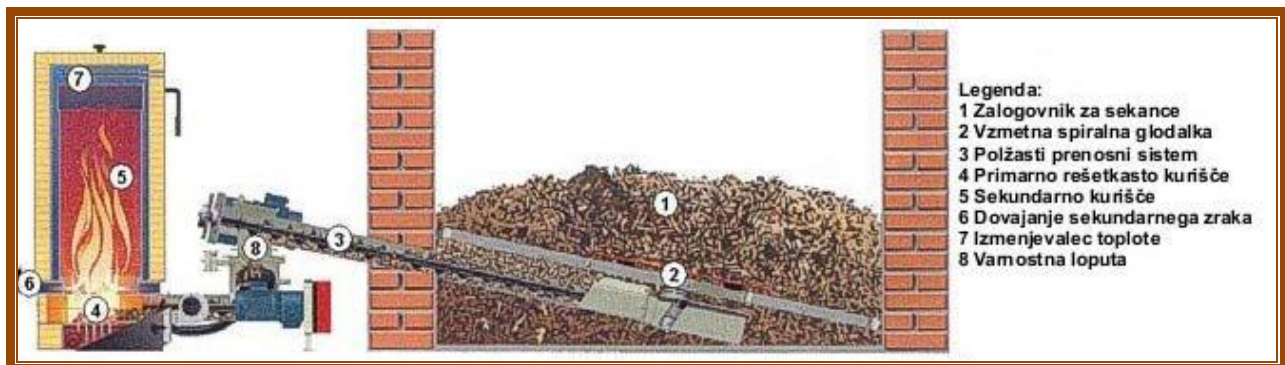
Slika 60: Peči z zgornjim (levo) in spodnjim (desno) odgorevanjem
Vir: Butara s sod., 1998

Nadgradnja teh kurilnih naprav je kurilna naprava z obrnjenim pretokom, kjer je kurišče posebej prezračevano. Takšno kurilno napravo polnimo s poleni z vrha, ventilator dovaja v kurišče svež zrak, tako da se v zgornjem delu kurišča les osuši, sledi faza uplinjanja lesa in prvega nastanka plemena, ko se vnamejo lahko gorljive snovi. Te naprave imajo namesto rešetke keramično ploščo, skozi katero se vrtničijo produkti zgorevanja v sekundarno komoro, kjer se mešajo s sekundarnim zrakom. V tej komori poteka proces glavnega zgorevanja pri temperaturi do 1100 °C, pri čemer gorijo tudi težko gorljive substance goriva. Produkti zgorevanja gredo skozi odprtino v keramični plošči, kjer se proces zgorevanja konča.



Slika 61: Shema kurilne naprave s prezračevanim kuriščem
Vir: Butara s sod., 1998

Nalaganje goriva enakomerne velikosti (sekanci, peleti, briketi ipd.) je mogoče avtomatizirati. Pri tem je pomembno enakomerno doziranje goriva, s čimer se izognemo nepopolnemu zgorevanju. Avtomatizirane naprave za kurjenje lesa so praviloma večje od nekaj 10 kW toplotne moči, lahko tudi do več 10 MW. Avtomatizirane naprave glede na lego kurišča delimo na kurilne naprave s kuriščem ob in pod kotlom (Butara s sod., 1998).



Slika 62: Avtomatizirana naprava za kurjenje lesa
Vir: Butara s sod., 1998

Po izgorevanju lesa ostane pepel, ki vsebuje v lesu vsebovane mineralne snovi, večje ali manjše količine mineralnih nečistoč ter del nezgorelega lesnega oglja. Delež pepela je odvisen od drevesnih vrst, delov drevesa in popolnosti izgorevanja. V čistem lesnem pepelu prevladujejo kalcij, magnezij, kalij, fosfor, silicij, natrij in majhen delež železa ter druge kovine. Zaradi tega v primeru uporabe neonesnaženega lesa ta pepel lahko uporabimo tudi kot gnojilo za rastline.

Tabela 21: Delež pepela v suhi snovi pri bukvi in smreki

Deli drevesa	Bukev (% pepela)	Smreka (% pepela)
Hlodovina	0,38	0,63
Lubje	2,18	3,2
Vejevje	1,23	1,88
Listje in iglice	5,45	5,13

Vir: Kopše s sod., 2005

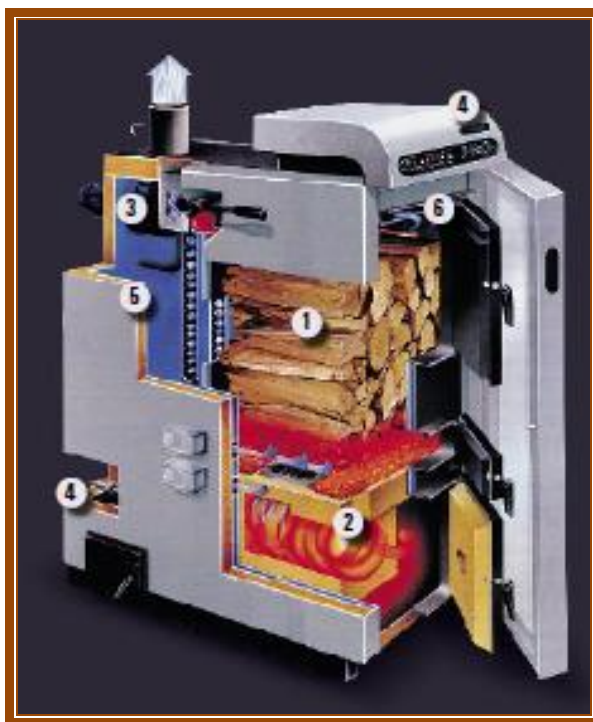
4.2.1.4.2 Izbira primerne kurilne naprave

Pri izbiri kurilne naprave moramo biti izredno previdni in pri tem upoštevati številne dejavnike, ki bodo kasneje vplivali na zagotavljanje potreb po energiji in omogočali največje izkoristke porabljene lesne biomase. To velja pri uporabi katerekoli naprave za kurjenje na les (keramične peči, kamini, štedilniki, kotli za centralno ogrevanje idr.) kakor tudi za katerekoli nazivne moči naprave (od nekaj 10 kW do preko 1 MW).

Za ogrevanje z lesom se v sodobni gradnji uporabljajo predvsem kotli na polena, lesne sekance ali na lesne pelete. Pred postavitvijo kotla je potrebno določiti optimalno moč kurilne naprave. Pri uporabi kurilne naprave na fosilna goriva je to vprašanje manj pomembno, saj se pri teh kurilnih napravah količina energije uravnava z dovajanjem količine goriva. Pri kurilnih napravah na les pa je potrebna minimalna količina goriva v peči za zagotavljanje optimalnega izgorevanja. Zaradi tega ne smemo uporabljati predimenzioniranega kotla. V kolikor uporabljamo kurilno napravo, ki je dimenzionirana na najvišjo potrebo, je le-ta polno obremenjena le nekaj dni letno. Večino časa deluje pri delni obremenitvi in na letnem nivoju ne preseže 50 % letne obremenjenosti. Zato je primerno, da nazivno moč kotla znižamo na 80 % maksimalne potrebne moči, saj s tem dvignemo obremenjenost kotla na letni ravni na okoli 62 %, kar je še posebej pomembno pri avtomatskih kurilnih napravah na sekance in pelete. Sodobni kotli namreč brez težav prenesejo kratkotrajno preobremenitev, ki jo v bistvu premostijo s pomočjo hranilnikov toplote.

Kotli na polena

Za ogrevanje enostanovanjskih hiš se običajno uporabljajo kotli na polena. V zadnjem desetletju je razvoj pri teh kotlih naredil izjemen napredek, s čimer se je izboljšala tehnologija zgorevanja lesa in zmanjšala količina nezaželenih emisij, povečala sta se še tudi izkoristek naprav in udobje uporabnikov.



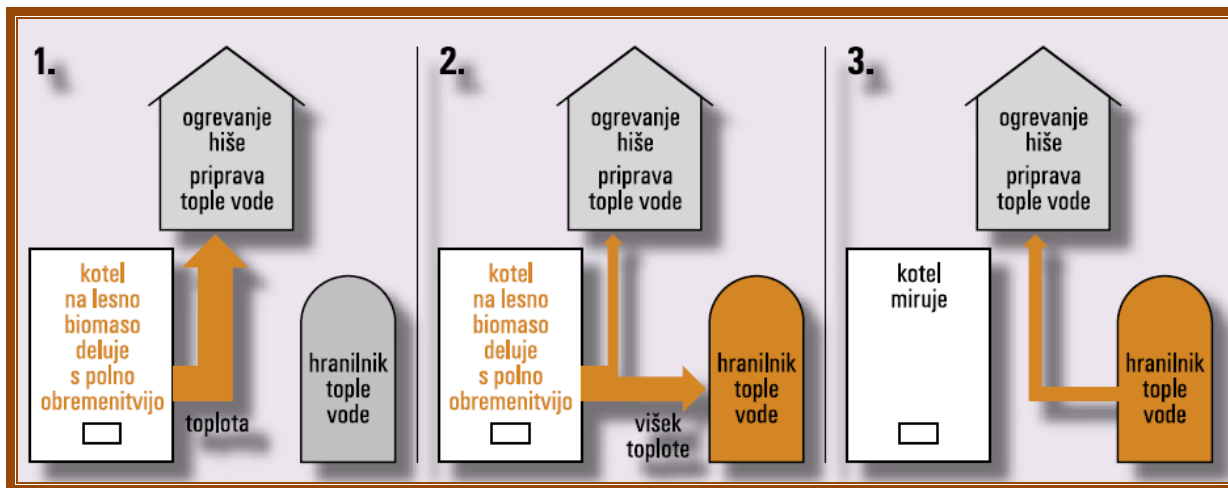
Slika 63: Sodoben kotel na polena
Vir: Kopše s sod., 2005

Sodobni kotli na polena imajo:

- povečan zalogovnik za polena in kurjenje 50 cm dolgih polen, kar podaljša obdobje gorenja enega polnjenja tudi na 12 ur (1),
- razmejitev procesa zgorevanja lesa na primarno in sekundarno, kar poveča izkoristek kotla na preko 90 %, les popolno izgori, kar zmanjša količino pepela na minimum (2),
- prisilni vlek s pomočjo vgrajenih ventilatorjev, kar izboljša učinek zgorevanja, s pomočjo uravnavanja prisilnega vleka se uravnava intenzivnost zgorevanja med 50 in 100 % moči kotla brez nevarnosti padca izkoristka kotla pod 90 % (3),
- elektronsko uravnavanje razmerja primarnega in sekundarnega zraka s pomočjo lambda sonde (4),
- dobro in temeljito izolacijo za zmanjšanje izgub kotla (5),
- prisilno sesanje dimnih plinov ob nalaganju peči (6).

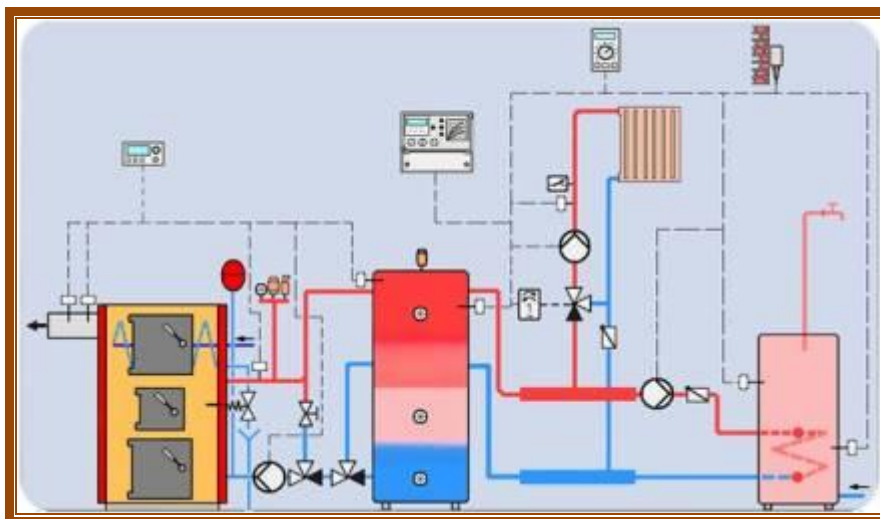
Za intenzivno gorenje in prisilno dovajanje zraka imajo sodobne peči dva različna sistema, in sicer prisilni vlek in nadtlačno tehnologijo. Pri slednji se v kotlu s pomočjo ventilatorja ustvari pritisk z vpihovanjem zraka v izgorevalni prostor in ta tlak potiska dimne pline v dimnik. Te peči zahtevajo dobro tesnjenje, sicer prihaja do uhajanja dimnih plinov v prostor. Zaradi tega se pogosteje uporabljajo peči s prisilnim vlekem (podtlačna tehnologija), ki imajo ventilator nameščen na izhodu dimnih plinov iz peči in jih vlečejo v dimnik. Zaradi ustvarjenega podtlaka v izgorevalni komori vanjo intenzivno vstopa zunanji zrak, kar pospešuje intenzivnost zgorevanja in kvaliteto gorenja. Slednja tehnologija je varnejša, saj pri njej ni nevarnosti uhajanja dimnih plinov iz kurilne naprave v prostor.

Za regulacijo moči in procesa gorenja imamo na razpolago dve metodi, ki se pri sodobnih kotlih kombinirata. To sta shranjevanje presežka toplote v hranilnikih toplote in vgrajevanje lambda sonde v kotel. Kotli na les ne morejo učinkovito spreminjati (zmanjševati) intenzivnosti gorenja, zato nastajajo presežki toplotne energije, ki jih lahko shranimo v hranilnikih toplote. To so izolirani vodni rezervoarji, ki prevzamejo presežke toplote, jih shranijo in jih oddajo kasneje v toplovodni sistem, ko kotel ne obratuje. Za učinkovito shranjevanje presežka toplote je potreben zadosten hranilnik le-te, ki naj bo 10-krat večji, kot je prostornina zalogovnika.



Slika 64: Pomen hranilnika toplote v sodobnih kotlih na les
Vir: Kopše s sod., 2005

Sodobni kotli imajo nameščeno tudi lambda sondo, ki meri preostanek kisika v dimnih plinih in preko tega podatka uravnava razmerje primarnega in sekundarnega zraka, kar izboljša izkoristek kotla. Sonda zazna vsako spremembo kakovosti goriva in dogajanja v peči in temu primerno spremeni dovajanje zraka. Za čim boljši izkoristek kotla je treba regulirati dovod zraka, da bo temperatura dimnih plinov čim nižja (do določene meje kondenzacije v dimniku), ostanek kisika v dimnih plinih čim manjši in čim manj ogljikovega monoksida.



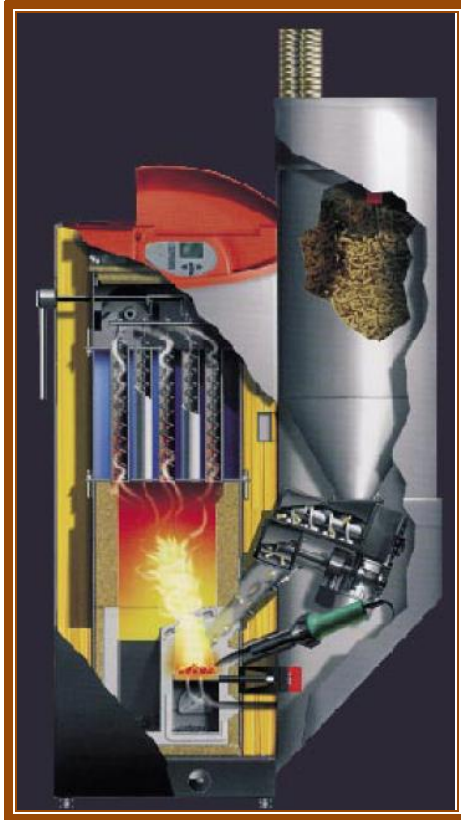
Slika 65: Hidravlična vezava sodobnega kotla
Vir: Butara s sod., 1998

Sodobni kotli na polena bodo delovali učinkovito le z dobro hidravlično vezavo vseh komponent ogrevalnega sistema. Pri tem povezujemo porabnike toplote s kurilno napravo in le-to s hranilniki toplote. S primerno avtomatiko delovanja bomo pridobljeno toploto učinkovito uporabili brez nepotrebnih izgub (Kopše s sod., 2005).

Avtomatizirani kotli na lesne sekance

Kotli na sekance predstavljajo enega od bolj izpopolnjenih sistemov ogrevanja z avtomatskim doziranjem goriva. Kotli na sekance delujejo tako, da se iz skladišča transportirajo sekanci preko transportnih polžev v kurišče kotla, kjer s pomočjo ustreznega krmiljenja poteka zgorevanje lesne mase. Dodajanje goriva je stalno in kontinuirano ter se prilagaja potrebam po toploti. Sodobni kotli

na sekance lahko delujejo ob nezmanjšanem izkoristku (nad 90 %) v razponu med 30 do 100 % nazivne moči.



Slika 66: Kotel na lesne sekance
Vir: Kopše s sod., 2005

Kotli na sekance imajo prostor za dovajanje in izgorevanje kuriva zasnovan kot retortno kurišče ali pa kot kurišče z rešetko in spodrivanjem kuriva. Retortno kurišče je zasnovano kot krožniku podobno kurišče, v katerem so luknjice za dovajanje primarnega zraka. Pri kurišču z rešetko pa polž podriva sekance na rešetko v šamotno kurišče, kjer potekajo vse faze gorenja. Slednji sistem je primeren tudi za sekance z vlago nad 35 % (sveži sekanci).

Nekateri sodobni kotli imajo vgrajen tudi sistem samovžiga, s čimer se stopnja udobja še poveča. Vžigalno napravo pri teh kotlih predstavlja fen vročega zraka, ki segreje lesno biomaso na preko 300 °C.

Sistem ogrevanja na lesne sekance je neizbežno povezan z zadostnim skladiščnim prostorom, ki mora biti z ognjevarno predelno steno ločen od kurilnice. Skladiščni prostor je lahko različno velik, vendar je pri manjših potrebno večkratno polnjenje. Zato je potrebno pri zasnovi kurilnice upoštevati porabo sekancev, ki jo pri pravilno dimenzionirani peči lahko izračunamo po formuli (Kopše s sod., 2005):

moč kotla (v kW) x 2,5 nm³ (mehki les s 30 % vlage) ali
moč kotla (v kW) x 1,5 nm³ (trdi les z 20 % vlage)

Kotli na pelete

Ti kotli predstavljajo najvišjo stopnjo razvoja ogrevanja na les in jih po stopnji udobja ogrevanja primerjamo z ogrevanjem na nafne derivate. Zaradi lastnosti goriva so primerni predvsem za kurilne naprave z omejenimi možnostmi skladiščenja goriva, saj je oskrba z gorivom podobna kot pri kurilnem olju zaradi sipkosti pelet.



Slika 67: Primer peči na pelete
Vir: Kopše s sod., 2005

Najpogostejši način dovajanja pelet v kotel je dovajanje s pomočjo podajalnega polža in poteka na enak način kot pri sekancih. V zalogovniku pelet ne potrebujemo mešala, saj ni nevarnosti, da bi se ustvaril zračni most znotraj mase, saj so peleti izredno sipki.

Za izračun ustreznega volumna letnega zalogovnika za pelete (enkrat letno polnjenje) uporabljamo sledečo formulo (Kopše s sod., 2005):

$$\text{zalogovnik (m}^3\text{)} = 0,9 \times \text{moč kotla (kW)}$$

Vaja

Izračunajte moč kurilne naprave na lesne sekance za ogrevanje stanovanjske hiše z notranjo površino bivalnih prostorov 200 m² in porabo energije za ogrevanje 70 kWh/m² v enem letu. Pri tem upoštevajte, da se v povprečju kuri 400 ur letno in da potrebujemo za premostitev najnižjih temperatur pozimi 5-kratno moč kotla glede na povprečno urno porabo energije.

4.2.2 Proizvodnja bioplina

Ena izmed možnih alternativ fosilnim gorivom je proizvodnja bioplina, ki ga lahko uporabljamo v enake namene kot zemeljski plin, torej za:

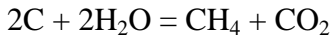
- proizvodnjo toplote,
- proizvodnjo električne energije in soproizvodnjo toplotne in električne energije,
- goriva za motorna vozila,
- pridobivanje vodika iz bioplina in nadaljnja poraba,
- proizvodnjo kemikalij.

4.2.2.1 Bioplin

Bioplin je zmes plinov, ki nastane pri anaerobnem vrenju v bioplinski napravi. Razkroj biomase in živalskih odpadkov poteka s pomočjo razkrojnih mikroorganizmov – bakterij in plesni. Nastajanje bioplina poteka v fermentacijski posodi, imenovani digester. V njej poteka štirifazni razkroj organske mase. V prvi fazi se razgradijo na manjše molekule (sladkorji, aminokisliline, glicerol in maščobne kisline) lahko razgradljivi in prebavljivi deli organske snovi, kar imenujemo hidroliza biopolimerov. Na drugi stopnji produkte prvostopenjske razgradnje resorbirajo bakterije in tvorijo

produkte vrenja (hlapne maščobne kisline, alkohol, ogljikov dioksid, vodik idr.). V pomembnem tretjem koraku (acetogeneza) se hlapne maščobne kisline razgrade do očetne kisline, H₂ on CO₂. V četrti stopnji pa anaerobne metanske bakterije iz produktov drugostopenjske in predvsem tretjestopenjske razgradnje tvorijo metanogene snovi, torej poteka pretvorba v metan in ogljikov dioksid.

Osnovna enačba anaerobne razgradnje biomase v digestorju se glasi:



Postopek poteka pri optimalni temperaturi okoli 38 °C. Pri tem procesu dobimo bioplin s kurilnostjo od 20 do 25 MJ/m³ (odvisno od sestave bioplina). Bioplin vsebuje:

- 50–75 % metana,
- 10–40 % ogljikovega dioksida,
- 1–3 % vodika,
- 0,1–0,5 % vodikovega sulfida,
- 0,5–2 % dušika,
- pod 0,1 % ogljikovega monoksida.

Na kvaliteto bioplina in njegovo kurilnost vpliva predvsem delež metana. Več kot ga vsebuje, boljši je bioplin (Jejčič s sod., 2009). Kurilna vrednost 1 m³ kvalitetnega bioplina znaša približno 6 kWh, kar zadošča za 1,8 kWh električne energije in približno dvakrat toliko toplote (AURE, 2011). Bioplin se le deloma razlikuje od zemeljskega plina. Razlikovanje je podano v spodnji preglednici.

Tabela 22: Primerjava bioplina z zemeljskim plinom

Lastnosti	Bioplin	Zemeljski plin
Kalorična vrednost (kWh/m ³)	4–7	9–11
Gostota (kg/m ³)	1,2	0,7
Vnetišče (°C)	700	650

Vir: Jejčič s sod., 2009

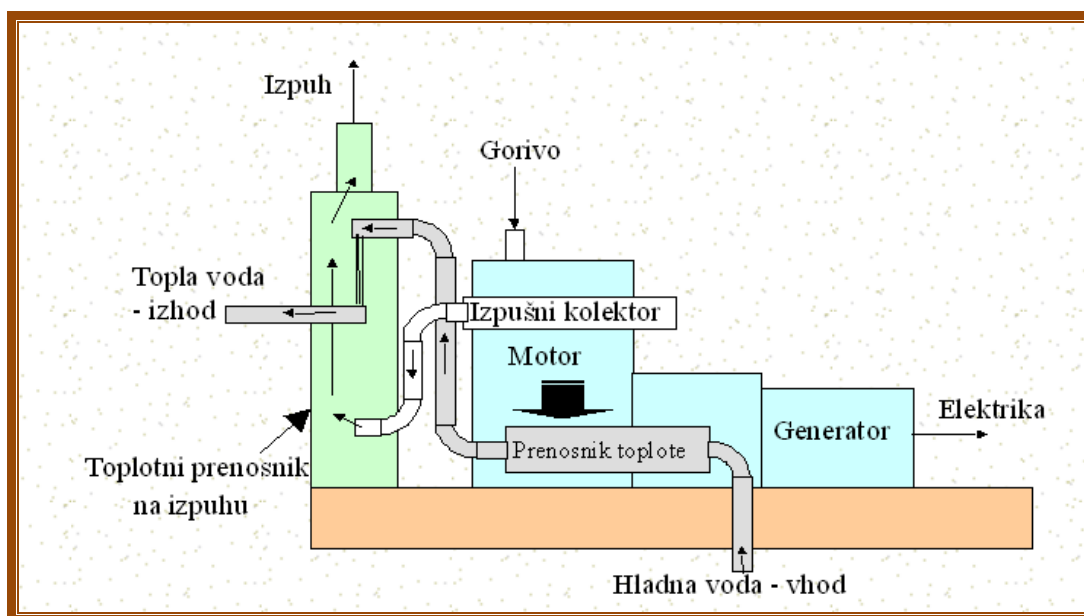
Po energijski vrednosti je 1 m³ bioplina s 60 % CH₄ in 40 % CO₂ enak (Lakota s sod., 2007):

- 0,6 l zemeljskega plina,
- 1,3 kg lesa,
- 5,9 kWh energije,
- 1 l alkohola,
- 0,7 kg premoga,
- 0,7 l bencina,
- 0,6 l utekočinjenega naftnega plina.

Na reprodukcijo mikroorganizmov in s tem na proces proizvodnje bioplina ima pomemben vpliv razmerje med ogljikom in dušikom v masi, ki se fermentira. Optimalno C : N razmerje je 1 : 10 – 16. Če je razmerje ožje, nastane manj metana in več vodika ter ogljikovega dioksida. Največ plina z visoko vsebnostjo metana dajejo maščobe, manj beljakovine, plin iz ogljikovih hidratov pa je siromašen z metanom. Pri gnojevki se računa, da se pri reakcijski temperaturi 32 °C proizvede 0,8 do 1 m³ plina na kilogram razgrajene oziroma 0,4 do 0,6 m³ plina na kilogram razpoložljive suhe organske snovi (Jejčič s sod., 2009). Temperatura je pri razgradnji substrata ključnega pomena – višja kot je, hitreje pride do razkrajanja substrata. Glede temperature v digestorju ločimo mezofilni in termofilni režim. Pri mezofilnem režimu poteka razgradnja biomase in nastajanje metana pri temperaturi organske mase v digestorju okoli 36 do 38 °C, pri termofilnem režimu pa pri 55 °C. Vzdrževanje konstantne temperature pri termofilnem sistemu porabi veliko več energije kot vzdrževanje mezofilnega režima, vendar je pri prvem sistemu velikost digestorja lahko manjša. Zaradi enostavnejše tehnologije se v glavnem gradijo digestorji za mezofilno okolje tehnološkega procesa (Lakota s sod., 2007).

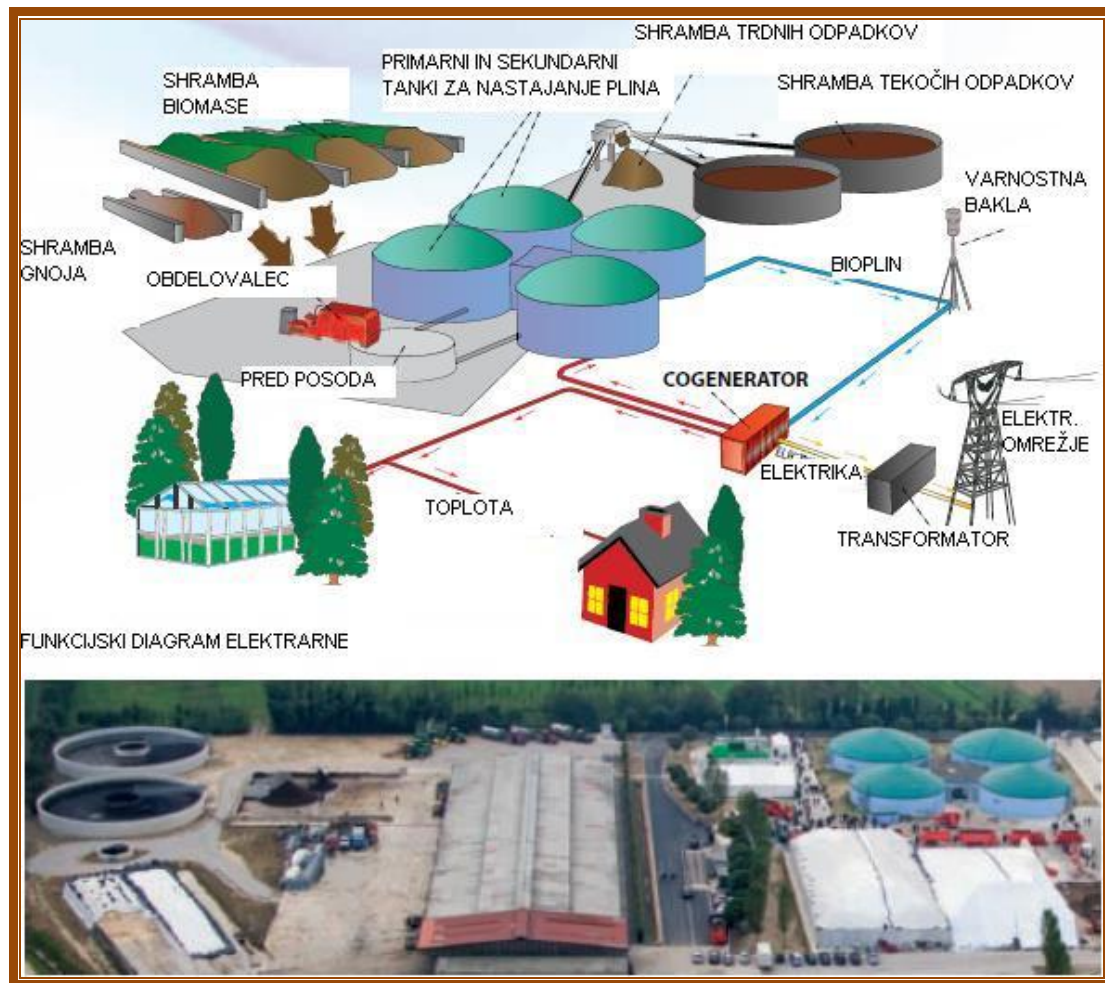
Bioplin lahko uporabljamo na različne načine. Na splošno velja, da ga lahko uporabljamo v enake namene kot zemeljski plin, torej ga uporabljamo za proizvodnjo toplote in pare, sproizvodnjo (kogeneracijo) električne in toplotne energije, kot gorivo za motorna vozila, kot vir vodika za nadaljnjo uporabo in za proizvodnjo kemikalij.

Bioplin najpogosteje uporabljamo za sproizvodnjo električne in toplotne energije, ki poteka v motorjih z notranjim izgorevanjem. V motorju prihaja do pretvorbe kemijsko vezane energije v mehansko energijo, ki se preko generatorja pretvori v elektriko. Motor poganja rotor za proizvodnjo električne energije, pri izgorevanju plina pa nastaja toplota kot stranski produkt. Kot plinski motor se lahko uporabi navaden bencinski Ottov motor, ki se mu doda le mešalnik plina in zraka, zato predelava na bioplin ni zahtevna. Vendar je njihova življenjska doba kratka (le okoli 5000 ur). Zaradi tega se za izgorevanje bioplina in proizvodnjo električne energije pogosteje uporabljajo robustni dizelski motorji z bistveno daljšo življenjsko dobo, vendar zahtevajo dražjo in zahtevnejšo predelavo. Zaradi zasnove dizelskega motorja v njem ne pride do samovžiga bioplina, zato mu je potrebno prigraditi vžigalne svečke (kot jih imajo bencinski motorji).



Slika 68: Princip delovanja kogeneracijske enote
Vir: Lasten

4.2.2.2 Bioplinarna



Slika 69: Shematski prikaz običajnega postrojenja za pridobivanje bioplina iz živalskih odpadkov in organskih ostankov z dvostopenjsko fermentacijo

Vir: Lakota s sod., 2007

Bioplinarna je sestavljena iz večih komponent. V zbirni jami (zbiralniku) se zbira substrat (gnoj, gnojevka in drugi biološki odpadki), kamor dodajamo energetske komponente. Potopni rezalnik – mešalnik celotno maso zmelje in premeša. Dobljena masa s sistemom prečrpavanja preide do toplotno izoliranega digestorja, ki je plinotesno zaprt ter opremljen s stenskim ogrevanjem. Polnjenje digestorja se običajno opravlja 2-krat dnevno. V digestorju poteka proces fermentacije pri temperaturi 35 do 55 °C, čas fermentacije pa je odvisen od vrste substrata. Sveže dodan substrat potiska maso iz prvega v drugi digestor (pofermentor), iz njega pa se prečrpava v končni zbiralnik za gnojevko. Pofermentor je pogosto enako velik kot ostali digestorji in je opremljen z mešalno napravo. V tem prostoru že poteka priprava bioplina za kasnejšo uporabo, saj s kontroliranim dotokom zraka poteka postopek razžvepljanja bioplina. Gnojevka po fermentaciji ne vsebuje amonijaka in je dragoceno gnojilo, ki ne povzroča ožigov listov in je skoraj brez vonja.



Slika 70: Postavljeni digestorji s plinotesno zaprtimi kupolami
Vir: Jejčič s sod., 2009

Nastali bioplin v digestorjih in pofermentorju se zbira v plinohramu (zbiralniku bioplina), kjer se leta skladišči, saj proizvodnja in raba bioplina običajno ne potekata istočasno. Raba bioplina se deloma prilagaja potrebam po električni energiji in se uporablja v času največje porabe električne energije.

V sistemu za soproizvodnjo toplotne in električne energije (SPTTE) se energija plina pretvori v električno in toplotno energijo za lastno uporabo in za pokrivanje potreb drugih. V večjih bioplinarnah (velikost 1 MW) se pri proizvodnji električne energije sprosti enaka količina toplotne energije (1 kWh električne energije sprosti 1 kWh toplote), pri manjših sistemih se razmerje povečuje v prid toplotne energije (pri proizvodnji 1 kWh električne energije se sprosti 1,2 do 1,5 kWh toplotne energije). Za ogrevanje mase v digestorju na optimalno temperaturo se porabi okrog 20 % toplotne energije, ostala energija pa se lahko porabi pri drugih porabnikih.

Proizvodnja bioplina ima določene pozitivne učinke in prednosti:

- je obnovljivi vir energije,
- zmanjšuje emisije CO₂ in metana,
- proizvodimo in uporabljamo ga decentralizirano, zato povečuje zanesljivost energetske oskrbe,
- električno energijo in toploto iz bioplina dobavljamo iz uskladiščene sončne energije v skladu s trenutnimi potrebami, neodvisno od letnega časa in natančno v predvidljivih količinah,
- omogoča smotrno rabo opuščenih kmetijskih površin,
- z možnostjo izvajanja dodatne energetske dejavnosti ponuja kmetom dodatno ekonomsko oporno točko,
- povečuje dodano vrednost in s tem kupno moč podeželskih regij,
- zagotavlja dodatno delo domači industriji in obrti,
- omogoča zmanjšanje uporabe umetnih gnojil,
- pomembno prispeva k ohranjanju naše kulturne krajine.

Poleg tega ima fermentirana gnojevka veliko uporabnih prednosti pred nefermentirano, zato se lahko uporablja bolj varno in učinkovito. Prednosti fermentirane gnojevke so:

- večina razpoložljivega dušika se pred fermentacijo v gnojevki nahaja v obliki amoniaka NH₃. Po fermentaciji (v anaerobnih pogojih) se NH₃ pretvori v amonijev ion (NH₄⁺) in nitratni ion (NO₃⁻), ki sta raztopljeni v prefermentirani gnojevki, del NH₃ pa se porabi za

- sintezo mikrobne biomase. Takšna oblika dušika je rastlinam hitreje dostopna, zato ga porabijo hitreje, s tem pa se ga manj izpere v tla;
- večji del organskih snovi se v zračnih tleh inkorporira v zemljo, s tem ostane v tleh več dušika, ki je na razpolago koreninam, kar pomeni, da lahko bolj sprejemajo kisik in druga hranila;
 - organske kisline se v napravi za bioplin razgradijo do take mere, da rastlinam in organizmom v tleh niso več nevarne. S tem dosežemo bolj zdravo rast rastlin in do desetkrat večjo populacijo deževnikov v zemlji. Veliko število deževnikov pa pomeni stabilno strukturo zemlje (rahla, humusna tla), ki je prepredena z luknjicami. Takšna zemlja pa sprejme tudi večjo količino vode, kar je še posebej pomembno pri močnejših nalivih. S tem zaščitimo humusno plast in preprečimo erozijo na mestih, kjer je zemlja slabše pokrita z zeleno maso, npr. pri koruzi na strmejšem pobočju ni potrebno zastiranje.

Vaja

Izračunajte količino električne energije, ki jo dobimo iz bioplina, proizvedenega iz 1 ha koruzne silaže z vsebnostjo sušine 35 %. Podatke o pridelavi koruze poiščite v učbeniku Gospodarjenje v poljedelstvu in vrtnarstvu (<http://www.zavod-irc.si/sl/gradiva/>). Bioplin pridelujemo v veliki bioplinarni z nazivno močjo 1 MW. Izračunajte prihranek izpustov CO₂ v primerjavi s pridobivanjem električne energije iz fosilnih goriv (podatek o izpustu CO₂ pri proizvodnji iz fosilnih goriv poiščite v poglavju Energija in okolje).

4.2.3 Biodizel

Biodizel je metilni ester maščobnih kislin, ki nastaja pri estrifikaciji trigliceridov rastlinskih olj z metanolom. Zaradi zelo podobnih lastnosti se lahko uporablja kot nadomestilo ali v zmesi s klasičnim dizelskim gorivom. Je gorivo iz obnovljivih virov, kot so rastlinska olja in živalske maščobe. Pretvarjanje sončne energije v kemijsko v obliki ogljikovodikov v rastlinah je neskončen cikel. Biodizel je mogoče pridobivati iz surovega ali že uporabljenega rastlinskega olja ali živalskih maščob. Najvažnejša surovina za pridobivanje biodizla v evropskih državah je oljna repica z 82,82 %, sledi ji sončnica z 12,50 % in ostale surovine, medtem ko se v ZDA in drugje po svetu kot glavna surovina uporablja soja.

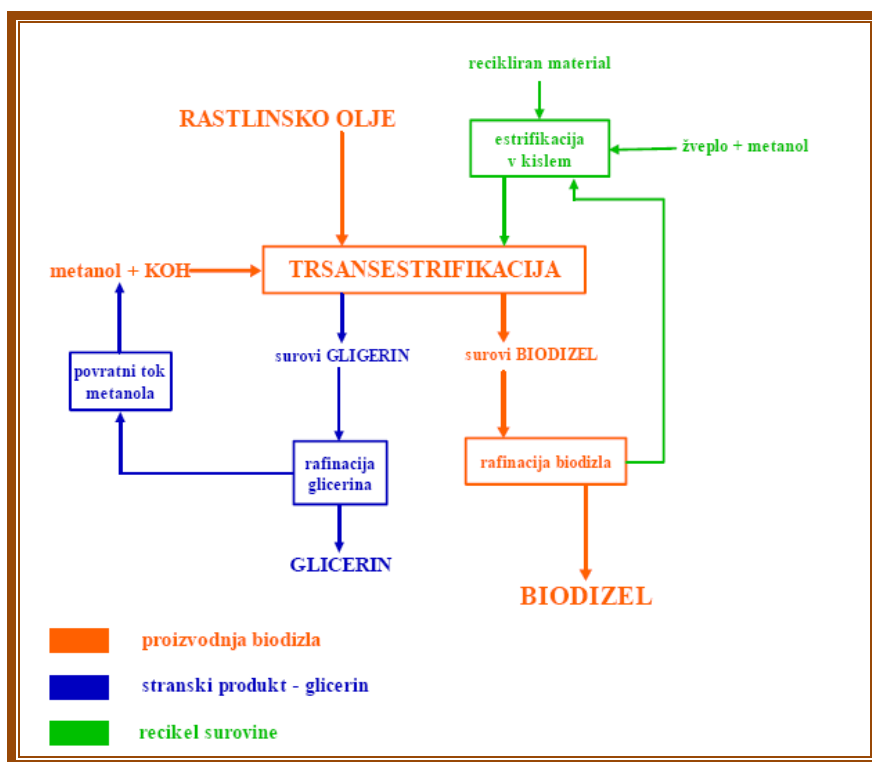
Za pridobivanje biodizelskega goriva uporabljajo v Franciji, Italiji pa tudi v ZDA sojino olje, v Maleziji palmino olje, oljna ogrščica pa je ena najobetavnejših oljnic zmerno toplega podnebnege pasu, npr. v Nemčiji, Avstriji, Franciji in tudi v Sloveniji. Na en hektar lahko pridelamo od 3 do 5 ton ogrščičnega semena (Salunkhe, 1992). Pridelovanje oljnic je podrobneje opisano v učbeniku Gospodarjenje v poljedelstvu in vrtnarstvu, objavljenem na internetnem naslovu: <http://www.zavod-irc.si/sl/gradiva/>.

4.2.3.1 Pridobivanje biodizla

Kemijsko je biodizel zmes metilnih estrov maščobnih kislin, ki nastaja pri reakciji transestrifikacije. Olje, ki je kemijsko trigliceril ester, v prisotnosti baze z metanolom preestrimo v metil estre. Tako dobimo z relativno enostavno reakcijo, pri ugodnih pogojih (tlak 1 bar in temperatura 20 °C), velike izkoristke (tudi do 96 %), ki so dodatni motiv za postavljanje tovrstnih proizvodnih procesov.

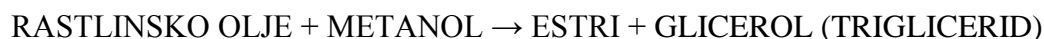
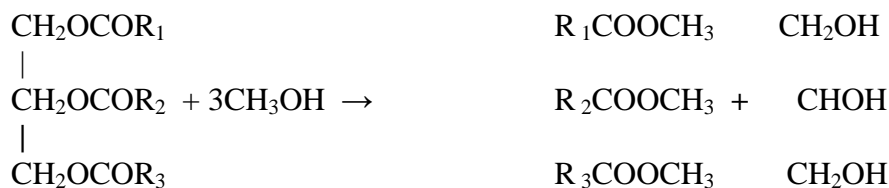
Že surovo olje ozimne oljne ogrščice je primerno kot motorno olje, vendar ga zaradi previsoke viskoznosti uporabljamo le kot mešanico s fosilnim dizelskim gorivom. Da pa se mešanju izognemo in ga lahko uporabljamo kot samostojno pogonsko gorivo, ga je treba zaestriti (Arnšek, 2001).

Zaestrenje je postopek, s pomočjo katerega triacilgliceride (sestavine olj in maščob) s pomočjo alkoholov (npr. metanola ali etanola) preoblikujemo v estre. Po zaestritvi dobimo dve ločeni fazi. V spodnji, težji fazi so glicerol (ima višjo gostoto kot metilni ester in se useda), katalizator, nezreagirano olje, nezreagiran alkohol, nekaj vode in milo. Imenujemo jo glicerolna faza. Zgornjo, lažjo fazo pa sestavljajo metil estri, vsebuje tudi nekaj nezreagirane metanola, omiljenje in vodo v sledovih. Imenujemo jo esterska faza.



Slika 71: Postopek estrifikacije biodizla
Vir: Flag, 1998

Kemijski postopek pridobivanja biodizla je podan v naslednji enačbi:



Glavni produkti zaestrenja trigliceridov so metilni estri maščobnih kislin. Kot stranski produkt nastopa glicerol. Estersko fazo najprej spiramo s toplo vodo, kasneje jo osušimo z natrijevim sulfatom. Osušene estre filtriramo in dobimo bister končni produkt biodizel. Glicerolna faza vsebuje precej mila, ki ga je potrebno pred nadaljnjo uporabo odstraniti. Milo odstranimo tako, da glicerolno fazo močno razredčimo z destilirano vodo, nakisamo s klorovodikovo kislino in ob kisanju grejemo. Spodnja faza, ki vsebuje glicerol, je svetlejše barve. Pomembno je izvesti koncentriranje glicerolne faze z vakumsko destilacijo (ustvarjanje podtlaka z vodno črpalko), saj

lahko na ta način ustvarimo povraten tok metanola v proces. Prečiščen glicerol je uporaben v farmacevtski oziroma kemijski industriji.

Tako nastane gorivo, poimenovano z mednarodno kratico RME (Repseed methyl ester, v nadaljevanju RME), ki je varnejše, ekološko primernejše in ima boljši vžig od standardnega dizelskega goriva. Laboratoriji sintetizirajo metil-estre iz različnih rastlinskih olj, najpogostejši pa so iz oljne ogrščice. Po lastnostih je RME gorivo podobno navadnemu dizelskemu in ga lahko uporabljamo v običajnih motorjih, vendar pa je za popolnejše delovanje potrebno motor prilagoditi novemu gorivu. RME gorivo je bolj korozivno, zato s posebnimi premazi zavarujemo izpostavljene površine v motorju.

Biodizel pripada skupini ogljikovodikovih derivatov srednje dolgih verig (C16 – C18) maščobnih kislin, ki kažejo strukturne podobnosti z molekulami dizelskega goriva. Gorivo vsebuje do 14 različnih molekul maščobnih kislin, od katerih so odvisne nekatere fizikalno - kemijske lastnosti. Tako visok delež nasičenih struktur (C14 : 0, C16 : 0, C18 : 0) zviša točko zmrzišča, ketansko število, reducira NO_x in povečuje stabilnost goriva. Prisotnost bolj razvejanih struktur (C18 : 2, C18 : 3) pa zniža točko zmrzišča, ketansko število, zmanjša stabilnost goriva in povečuje NO_x.

Estri, pridobljeni iz rastlinskih olj, so goriva z visoko vsebnostjo kisika (do 10 %), zato so emisije pri zgorevanju zelo nizke. Velik delež kisika pa je tudi vzrok, da je energetska vrednost metilnih estrov nižja od navadnega dizla. Višje cetansko število daje gorivu dobre zgorevalne sposobnosti. Višja vsebnost dušika pa predstavlja težavo pri onesnaževanju. Višja temperatura tališča in višja točka motnosti povzročata težave pri uporabi v hladnem vremenu.

V metilne estre lahko predelamo tudi uporabljeno kuhinjsko olje različnih oljnic. Ko se porabljen olje zbere, se ga pogreje na določeno temperaturo (do 80 °C), iz olja se izločijo voda, ostanki hrane in ostali trdni delci. Pregretje je edini proces, ki ga je treba izvesti pred zaestrenjem oziroma mešanjem olja z alkoholom.

Vaja

S pomočjo podatkov o pridelavi oljnic v učbeniku *Gospodarjenje v poljedelstvu in vrtnarstvu* (objavljen na internetnem naslovu: <http://www.zavod-irc.si/sl/gradiva/>.) ugotovite količino biodizla, ki ga lahko pridobimo na enem hektaru kmetijskih zemljišč.

4.2.3.2 Lastnosti biodizla

Biodizel vsebuje približno 37.000 kJ/kg energije, kar pomeni v primerjavi s fosilnim dizelskim gorivom, ki vsebuje 42.000 kJ/kg energije, približno 12 % manjši energijski izkupiček. Manjša kalorična vrednost sicer pomeni zmanjšanje motornega navora in moči ter povečanje porabe za okrog 5 %. Po drugi strani pa raba biodizelskega goriva podaljša življenjsko dobo dizelskih agregatov, saj je za 65 % bolj mazivno od dizelskega goriva. Zgorevanje biodizelskega goriva v dizelskem agregatu povzroča 80 % manjše emisije ogljikovega dioksida in do 100 % manj žveplovega dioksida. Poleg tega biodizel proizvede veliko prostega kisika in do 20-krat manj ogljikovega monoksida kot dizelsko gorivo. Samo zgorevanje biodizla zagotavlja za 90 % manjšo količino nezagorelih ogljikovodikov in za 7590 % zmanjšanje aromatičnih ogljikovodikov in ogljikovega monoksida v primerjavi s fosilno nafto. Njihova emisijska vrednost omogoča idealno uporabo v pomorstvu, nacionalnih parkih, jezerih in gozdovih ter v onesnaženih mestih, ker se izpuh biološko razgradi v pičlih dvanajstih dneh (99,6 %) (Salunkhe, 1992).

Nagnjenost RME goriva k izgorevanju je višja kot pri 2D (plinsko olje). Praktično gledano je najprimernejše gorivo tisto, ki ima najvišjo sežigno vrednost na enoto prostornine oziroma vrednost, ki je približno enaka ΔH_s (specifična molska kurilna vrednost goriv) za 2D. ΔH_s rastlinskih olj raste z daljšanjem verige in povečevanjem nenasičenosti maščobnih kislin, ki sestavljajo trigliceride. ΔH_s za rastlinska olja je najnižja pri kokosovem in najvišja pri ogrščičnem olju.

V nasprotju z bencinskimi motorji se mora gorivo s kompresijskim vžigom vžgati v vroči zračni masi samo, brez pomoči električne iskre. Ko gredo "kapljice" goriva skozi zrak, vsrkavajo toploto, ob dovolj visoki temperaturi pa izhlapijo in se vžgejo. Dolga zapoznitev med injiciranjem in vžigom goriva povzroči nespremenljivo visoko naraščanje pritiska (dieselsko klenkanje – trdi tek), kar je posledica prevelike vsebnosti goriva za izgorevanje v komori v trenutku vžiga. Tudi prehiter vžig goriva onemogoči pravilno mešanje in izgorevanje v masi, ki je razpršena v komori. Dobra prostorska porazdelitev goriva ob pravem času pa omogoča miren tek in ekonomično delovanje motorja.

Cetansko število lahko določamo na osnovi zamude vžiga, to pa je čas od trenutka, ko vstopi gorivo v segreti zrak, pa do trenutka, ko se pojavi prvi plamen.

Tabela 23: Cetansko število glede na kakovost in vrsto goriva

Vrsta goriva	Cetansko število
Dobro gorivo	100
Slabo gorivo	0
Večina goriv v prodaji	50
RME	≈54
Plinsko olje	>50

Vir: Flag, 1998

Višja vžigna temperatura RME pomeni, da je ravnanje z njim manj nevarno kot z dizelskim gorivom. S temperaturo vžiga je povezan tudi pojem vnetljivosti, ki je vezan na oceno relativne sposobnosti začetka zgorevanja v dani zmesi goriva in zraka. Nevarnost požara je povezana predvsem s plameniščem goriva, ki zaradi razlik uparljivosti ni za vsa goriva enako. Iz naslednje preglednice je razvidno, da je uporaba RME po oceni plamenišča varnejša od 2D goriva.

Tabela 24: Primerjava plamenišč pri RME in D2 (Martinčič, 1993).

Gorivo	Plamenišče (°C)
RME	83,9
D2	80

Vir: Flag, 1998

Emisije ob izgorevanju biodizla

Celotne emisije ob zgorevanju v motorju niso le posledica zgorevanja goriva, ampak je vir emisij lahko tudi motorno olje. V splošnem načelu velja, da je znižanje posameznih vrst emisij večje pri uporabi 100 % biodizla, pri uporabi mešanic biodizla z običajnim dizelskim gorivom pa manjše, odvisno od deleža biodizla v mešanici.

SO₂

Odsotnost žveplovih spojin zmanjšuje tvorbo emisij sulfatov, ki tvorijo v atmosferi žveplovo kislino (kisli dež). V mešanicah biodizla z običajnim dizelskim gorivom se vsebnost žvepla sorazmerno znižuje in s tem emisije žveplovih spojin, pri uporabi 100 % biodizla pa tovrstnih emisij ni.

Ogljikovodiki (CH)

Popolnejše zgorevanje biodizla in izboljšanje zgorevanja mešanic biodizla z dizlom vodi do zmanjšanja emisij v okolje. Številnim študijam na različnih tipih vozil so skupne ugotovitve, da je

zmanjšanje emisij skupnih ogljikovodikov bistveno večje (npr. 80–90 % znižanje emisij) pri biodizlu. Pri mešanicah biodizla in običajnega dizelskega goriva pa manjše, vendar še vedno zelo pomembno (npr. 20–30 % znižanje emisij).

PM – trdni delci

Zmanjšanje emisij je manjše, vendar pomembno. Večja kot je vsebnost kisika v biodizlu, večje je zmanjšanje tovrstnih emisij. Rezultati so ponovno boljši pri uporabi 100 % biodizla.

CO

Zmanjšanje emisij je znova odvisno od vsebnosti kisika v gorivu, popolnejša oksidacija namreč vodi do popolnejšega izgorevanja CO₂.

PAH (policiklični aromatski ogljikovodiki)

Aromatske spojine v 100 % biodizlu niso prisotne, zato ni tovrstnih emisij, v mešanicah pa jih je bistveno manj kot pri običajnem dizelskem gorivu.

NO_x

So glavni krivci za tvorbo ozona, so pa tudi neke vrste pokazatelj kakovosti notranjega izgorevanja goriva. Prav zaradi višje vsebnosti kisika v biodizlu in popolnejšega izgorevanja goriva v zgorevalni komori se povečajo emisije NO_x (za okoli 13 %). Emisije je moč zmanjšati s spremembo kompresijskega razmerja v zgorevalni komori, vendar vsak popravek oz. znižanje emisij NO_x povzroči zvišanje ostalih emisij – emisij ogljikovodikov, PM in CO.

CO₂

CO₂, ki se tvori ob popolnem izgorevanju, se nato porabi za rast rastlin. Energijska bilanca CO₂ je pozitivna (kolikor se ga tvori pri zgorevanju goriva, toliko se ga porabi za rastline), nanjo pa vplivajo tudi metode obdelovanja sejanih površin. Pri proizvodnji biodizla iz drugih virov pa energetska bilanca ni tako ugodna (Hans, 1998)).

Uporaba biodizla

Biodizel je netoksičen, v okolju biorazgradljiv in ne povečuje emisij. Lahko ga proizvajamo iz obnovljivih virov (uporabljeno jedilno olje, živalska maščoba), možnost uporabe v obstoječih dizelskih motorjih, kjer je podano mnenje proizvajalca o uporabi biodizla, ima visoko cetansko število in dobre mazalne lastnosti in manjše tveganje onesnaževanja okolja pri transportu in manipulaciji.

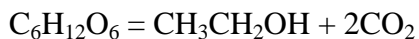
4.2.4 Etanol

Etanol je visoko oktansko gorivo, alkohol brez vode, ki ga izdelujejo s kvašenjem sladkorja ali iz predelanega škroba. Etanol se fizikalno in kemično precej razlikuje od nafte. Razen toksičnosti je nafta tudi nižje oktansko gorivo kot etanol, je bolj eksplozivno in po nesreči zagori ter onesnažuje zrak.

Etanol (etilni alkohol) se uporablja kot gorivo že od nekdaj, vendar le kot pomožno ali zasilno gorivo. Gori mirno in popolno tudi brez posebno oblikovanega kurišča. V obdobju energetske krize v letih 1973-1986 se je pričela množična uporaba etanola kot goriva, ki ga je možno pridobiti iz obnovljivih virov energije, predvsem iz biomase.

Etanol je čista, brezbarvna tekočina z značilnim vonjem. V razredčeni obliki ima neke vrste svež vonj, v bolj koncentrirani obliki pa bolj žgoč. Etanol, CH₃CH₂OH je alkohol in je v skupini kemičnih spojin, kjer molekule vsebujejo hidroksi, -OH skupino, vezano na ogljikov atom. Etanol

se tali pri $-114,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ in zavre pri $78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, njegova specifična gostota pa je $0,789\text{ g/ml}$ pri $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ko gori, je ogenj svetlo modre barve brez saj in z veliko energije, kar so lastnosti idealnega goriva. Ker etanol vsebuje kisik, omogoča v motorjih popolnejše izgorevanje goriva in s tem manjši izpuh. Zelo dobro se meša z vodo in z večino organskih raztopin, zato ga uporabljajo kot sestavino pri izdelovanju drugih kemikalij. Izdelujejo ga s procesom vrenja, katerega uporablja tudi veliko drugih organizmov za pridobivanje energije iz sladkorja. Pri vrenju iz sladkorja nastane etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) in ogljikov dioksid (Resource Guide, 2011):



Etanol naj bi v prometu delno zamenjal bencin. V sodobnih bencinskih motorjih lahko uporabljamo mešanico do E10, to je do 10 % etanola, primešanega bencinu, v prilagojenih motorjih pa tudi čisti etanol. Zmes etanola in bencina ima višjo oktansko številko, je pa etanol energijsko manj izdaten. Etanol je sicer bolj primeren tudi kot gorivo za gorivne celice, za neposredno pretvorbo kemijske energije v električno energijo.

Pridobivanje etanola

Največ etanola pridobimo iz biomase s fermentacijo sladkorja. Etanol je pridobljen iz žitaric ali iz drugih obnovljivih poljedelskih rastlin. Trije najbolj prevladujoči viri so koruza, pšenica in sladkorni trs. Druge žitarice, sladkorno peso, krompirjeve odpadke in sirno vodo se za proizvodnjo tega goriva uporablja le redko.

Pri pridobivanju etanola iz koruze je postopek sledeč. Koruzo najprej očistimo ter z njo napolnimo ogromne cisterne, kjer jo zmešamo z vodo in zmeljemo v redko kašo. Medtem moramo vzdrževati pH mešanice na 7 (z dodajanjem natrijevega hidroksida). Ker je škrob v koruzi sestavljen iz tisočih kompleksnih sladkornih molekul, je treba te razbiti v preproste sladkorje (dekstroza) ali monosaharide, preden se vrenje sploh lahko začne. Zato dodamo encime, ki pri točno določeni kislosti in temperaturi povzročijo to reakcijo. Tedaj dodamo rastlinski kvas, ki povzroči vrenje. Iz tega nastane tako imenovana 'piva', ki vsebuje le kakih 10 % alkohola. Na vrsti je destilacija ali izhlapevanje, ki loči alkohol od vode in ostale koruze. Alkohol sedaj doseže 96 % čistost. To je etanol s 4 % vode. Za pridobitev čistega, 100 % etanol pa mora ta alkohol še skozi molekularno sito, ki odvzame še zadnje odstotke vode. V naravi ga predelujejo glive kvasovke iz sladkorja z alkoholnim vrenjem, pridobivamo pa ga tudi v petrokemiji, iz naftnih derivatov, zlasti z oksidacijo etilena.

Pri tem procesu večina sestavin koruznega zrnja ostane in to lahko uporabijo za proizvodnjo hrane (za človeka in živali) in različnih kemikalij.

Iz 100 kg koruze dobimo:

- 19,4 l etanola,
- 2,9 kg koruznega olja,
- 5,4 kg beljakovinske hrane,
- 23,2 kg beljakovinske krme,
- ogljikov dioksid.

Večina teh proizvodov se uporablja za proizvodnjo hrane za človeško uporabo in visoko beljakovinsko živalsko krmo. Npr. iz 2,9 kg koruznega olja se lahko naredi 4 kg margarine. Ogljikov dioksid se uporablja za izdelovanje različnih pijač, kot hladilno sredstvo, v toplih gredah pa se ga uporablja za boljšo rast zelenjave.

Vaja

S pomočjo podatkov o pridelavi koruze v učbeniku *Gospodarjenje v poljedelstvu in vrtnarstvu* (objavljen na spletnem naslovu: <http://www.zavod-irc.si/sl/gradiva/>.) ugotovite količino etanola, ki ga lahko pridobimo s povprečnega pridelka koruze, ki jo pridelujemo na 1 ha.

Etanol je energetsko bogata tekočina. Liter etanola vsebuje približno 6500 W energije, ostali stranski produkti pa še približno 1000 W. Za pridelavo koruze potrebujemo približno 1100 W energije, iz katere pridelamo 1 l etanola, kar pomeni, da za pridelavo etanola porabimo približno 15 % pridobljene energije. V procesu pridobivanja etanola iz koruze se porabi še 3300 W energije za liter etanola (44 % pridobljene energije), kar pomeni, da za proizvodnjo etanola porabimo manj energije kot jo na koncu pridobimo.

V letu 2004 je bilo na svetu proizvedenih okoli 42 milijard litrov etanola; samo Brazilija je proizvedla 16,4 milijarde etanola. Sicer pa je etanol tudi alkohol, ki ga vsebujejo alkoholne pijače. Je brezbarvna snov. V večjih koncentracijah in količinah je strupen. Uživanje etanola pri ljudeh povzroči kratkotrajne, včasih ugodne psihofizične odzive in zasvojenost (Resource Guide, 2011).

Razmislite

1. Primerjajte različne oblike lesa kot vira energije in njihove načine uporabe v energetske namene.
2. Razložite potrebo po kvalitetni pripravi lesa in uporabi suhega lesa kot energenta z vidika njegove učinkovite rabe v oskrbi z energijo.
3. Analizirajte proces izgorevanja lesa in primerjajte različne tehnike tega izgorevanja.
4. Primerjajte lastnosti bioplina z zemeljskim plinom. Analizirajte energetsko vrednost bioplina z ostalimi energenti.
5. Utemeljite namen uporabe bioplinskih naprav za proizvodnjo bioplina z vidika ravnanja z odpadki in onesnaževanja okolja z živalskim gnojem in odpadki.
6. Primerjajte lastnosti standardnega dizelskega goriva z biodizlom. Ugotovite primere uporabe biodizla v vsakdanjem življenju.
7. Analizirajte možnosti uporabe etanola v energetske namene. Ugotovite možnosti pridobivanja etanola iz obnovljivih virov.

POVZETEK

V prejšnjem poglavju smo analizirali možnosti izkoriščanja sončne energije v energetske namene. V tem poglavju smo nadaljevali z analizo izkoriščanja te energije, saj vsa biomasa nastaja le in izključno ob prisotnosti sončne energije. Vsi ostali agrotehnični ukrepi so le v pomoč in uravnavanje intenzivnosti rasti. V tem poglavju smo si ogledali možnosti izkoriščanja biomase v energetske namene in možne prihranke ogljikovega dioksida v primerjavi s fosilnimi gorivi. Pri uporabi biomase, ki sicer tudi onesnažuje okolico s tem toplogrednim plinom, govorimo o zaključenem krogu ogljikovega dioksida in dolgoročno z njim ne onesnažujemo okolja.

4.3 UPORABA ENERGIJE VETRA

Tudi energija vetra je (podobno kot energija sonca) primer izkoriščanja naravnih virov brez emisij toplogrednih plinov. Je ena izmed čistejših načinov pridobivanja energije, vendar je ne moremo izkoriščati povsod. Njeno izkoriščanje je namreč povezano s primernimi lastnostmi vetra, kar si bomo pogledali v nadaljevanju tega poglavja. Prav tako bomo analizirali različne principe izkoriščanja vetrne energije.

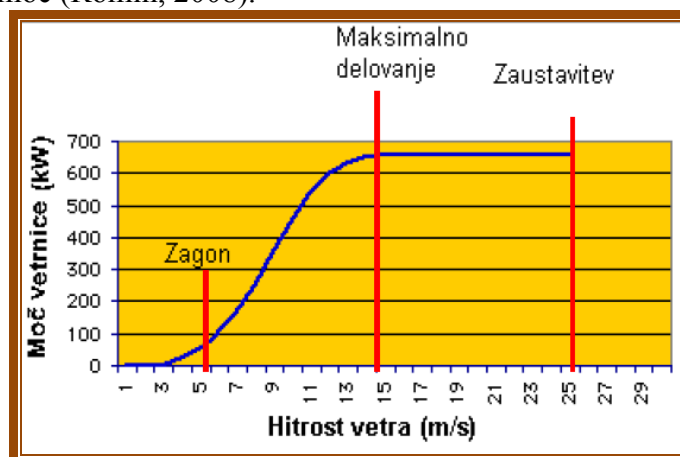
V energetske namene lahko uporabimo tudi veter, in sicer na različne načine. Najprej so energijo vetra izkoriščali na morju, kjer so ladje s pomočjo jader plule na dolge razdalje. Na kopnem so pričeli izkoriščati energijo vetra v mlinih na veter, ki so jih prvotno uporabljali za mletje žit, šele kasneje za prečrpavanje vode, poganjanje žag ipd. Po odkritju generatorja se je energija vetra pričela izkoriščati tudi za proizvodnjo električne energije, in še danes se v glavnem pretvarja vetrno energijo preko vetrnih elektrarn v električno energijo.

Temelj teorije vetrnih elektrarn predstavljajo sledeče teorije (Romih, 2008):

- obodna hitrost lopatic rotorja je v idealnem primeru sorazmerna hitrosti vetra,
- maksimalen navor je sorazmeren kvadratu hitrosti vetra,
- maksimalna moč vetrnic je sorazmerna kubu hitrosti vetra.

Po fizikalnem principu vetrnice spreminjajo kinetično energijo vetra v mehansko oz. v električno energijo. Vetrna energija je vektorska kinetična energija. Njena velikost je odvisna od hitrosti vetra in se povečuje približno proporcionalno s hitrostjo vetra na tretjo potenco. Tako je izkoriščanje vetrne energije zanimivo tam, kjer dosega vetrovi konstantno visoke hitrosti.

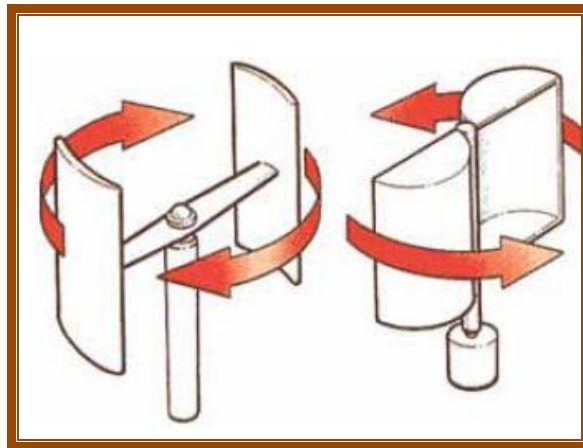
Količina energije, ki se prenese iz zraka na vetrnico, je odvisna od gostote zraka, obsega rotorja, hitrosti vetra in izkoristka pretvorbe. Moč vetrnice raste s tretjo potenco hitrosti. To pomeni, da dosežejo osemkrat večjo moč vetrnice, če se podvoji hitrost vetra; če pa se potroji, dosežejo vetrnice 27-krat večjo moč (Romih, 2008).



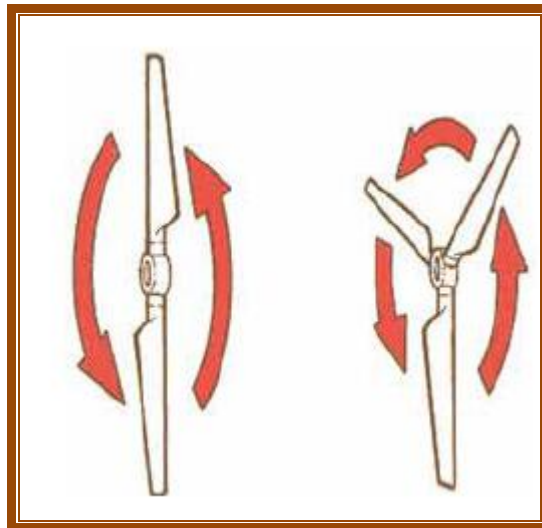
Slika 72: Povezava med hitrostjo vetra in močjo vetrne elektrarne
Vir: Bertalanič, 2008

Večina vetrnih elektrarn potrebuje veter s hitrostjo okoli 5 m/s, da sploh prične obratovati. Maksimalne moči se dobijo pri hitrosti okoli 15 m/s. Med 15 in 25 m/s proizvedejo vetrnice največ električne energije, nad 25 m/s pa se vetrne elektrarne ustavijo, da ne bi prišlo do poškodb.

Poznamo več tipov vetrnic, in sicer vetrnice z navpično osjo vrtenja in vetrnice z vodoravno osjo vrtenja. Slednje imajo večji izkoristek. Če je hitrost vetra majhna se uporabljajo vetrnice z osem ali več lopaticami.

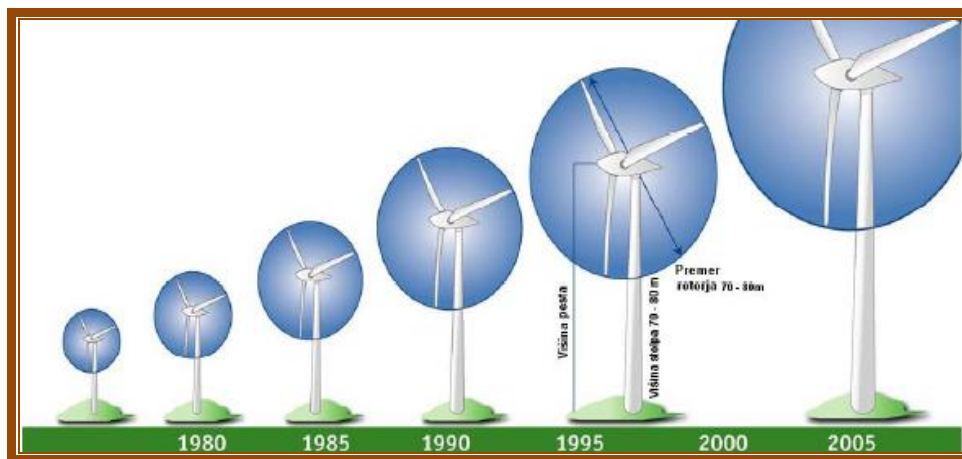


Slika 73: Vetrnice z navpično osjo vrtenja
Vir: Romih, 2008



Slika 74: Vetrnice z vodoravno osjo vrtenja
Vir: Romih, 2008

Iz leta v leto narašča izkoriščanje vetrne energije, tako v Evropi kot drugod po svetu. Evropska unija (EU) ima najhitrejši razvoj na tem področju, tako tehnoloških kot inštaliranih zmogljivosti. Svetovno izkoriščanje vetrne energije se je v preteklih petih letih povečalo za štirikrat. V zadnjih letih se uveljavljajo predvsem vetrnice z vodoravno osjo vrtenja kot je prikazano na sliki, s premerom rotorja 70 m in višino stolpa 80 m. Najpogostejše so vetrnice s trolistnimi rotorji. Donos vetrnic se je povečal kar za 100-krat (od 30 kW leta 1980 do 1,5 MW leta 2000).



Slika 75: Razvoj velikosti vetrnic v zadnjih 20 letih

Vir: Romih, 2008

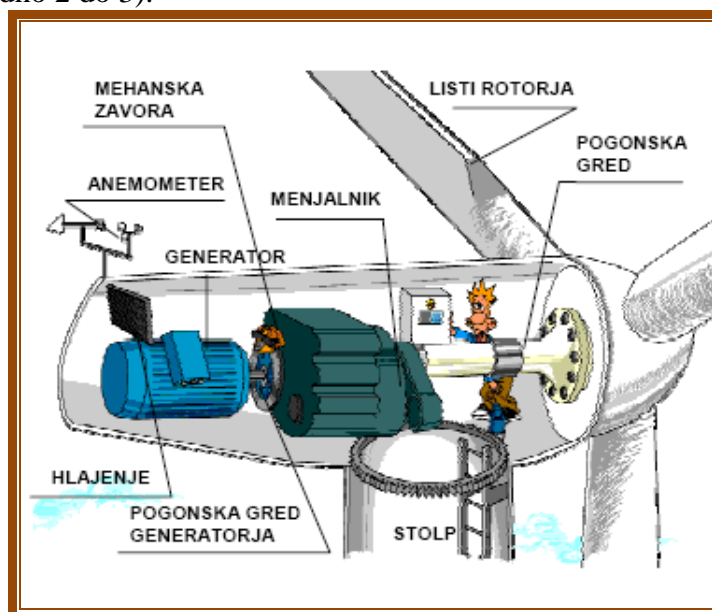
Delovanje vetrnih elektrarn

Vetrne elektrarne so po inštalirani moči lahko majhne (do 20 kW), srednje (do moči 1 MW) in velike (nad 1 MW). Vetrne elektrarne lahko delujejo samostojno ali pa so priklopljene na distribucijsko omrežje (paralelno delovanje).

Glede na način delovanja sile vetra na lopatice rotorja ločimo vetrnice, ki delujejo na principu aerodinamične sile dviga (efekt letalskega krila) in vetrnice, ki delujejo na principu aerodinamične sile zračnega upora. Slednje se običajno uporabljajo za vetrnice z nizkim številom obratov in jih le redko uporabljamo za proizvodnjo električne energije. Sodobne vetrne elektrarne uporabljajo vetrnice z visokim številom vrtljajev na minuto in praviloma delujejo po principu aerodinamične sile dviga. Te elektrarne imajo boljši izkoristek in nekajkrat višjo moč kot prejšnje (Romih, 2008).

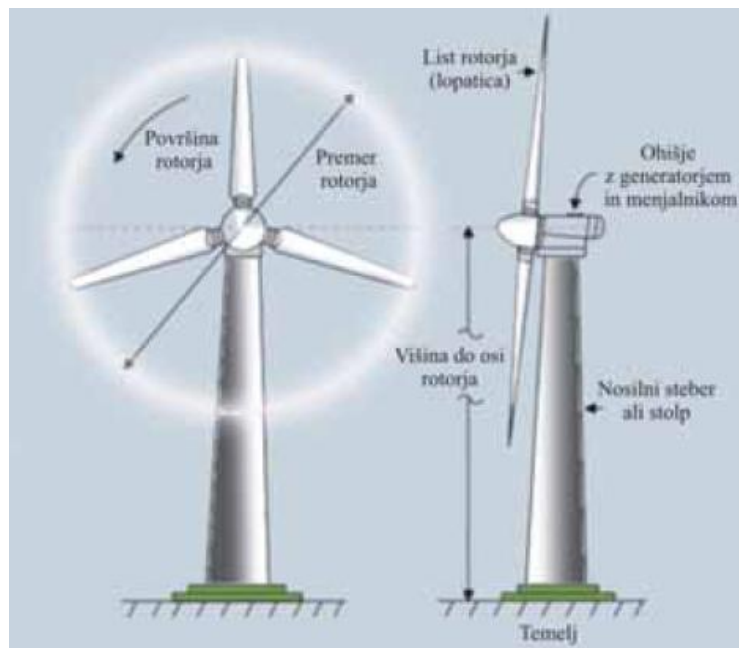
Sestavni deli elektrarn na veter so:

- steber,
- ohišje, v katerem je generator električne energije, menjalnik hitrosti, rotor, sistem za spreminjanje smeri, varovala ipd.,
- lopatice (navadno 2 do 3).



Slika 76: Glavni sestavni deli vetrne elektrarne

Vir: Romih, 2008



Slika 77: Glavni sestavni deli vetrne elektrarne
Vir: Romih, 2008

Do proizvodnje električne energije prihaja v primeru vetra, ki piha na liste rotorja. Sodobne elektrarne imajo liste rotorja prilagodljive stanju hitrosti vetra, ki piha v določenem trenutku. Pri določeni hitrosti vetra (od 2 do 5 m/s) se prično vetrnice vrteti in se z naraščanjem hitrosti vetra spreminja tudi hitrost vetrnice, ki povečuje število obratov. Hitrost vetrnice narašča do nazivne hitrosti vetra, pri kateri elektrarna dela z nazivno močjo. Z naraščanjem hitrosti vetra želimo obdržati njeno nazivno moč, kar dosežemo z regulacijo aerodinamičnosti vetrnic. Ko je hitrost vetra znatno večja od normalne vrednosti obratovanja (običajno pri 25 m/s), pa je potrebno zaradi varnosti vetrnico zaustaviti.

S pomočjo vetrnic se kinetična energija vetra preko listov rotorja prenese na generator. Generator je del elektrarne, ki spreminja kinetično energijo vetra v električno energijo. Generator deluje po principu elektromagnetne indukcije, ki nastane, ko se vodnik v magnetnem polju premika. Sodobne vetrne elektrarne imajo vgrajene generatorje, ki dajo maksimalen izkoristek že pri 50 % obremenitvi. Generatorji so običajno zračno hlajeni. Vetrne elektrarne s konstantno hitrostjo vrtenja uporabljajo asinhronske generatorje (frekvenca proizvedenega električnega toka ni nikoli večja od frekvence v omrežju – 50 Hz).

Med rotorjem in generatorjem je menjalnik, namenjen zvišanju obratov rotorske gredi na nivo, ki ustreza generatorju. V izogib strojelomu zaradi prevelikih hitrosti vetra in s tem rotorja imajo elektrarne tudi zavoro za zaustavitev rotorja. V ta namen imajo listi rotorja na koncu vgrajene zavorne lopute, ki se ob aktivaciji postavijo v položaj največjega zračnega upora. Za popolno zaustavitev pa se uporabljajo mehanske zavore, ki se nahajajo za menjalnikom.

Da elektrarna deluje optimalno, skrbi regulator vetrnega generatorja, ki uravnava delovanje elektrarne glede na vetrne razmere in vključevanje v javno električno omrežje. Skrbi za vklop in izklop generatorja glede na hitrost vetra, skrbi za naklonski kot listov rotorja, za varnost delovanja ipd. (Romih, 2008, Bertalanič, 2008).

Razmislite

1. Analizirajte princip izkoriščanja vetra kot obnovljivega vira za pridobivanje energije. Razložite princip delovanja vetrnih elektrarn.
2. S pomočjo analize vremena v domačem kraju ugotovite primernost lokacije za postavitev vetrnih elektrarn.
3. Analizirajte zahteve po vetru za potrebe delovanja vetrnih elektrarn.

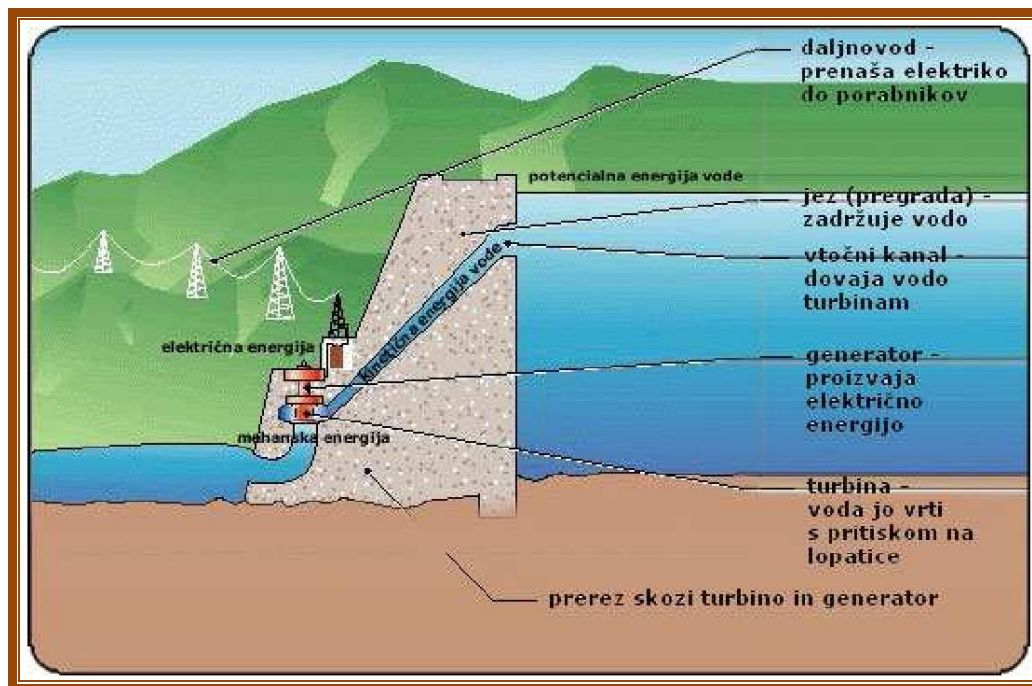
POVZETEK

Razvoj izkoriščanja vetra v energetske namene je v zadnjih letih skokovit. Zaradi tega je uporaba vetrnih elektrarn vse bolj učinkovita, kar lahko vidimo v primeru postavitve v Nemčiji, na Nizozemskem, v Franciji in v drugih državah. Možnosti za njihovo postavitev imamo tudi pri nas, vendar je potrebno njihovo postavitev primerno umestiti v prostor.

4.4 IZKORIŠČANJE ENERGIJE VODA

Energija vode je neizmeren vir energije, ki pri izkoriščanju ne sprošča toplogrednih plinov. V Sloveniji že sedaj hidroenergija predstavlja 1/3 vse proizvedene energije, pa imamo še vedno veliko neizkoriščenega potenciala. Pri tem imamo v mislih tako velike hidroelektrarne kot tudi manjše naprave za izkoriščanje energije vode. Ne glede na to, da smo obmorska država, pa je najpomembnejši energetski vir tekoča voda. V nadaljevanju poglavja so predstavljeni načini izkoriščanja tekoče vode in tudi energije morja, ki ponekod v svetu predstavljajo pomemben energetski potencial in vir.

Hidroelektrarne izkoriščajo potencialno energijo vode, ki jo lahko pretvorimo v uporabno obliko (električno energijo) zaradi njenega gibanja, ki je posledica gravitacije. Količina pridobljene energije je odvisna od višinske razlike vodnega padca in od količine vode. S pomočjo padca vode in njenega prostorninskega pretoka je mogoče na mestu samem neposredno določiti, koliko energije lahko proizvedemo. Zaradi tega razloga so za postavitev hidroelektrarn zanimivi kraji, kjer je praktično možno doseči, ali velik padec ali velik pretok, najbolje pa kar oboje. Za izboljšanje pogojev in trajnosti delovanja imajo številne hidroelektrarne vodne zbiralnike, nastale s pomočjo zajezičvenega jezua.



Slika 78: Prikaz pridobivanja električne energije iz energije vode
Vir: Mulc, 2010

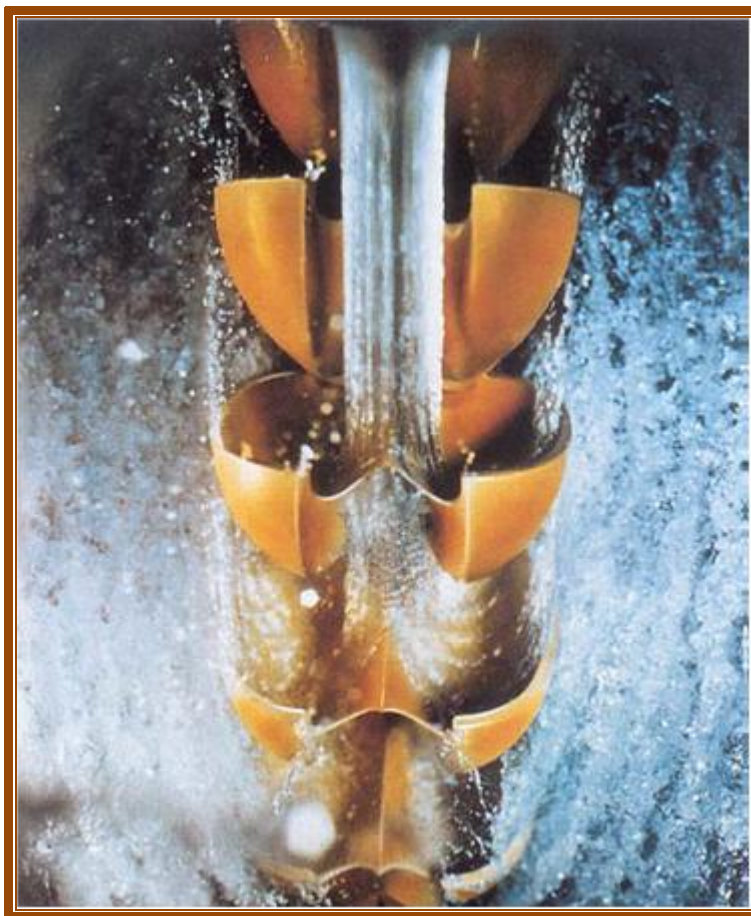
Pridobivanju električne energije iz hidroelektrarne pravimo hidroenergija. Poleg tega, da je to obnovljiv vir energije, ki je trajen oziroma se v naravi stalno obnavlja, je tudi čist vir energije, saj pri delovanju hidroelektrarne ne prihaja do nikakršnih odpadkov, emisij CO₂ in drugih onesnaževanj okolja. Hidroelektrarna pridobiva električno energijo iz potencialne energije vode. Za zajezeno rečno strugo nastane umetno jezero oziroma akumulacija. Voda v akumulacijskem jezeru predstavlja shranjeno, a še ne pridobljeno energijo (primarna energija). Po vtočnem oziroma dovodnem tunelu se potencialna energija vode spreminja v kinetično energijo, ki je največja tik pred vstopom v turbino. V turbini se kinetična energija vode pretvori v mehansko (turbina se zavrti). Na os turbine je nameščen rotor generatorja, ki se tako vrti skupaj s turbino in v statorju generatorja inducira napetost, ki predstavlja pridobljeno električno energijo (sekundarna energija). Električna napetost na generatorju je dokaj nizka (običajno nekaj kW), zato se potem s transformatorji pretvori v višjo napetost, ki omogoča prenos na daljše razdalje do končnega uporabnika (končna energija).

V vsaki hidroelektrarni sta v strojnici, ki je njen osrednji del, montirani strojna in električna oprema. K strojni opremi sodi najpomembnejši del – turbina, poleg nje so še razna zapirala, turbinski regulator ter oprema za montažo in servis opreme. K električni opremi sodi generator, ob katerega so postavljena kontrolna in zaščitna stikala ter naprave. Poglavitna sestavna dela hidroelektrarne sta torej turbina in generator. Turbina spreminja moč vode v mehansko moč in z njo vrti generator, ki daje na sponkah električno moč.

Za male hidroelektrarne so primerne različne turbine, kar zavisi od padcev in pretokov. Višjim padcem in manjšim pretokom bolj ustreza t.i. peltonova turbina, za srednje pretoke in srednje padce je primerna t.i. francisova turbina, za večje pretoke na nizkih padcih pa pride v poštev propellerska turbina (Plut, 2003).

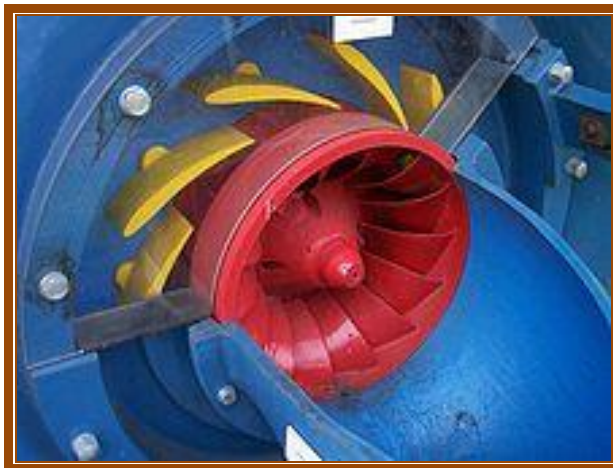
Peltonova turbina je turbina, ki je primerna za velike padce in majhne volumenske toke. Voda zapušča tlačni cevovod skozi posebne šobe, v katerih se na račun potencialne energije močno poveča kinetična energija. Običajno število šob je dve do šest. Turbina je lahko vertikalna ali horizontalna, pri tem pa je vodni curek vedno usmerjen tangencialno na gonilnik, ki ima na obodu posebne dvojne lopatice, rezilo v sredini lopatice pa razdeli vodni curek na dva dela in skrbi, da je

natok vode brez udarca. Izrez na srednjem delu dvojne lopatice podaljša delovanje curka na srednji del predhodne lopatice. Natok je delen, tlak v lopatici pa se ne spremeni (Plut, 2003).



Slika 79: Peltonova vodna turbina
Vir: Mulc, 2010

Francisova vodna turbina je nadtlačna turbina radialno-aksialnega tipa in je najpogosteje uporabljena vodna turbina, saj je primerna za srednje pretoke in srednje padce, kakršne ima večina virov vodne energije. Moč turbine je odvisna od pretoka vode in smeri toka vode glede na lopatice gonilnika, kar uravnavajo vodilne lopatice, ki so premične in se jih da poljubno odpreti ali zapreti. Sodobne Francisove turbine imajo spiralno ohišje, ki se uporablja pri tlačnih višinah od 15 do 500 m.



Slika 80: Francisova vodna turbina
Vir: Mulc, 2010

Propelerska turbina ima obliko ladijskega propelerja in ima tri do pet kril z obrnjenim profilom, kar omogoča vrtenje gonilnika. Za te turbine je značilna visoka požiralnost in vrtilna hitrost. Zaradi tega so najprimernejše za izkoriščanje energije vode pri nizkih padcih, kjer k moči turbine lahko prispeva predvsem pretok. Preko kril turbina poganja generator, ki proizvaja električno energijo (Plut, 2003).



Slika 81: Propelerska vodna turbina
Vir: Mulc, 2010

Hidroenergija ima veliko prednosti pred ostalimi energetske viri. Glavne prednosti so (HE Gorenjske elektrarne, 2011):

- je razmeroma poceni, povsem obnovljiv in čist energetski vir,
- pridobivanje hidroenergije ne povzroča odpadkov ali emisij CO₂ in drugih onesnaževalcev okolja (vsaka kWh zmanjša emisije za 0,85 kg CO₂ v primerjavi s pridobivanjem električne energije v termoelektrarni),
- stabilno obratovanje energetskega sistema in prilagajanje potrebi po električni energiji.

Vendar pa ima ta vir energije tudi svoje slabosti (Mulc, 2010):

- akumulacijske HE zasedajo veliko prostora in posegajo v naravno okolje,
- gozdovi, naravni ekosistemi in kmetijske površine na območju akumulacije so poplavljeni in uničeni,
- spremenijo se življenjske razmere za rastlinske in živalske vrste v zajezeni reki in ob njej,
- poveča se erozija obrežja akumulacijskih jezer, kar dodatno zmanjšuje koristen prostor za ostale dejavnosti,
- dvig rečne vode vpliva na nivo podtalnice v bližini,
- akumulacijska jezera spremenijo ekološke in hidrološke razmere pod jezom, v bližini večjih zbiralnikov je lahko spremenjena tudi mikroklima.

Vaja

S pomočjo podatkov o količini proizvedene električne energije v hidroelektrarnah v Sloveniji izračunajte letni prihranek emisij ogljikovega dioksida s proizvodnjo hidroenergije v primerjavi z uporabo fosilnih goriv v termoelektrarnah.

4.4.1 Hidroelektrarne

Hidroelektrarne so pomemben energetski vir obnovljivih virov energije. V Sloveniji so prisotne različne vrste hidroelektrarn: pretočne, akumulacijske, pretočno-akumulacijske in črpalne. Glede na instalirano moč in velikost akumulacije lahko hidroelektrarne razvrstimo v pet kategorij:

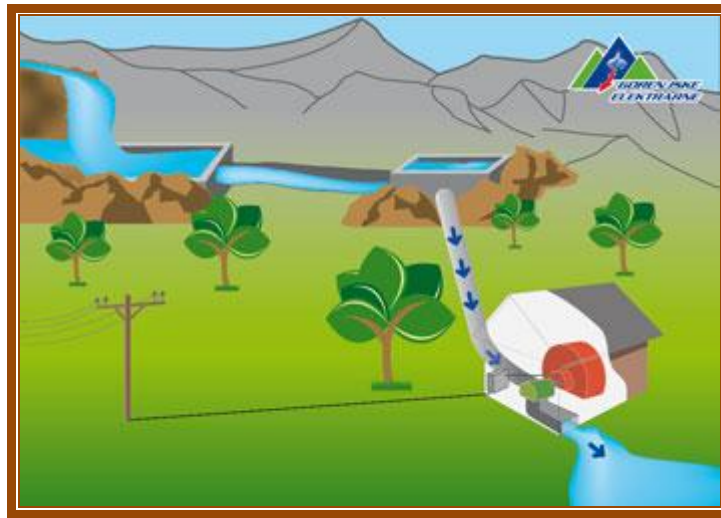
- velike (nekaj 100 MW),
- srednje (nekaj 10 MW),
- male (manj kot 10 MW),
- mini (manj kot 2 MW),
- mikro (manjše od 100 kW).

Pri pretočnih HE se vsa voda, ki doteka do elektrarne, porablja sproti oziroma pretvarja v električno energijo in je zato moč te elektrarne odvisna od trenutnega dotoka oziroma pretoka reke. Večina malih HE je pretočnega tipa. V delujočih hidroelektrarnah spreminjajo potencialno energijo zajezeno vode iz rek ali rezervoarjev v kinetično energijo. Količina proizvedene električne energije je odvisna od hitrosti vrtenja generatorja. Hitrost, s katero lahko turbina poganja generator, pa je odvisna od tega, s kolikšnim tlakom voda potiska lopatice turbine. Čim večji je tlak vode, tem hitreje se turbina vrti. Z globino pa narašča tudi vodi tlak.



Slika 82: Pretočna elektrarna
Vir: Mulc, 2010

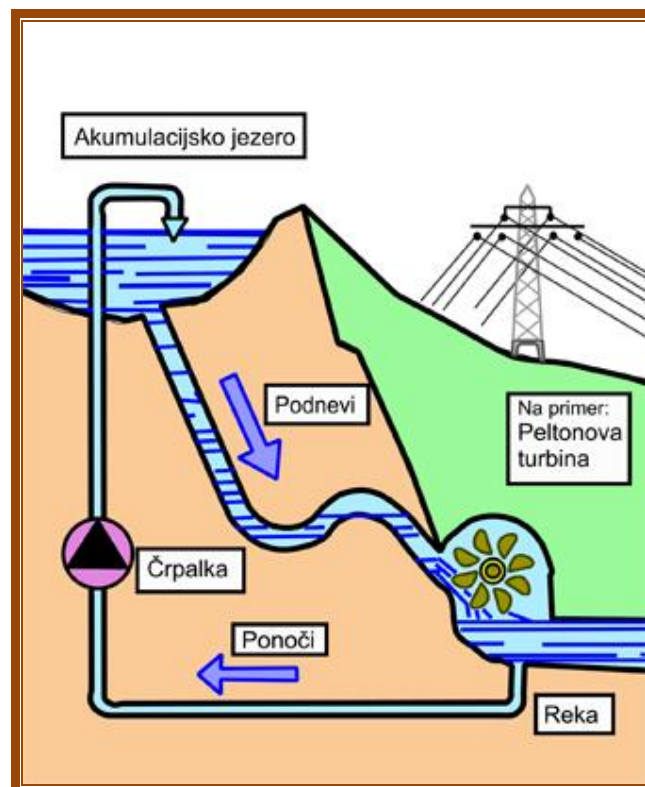
Pri akumulacijskih HE je za pregrado akumulacijsko jezero, v katerem se voda shranjuje v času, ko je električne energije dovolj, v času, ko potreba po električni energiji naraste, pa se voda porablja. Pri gradnji hidroelektrarne običajno zgradijo jez, ki zapira dolino, po kateri teče reka. Za jezom se voda nabira v globokem jezeru, ki služi za akumulacijo vode. Če je vode za jezom preveč, je lahko nekaj spustijo skozi stranske zapornice. Voda na dnu jezera je pod velikim tlakom zaradi teže vse vode nad njo.



Slika 83: Akumulacijska hidroelektrarna
Vir: HE Gorenjske elektrarne, 2011

Posebna podskupina akumulacijskih HE so t.i. pretočno-akumulacijske HE, ki sicer imajo za pregrado jezero, vendar pa je le-to manjše kot pri akumulacijskih in omogoča le shranjevanje vode v nočnem času, ko so potrebe po električni energiji manjše, ter porabo vode podnevi, ko potrebe po električni energiji narastejo. Za orientacijo o možnostih izkoriščanja vodne energije velja podatek, da Hidroelektrarna Cerklje letno proizvede 78.000 kWh električne energije, za kar potrebuje pretok vode $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ in padec 68,65 m (HE Gorenjske elektrarne, 2011)

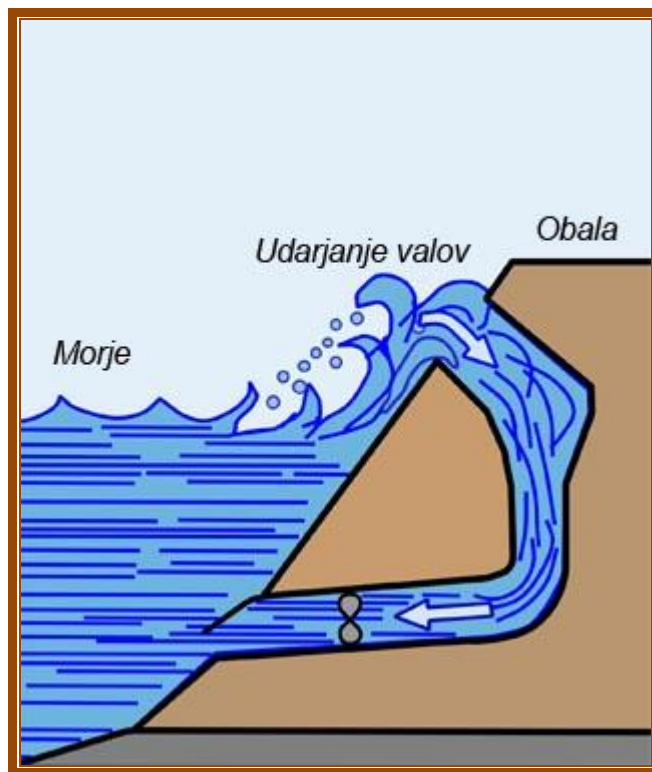
Črpalne hidroelektrarne so tiste, kjer se voda zbira v dveh zbiralnikih na različnih nadmorskih višinah. Delujejo tako, da se v času, ko je električne energije dovolj, s pomočjo električnih črpalk polni zgornji zbiralnik, ko pa elektrike primanjkuje, pa voda iz višje ležečega zbirnika teče skozi turbino in poganja generator električne energije (Mulc, 2010).



Slika 84: Črpalna hidroelektrarna
Vir: Mulc, 2010

4.4.2 Izkoriščanje energije valovanja in plimovanja

Posebna, v Sloveniji zaenkrat še neizkoriščena možnost pridobivanja električne energije, je elektrarna, ki izkorišča valovanje morja kot vir energije. Za pridobivanje električne energije uporablja energijo morskih valov. Izkoriščanje energije valovanja v določeni meri posnema izkoriščanje hidrokinetične energije. Prva tovrstna elektrarna je bila zgrajena na Škotskem. Elektrarna Pelamis je največja valovna elektrarna na svetu in je 120 metrov dolga in 750 ton težka plavajoča elektrarna, ki jo je izdelalo škotsko podjetje Ocean Power Delivery.



Slika 85: Elektrarna z valovanjem

Vir: Mulc, 2010

Z izkoriščanjem valovanja bi lahko pokrili celotne energetske potrebe našega planeta. Valovanje ima velik energetski potencial, ima pa tudi veliko slabosti: njegova amplituda je močno odvisna od trenutnih vremenskih razmer in je zato nepredvidljiva. Za razliko od elektrarne, ki deluje s plimovanjem in izrablja energijsko razliko med plimo in oseko, uporabljajo tovrstne elektrarne kontinuirano valovanje. Na obali je praviloma prisotno stalno udarjanje valov in ob ugodnih razmerah v obalnem področju lahko energijo udarjajočih valov ujamemo in jo preko turbine vodimo skozi odgovarjajoči kanalski sistem ter spremenimo kinetično energijo padajoče vode, podobno kot v pretočnih elektrarnah (tudi s pridelanim komprimiranim zrakom) spremenimo v električni tok. Tovrstne elektrarne terjajo za delovanje vsekakor visok strošek, še posebej pri zaščiti za delovanje v neugodnih vremenskih razmerah. Tako so v tem času poznane samo večje elektrarne.

Posebnost izkoriščanja energije vode so elektrarne, ki izkoriščajo plimovanje morja. Osnova je plimovanje in bazen, ločen od morja. Bazena in morje sta povezana s kanaloma, ki imata zgrajene zapornice. V času plime voda priteka v bazen, ko doseže najvišji nivo, se zapornica zaprejo. Druga zapornica se odpre, ko je nivo vode v morju primerno najnižji od globine vode v bazenu. Skozi drugi del kanala voda pri pretoku iz bazena v morje poganja turbino. Na obali so na poševni betonski konstrukciji nameščene posebne zapore, ki odvajajo vodo skozi dotočne kanale prek

zbiralnika na turbino in spet nazaj v morje. Zapore so višinsko porazdeljene, tako da zajamejo visoke in nizke valove (Mulc, 2010).



Slika 86: Elektrarna, ki izkorišča plimovanje za pridobivanje električne energije
Vir: Mulc, 2010

Več o izgradnji malih vodnih elektrarn najdemo v literaturi Zgradimo majhno hidroelektrarno (1. do 5. del), ki je nastajala v letih 1986 in 1987. Naročnik literature je Zveza organizacij za tehnično kulturo Slovenije.

Razmislite

1. Predstavite princip delovanja različnih tipov elektrarn, ki izkoriščajo energijo tekoče vode.
2. Predstavite princip delovanja elektrarne, ki izkorišča energijo valovanja in energijo plimovanja.
3. Primerjajte načine pridobivanja energije tekočih voda z energijo morja.

POVZETEK

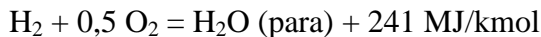
Razvoj manjših hidroelektrarn ob številnih potokih predstavlja številne priložnosti za podjetništvo na podeželju. Postavitev manjše elektrarne omogoča energetska neodvisnost, saj je ob primernem viru (stalni tekoči vodi) pridobivanje energije konstantno, in ne potrebujemo hranilnikov energije. Celoten potencial vodnih virov omogoča približevanje zastavljenim ciljem o vključevanju obnovljivih virov energije v energetska bilanco in s tem k zavezam Slovenije v Kjotskem sporazumu.

4.5 IZKORIŠČANJE VODIKA V ENERGETSKE NAMENE

Vodik predstavlja neskončen energetski vir, saj je ta element sestavni del molekule vode in zato predstavlja obnovljiv vir. Izkoriščamo ga lahko v gorivnih celicah, kjer izboljša energetska učinkovitost fosilnih goriv. Izkoriščanje vodika v energetske namene je trenutno izredno zanimiva raziskovalna panoga, saj njegov potencial še ni povsem izkoriščen. Za razumevanje energetskih procesov, povezanih z vodikom, trenutno poznane tehnologije predstavljamo v nadaljevanju tega poglavja.

Vodik lahko z naj sodobnejšimi tehnologijami uporabljamo za proizvodnjo električne energije ali toplote. Pri obeh postopkih je odpadke energetskih procesov le voda.

Vodik je vnetljiv plin, ki gori v zraku pri koncentraciji nad 4 %. Pri temperaturi nad 560 °C pride do samovžiga. Gori s skoraj nevidnim plamenom z visoko temperaturo. Kemijska reakcija izgorovanja vodika je sledeča (Medved, 2009):



Vodik lahko izkoriščamo za proizvodnjo toplote, električne ali kinetične energije. Prva vozila na vodik so delovala po principu motorjev z notranjim izgorovanjem (primer hibridnega vozila BMW). Ta vozila so imela dva rezervoarja, in sicer enega za bencin in enega za vodik. V mestih so uporabljala vodik, na daljših razdaljah pa bencin. Za proizvodnjo električne energije se vodik porablja v t.i. gorivnih celicah, v katerih poteka elektrokemijska reakcija – elektroliza. Pri tem pridobivamo elektrone (električni tok) z vodikom in kisikom, ki s združitvijo v molekulo vode, pri tem pa se sproščajo prosti elektroni (Medved, 2009, Grobovšek, 2011).

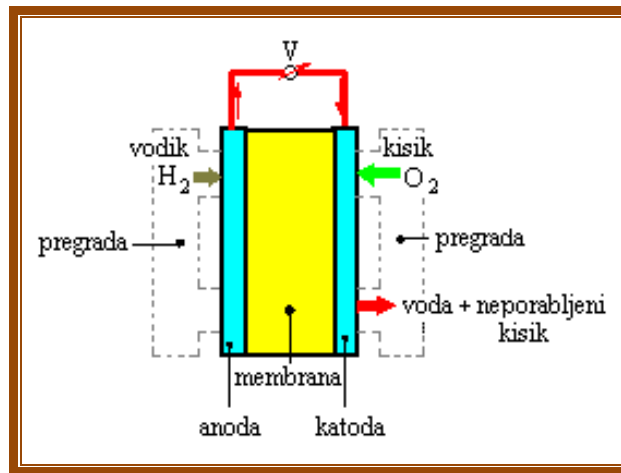
Pri izkoriščanju vodika v energetske namene predstavlja največjo težavo skladiščenje vodika v mobilnih hranilnikih. Shranjevanje vodika poteka namreč pod visokim tlakom, s čimer povečamo delež plina v hranilniku. Še večjo količino vodika lahko shranimo v hranilnik, če shranjujemo utekočinjen vodik (prostornino vodika zmanjšamo za 800-krat). Vodik se utekočini pri temperaturi –250 °C, kar zahteva odlično toplotno izolativnost hranilnikov. Nenazadnje pa lahko vodik shranjujemo tudi v hibridnih – v trdih poroznih snoveh, na površino katerih se oprimejo molekule vodika s procesom adsorpcije. Za shranjevanje velikega števila molekul potrebujemo veliko površino hibrida, zato imajo porozne snovi za shranjevanje vodika v 1 mm³ več kot 10.000 m² razpoložljive površine za adsorpcijo molekul vodika. V ta namen uporabljamo kovinske hibride ali ogljikove nanostrukture. Hibridi so spojine zlitin redkih kovin, kot so tantal, nikelj, titan, vanadij ipd. Adsorpcija vodika v hibridu poteka pri tlaku 20 barov, atomi vodika pa se sproščajo pri povišani temperaturi na okoli 90 °C (Medved, 2009).

Gorivne celice

Princip delovanja gorivnih celic so odkrili že v 19. stoletju. Delovanje temelji na kemični reakciji med vodikom in kisikom, pri kateri nastajajo toplota, električna energija in voda. Ta proces je v bistvu nasproten elektrolizi vode, kjer se s pomočjo električne energije voda razkroji v vodik in kisik. Toplota, ki nastane ob reakciji vodika in kisika, je primerna za sisteme ogrevanja in pripravo sanitarne vode.

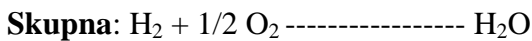
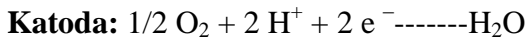
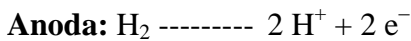
Osnovni sestavni del gorivnih celic je 0,1 mm debela membrana iz polimernega materiala, prevlečenega s plastjo platine, ki omogoča prepuščanje protonov. Celice imenujemo tudi trdne elektrolitske gorilne celice in lahko obratujejo v temperaturnem območju < 200 °C. V sistemih za ogrevanje so se pokazale kot najprimernejše nizko temperaturne gorivne celice. Najvišja temperatura, ki jo doseže celica, je med 80 in 90 °C.

Delovanje gorilne celice je prikazano na naslednji sliki.

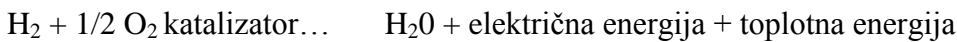


Slika 87: Delovanje gorilne celice
Vir: Grobovšek, 2-2011

Na gorivni celici poteka sledeča kemična reakcija:



Na splošno lahko napišemo kombinirani proces:



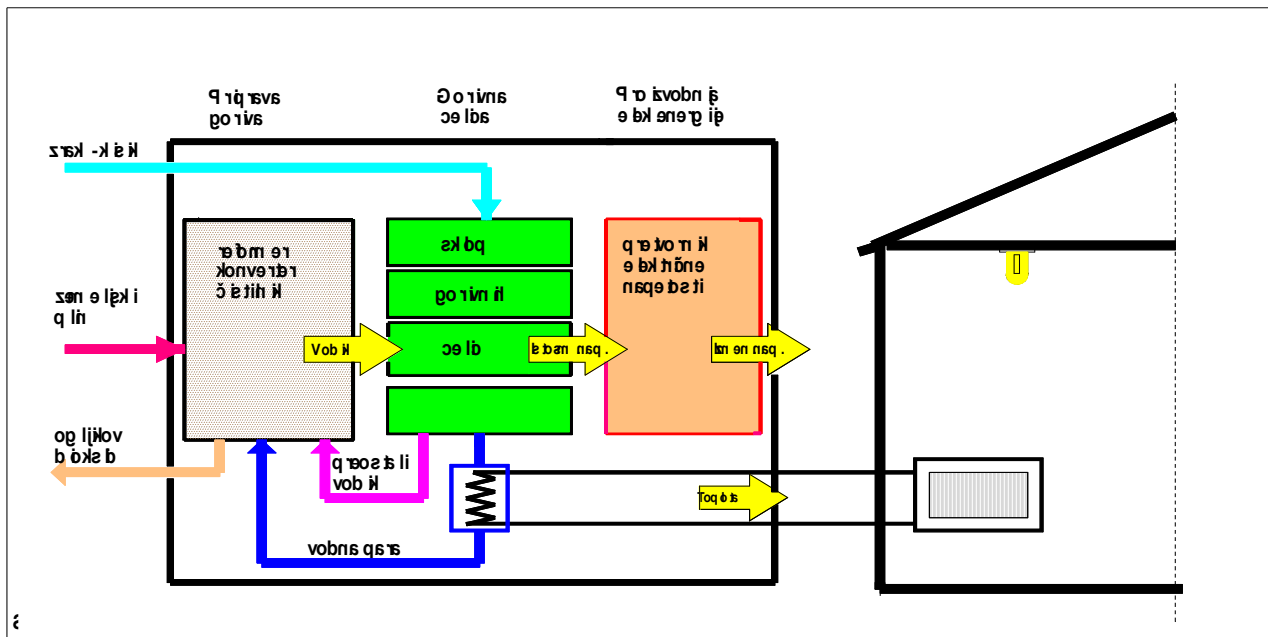
Gorivna celica je sestavljena iz dveh elektrod, anode in katode. Elektrodi ločuje polimerni elektrolit oziroma polimerna membrana. Na obeh straneh membrane se nahajata vodik in kisik. Membrana je prepustna za pozitivno nabite protone vodika. Osvoboditev elektronov iz molekul vodika omogoča katalitična površina anode. Pri tem vodik razpade na protone, ki gredo skozi membrano in elektrone, ki potujejo po vodniku na drugo stran membrane. Zaradi katalitične površine prihaja do ionizacije atomov kisika, ki reagirajo s protoni vodika, pri čemer nastajajo molekule vode. Pri omenjeni reakciji se sprošča toplota, usmerjeno gibanje elektronov v vodniku pa je dejansko električni tok enosmerne napetosti. Vse gorivne celice uporabljajo kot gorivo vodik in kisik, glavna razlika med njimi je vrsta elektrolita.

Kot elektrolit se v gorivnih celicah lahko pojavljajo (Grobovšek, 2-2011, Medved, 2009):

- kalijev hidroksid (najprej se je uporabljal v vesoljskih programih, najnovejši delujejo že pri temperaturi 70 °C),
- membranska izmenjava protonov (so optimalne gorivne celice za osebna vozila, saj jih odlikuje hiter zagon, delujejo po principu razgradnje molekule vodika na dva protona in dva elektrona na anodi),
- fosforna kislina (najpogosteje se uporablja v nepremičnih sistemih za sproizvodnjo toplote in električne energije),
- stopljen karbonat (deluje pri temperaturah okoli 650 °C, vodik se proizvede v sami napravi iz zemeljskega plina, propana ali dizelskega goriva, uporablja se v sproizvodnji toplote in električne energije),
- trdi oksid (deluje pri temperaturah okoli 1000 °C in se uporablja za sproizvodnjo toplote in električne energije, gorivna celica sama proizvaža vodik iz plinskih zmesi, saj molekule vodika zaradi visoke temperature razpadejo).

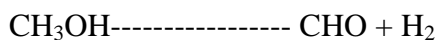
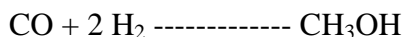
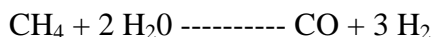
Gorivne celice zaradi proizvodnje električnega toka nizke napetosti povezujemo v module.

Zaradi sproizvodnje toplote in električne energije se gorivne celice lahko uporabljajo tudi za pokrivanje energetskih potreb stanovanjskih hiš. Na naslednji sliki je prikazana osnovna shema uporabe gorivne celice za sistem ogrevanja in proizvodnjo električne energije za družinsko hišo (Grobovšek, 2-2011). Za ogrevalne sisteme so najprimernejše nizkotemperaturne gorivne celice.



Slika 88: Shema uporabe gorivne celice za sistem ogrevanja in proizvodnjo električne energije
Vir: Grobovšek, 2-2011

Glede na dejstvo, da vodik kot gorivo še ni na razpolago, morajo biti naprave z gorivnimi celicami opremljene z posebno napravo – reformerjem, kjer iz zemeljskega plina dobimo vodik oziroma zmes vodika in ogljikovega dioksida. Poleg zemeljskega plina obstaja še izvedba gorivnih celic na bioplin, bencin, metanol in celo kurilno olje. Postopek za pridobitev vodika se imenuje katalitični reforming pare in zemeljskega plina. Kemične reakcije so:

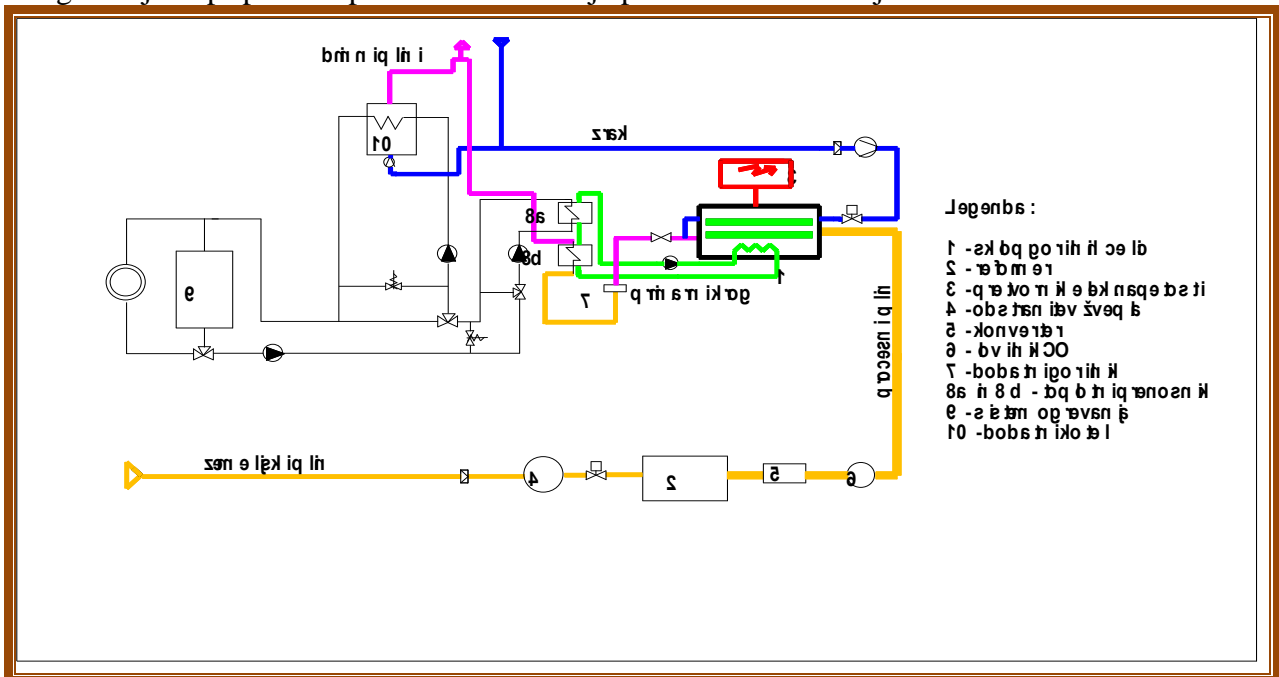


Kotlovsko enoto z gorivnimi celicami sestavljata:

- dva sistema za pripravo in obdelavo goriva (čiščenje, reformiranje vodika),
- sistem za pripravo vode,
- prenosnik toplote,
- pretvornik električne napetosti,
- dodatni vir toplote (najpogosteje kondenzacijski kotel) in
- avtomatska regulacija.

Priprava in obdelava goriva je najzahtevnejši postopek, zato je tudi trenutni razvoj usmerjen predvsem k temu, še relativno slabo raziskanem področju. Osnovno gorivo je zemeljski plin, iz katerega je v prvi fazi potrebno odstraniti žveplene spojine in ostale nečistoče. To je potrebno narediti zato, da ne bi prišlo do poškodovanja katalizatorja. V reformerju pride do mešanja plinov, vodne pare in zraka, pri čemer dobimo z vodikom obogaten procesni plin. Po navlažitvi vodimo plin do anode, kjer zaradi reakcije nastane električna energija in se sprošča toplota. Nastalo napetost, ki je enosmerna, v pretvorniku spremenimo v izmenično napetost (230 V/50 Hz). Sproščeno toploto, ki nastane pri reakciji odvajamo preko prenosnika toplote v sistem ogrevanja. Obstaja tudi možnost dodatnega zgorevanja preostalega vodika v posebnem gorilniku. Tako sproščeno toploto uporabimo za predgrevanje sestavin, ki vstopajo v reformer.

V času zelo nizkih zunanjih temperatur in za pokrivanje vršnih potreb po toploti je v ogrevalni sitem vgrajen kondenzacijski kotel. Obstaja tudi možnost priključka na sistem za pripravo tople sanitarne vode. Za odvod dimnih plinov obeh kotlov (kotla na gorivne celice in vršnega kotla) je predviden skupen odvod. Kotlovska enota z gorivnimi celicami, reformerjem, pretvornikom napetosti in komandno ploščo z regulacijo je združena v skupni kompaktni enoti. Za večje družinske hiše se načrtujejo kogeneracijske enote toplotne moči 50 kW in električne moči 4,5 kW. Pri takšnih enotah se predvideva 50 % zmanjšanje emisij CO₂ v primerjavi s klasičnimi kotli na zemeljski plin. Shematski prikaz ogrevalnega sistema s kotlom na gorivne celice in vršnim kotlom za ogrevanje in pripravo tople sanitarne vode je prikazan na naslednji sliki.



Slika 89: Shematski prikaz ogrevalnega sistema na gorivne celice in vršnim kotlom za ogrevanje in pripravo tople sanitarne vode
Vir: Grobovšek, 2-2011

Razmislite

1. Predstavite možnosti vključevanja gorivnih celic za pokrivanje energetskih potreb domače hiše.
2. Razložite princip pridobivanja energije iz vodika v gorivnih celicah.

POVZETEK

Avtomobili prihodnosti, energetska bilanca stavb ... bodo v bodoče verjetno povezani z izkoriščanjem energije vodika. Zaradi tega se raziskovanje na tem področju ni ustavilo in se bo nadaljevalo tudi v prihodnje. K temu nas silijo tudi vse višje cene fosilnih goriv, ki jih sedaj uporabljamo za pokrivanje osebnih energetskih potreb. Pri odločanju o zamenjavi tehnologije pa ne smemo gledati le na ceno, temveč tudi na okolje. Zaradi varovanja okolja bodo čistejšje tehnologije dolgoročno cenejše kljub trenutnim višjim cenam v primerjavi s fosilnimi gorivi, saj bodo prihranile marsikateri davkoplačevalski denar za odpravo posledic neurij in drugih naravnih nesreč. Imejmo to v mislih, ko se bomo odločali o naši prihodnosti in kvaliteti življenja na Zemlji.

5 UMEŠČANJE OBJEKTOV IN NAPRAV ZA IZKORIŠČANJE OVE V OKOLJE

Pri umeščanju objektov in naprav za izkoriščanje obnovljivih virov energije v okolje je potrebna pazljivost in strpnost do okolja. Uničevanje okolja za potrebe OVE je nevarnost, ki ima lahko hude in trajne posledice na okolje. Uničevanje rodovitne zemlje za gojenje energetskih rastlin, nekontrolirano izkoriščanje in sečnja gozda, nepravilna zajezitev rek, nekontrolirano izkoriščanje podtalne vode ... dolgoročno poškoduje naravna ravnovesja v okolju in uničuje naravne habitate. Veliko nevarnost za okolje predstavlja tudi aktualna energetska politika s subvencioniranjem prodajne cene proizvedene energije iz OVE. Zaradi tega predstavlja energetika možnost za velike finančne donose. In če vemo, da kapitala ne zanima okolje in kvaliteta življenja, temveč le njegovo plemenitenje, smo hitro v začaranem krogu nespametnega izkoriščanja naravnih virov in prej omenjenih tehnologij za pridobivanje energije. Zato naj bo vsaka nova naprava za izkoriščanje OVE pravilno umeščena v okolje. Še več, umestitev katerekoli zgradbe v okolje mora biti ocenjena glede njenih vplivov na okolje v času gradnje in po predaji objekta končnemu namenu. Zato bomo v nadaljevanju tega poglavja obravnavali presojo vplivov na okolje in energetska politiko glede finančnih spodbud za pridobivanje energije iz obnovljivih virov.

Pri kakršnem koli izgorevanju snovi, ki vsebuje ogljik, nastane ogljikov dioksid, ki se sprošča v zrak. Zaradi vse pogostejših ekoloških katastrof kot posledice povečane koncentracije ogljikovega dioksida in drugih toplogrednih vplivov smo prisiljeni iskati načine za pridobivanje energije iz virov z zaključenim krogom ogljikovega dioksida. Ob vse večjem zavedanju odvisnosti od energije in stalnem povečevanju onesnaženosti okolja postajajo obnovljivi viri energije vse bolj pomembni. Slednji niso količinsko omejeni in izkoriščanje le-te nima škodljivih posledic na okolje.

Glavni značilnosti obnovljivih virov energije sta trajnost in velik potencial. Pomembna lastnost je tudi njihova enakomerna razporeditev brez geopolitičnih ovir. Če ne neka oblika obnovljivega vira v neki deželi nerazvita, je po navadi ta dežela bogata z nekim drugim obnovljivim virom. Nizozemska na primer nima velikega potenciala vodne energije, ima pa močan potencial in dolgoletne izkušnje z uporabo energije vetra, če za Slovenijo ocenjujejo, da je potencial vetra majhen, velja tudi, da je pri nas potencial sončnega sevanja, biomase, vodne energije in geotermalne energije velik. Med energenti lahko le za obnovljive vire energije trdimo, da so enakomerno razporejeni med bogate in revne prebivalce Zemlje.

Obnovljivih virov energije ne moremo shraniti z naravnimi sistemi, ki bi omogočali rabo energije takrat, ko jo potrebujemo, shranimo jo lahko samo v obliki biomase in toplote oceanov. Za shranjevanje energije obnovljivih virov v obliki notranje, kemične, kinetične ali potencialne energije uporabljamo različne naprave. To pa zmanjšuje učinkovitost in podraži izkoriščanje obnovljivih virov. Za obnovljive vire je značilna tudi nizka gostota moči. Zaradi tega morajo biti naprave pri enaki imenski moči precej večje od naprav, v katerih uporabljamo fosilna ali jedrska gorivo. Zaradi tega z napravami za izkoriščanje obnovljivih virov energije posegamo tudi v okolje in prostor, v katerega jih postavljamo.

Še preden začnemo rešitve na opisane izzive iskati v obnovljivih virih energije, pa se je treba vprašati, koliko energije sploh potrebujemo in ali jo izrabljamo učinkovito. V Sloveniji raba elektrike narašča za okvirno 6% na leto. Pri takšni rasti porabe je težko pričakovati, da bomo lahko

omembe vreden delež elektrike kmalu pridelovali iz OVE. Zaradi tega je spodbujanje rabe OVE smiselno edino, če vzporedno potekajo tudi ukrepi za spodbujanje varčevanja in učinkovite rabe energije. V Sloveniji uporabo OVE pogosto spremlja nezadovoljstvo in celo nasprotovanje javnosti. Že nekaj primerov je pokazalo, da je neprimeren projekt rabe OVE lahko negativen tako iz vidika okolja kot tudi iz vidika družbe in gospodarstva (Preddvor – daljinsko ogrevanje na lesno biomaso, Volovja reber – izkoriščanje vetrne energije, Pirniče – postavitve 1 MW bioplinarne). Vendar pa to ne pomeni in ne sme pomeniti, da so OVE slabi za okolje, družbo in gospodarstvo. Potrebno se je naučiti iskati rešitve, ki imajo drugačno naravo kot rešitve pri rabi fosilnih goriv. Naučiti se moramo iskati rešitve v majhnih projektih, ki so last lokalnih skupnosti, v razvoj katerih je javnost vključena že od samega začetka, pri katerih se mnenje javnosti upošteva in pri katerih obstajajo tudi alternativne rešitve. Ne v megalomanskih projektih, ki so vsiljeni s strani države ali investitorja ter o katerih javnost izve šele takrat, ko se ne da ničesar več spremeniti.

Razpršenost obnovljivih virov energije pogosto narekuje izkoriščanje le-teh v majhnih napravah, ki imajo minimalen vpliv na okolje in neposredno okolico. Le gradnja z okolico skladnih in za okolje sprejemljivih objektov bo dolgoročno pomenilo skladen razvoj izkoriščanja obnovljivih virov energije in trajnosten razvoj kraja in okolice.

Pozitiven vpliv uvajanja obnovljivih virov energije na okolje se kaže predvsem v znižanju emisij toplogrednih plinov v okolje. S poslovnega vidika je izkoriščanje OVE tudi poslovna priložnost številnih podjetnikov. Vendar pa moramo kljub velikim pozitivnim učinkom pazljivo umeščati naprave za izkoriščanje OVE v okolje. Pri tem ne smemo zanemariti potencialnih negativnih vplivov na okolje, kot so degradacija kmetijskih površin zaradi enostranskega pridelovanja energetskih rastlin, čezmerno izkoriščanje biomase, izkoriščanje rodovitnih površin za postavitve fotovoltaičnih sistemov ipd. Pri tem moramo posebno pozornost nameniti nevarnosti preusmerjanja kmetijskih posevkov – hrane v energetske namene in s tem povečevanje prehranske odvisnosti od uvoza hrane.

5.1 CELOVITA PRESOJA VPLIVOV NA OKOLJE

Celovita presoja vplivov na okolje zagotavlja visoko raven varstva okolja in prispeva k vključevanju okoljskih vidikov v pripravljanje in sprejemanje planov in programov z namenom spodbujati trajnostni razvoj. Običajno vodi postopek presoje vplivov na okolje Ministrstvo za okolje in prostor, pri čemer sodelujejo resorno pristojni državni organi in organizacije ter javnost preko zakonsko določene obveze o tridesetdnevni javni razgrnitvi okoljskega poročila in njegove revizije.

Presoja vplivov na okolje je bila uvedena z Zakonom o varstvu okolja (ZVO) kot poseben postopek, v katerem je treba ugotoviti, ali nameravani poseg v okolje, ki predstavlja potencialno nevarnost za okolje, lahko povzroči njegovo poškodbo ali degradacijo, oziroma ali je ta poseg sploh možen z vidika posledic na okolje. Pri tem se je izhajalo iz enega izmed najpomembnejših načel varstva okolja, to je načela preventive, ki določa, da mora biti vsak poseg v okolje projektiran in izveden tako, da povzroči čim manjšo spremembo okolja in čim manjše tveganje za okolje. Konkretnejše zahteve o tem, v katerih primerih je treba izvesti to presojo, je določila Uredba o vrstah posegov v okolje, za katere je obvezna presoja vplivov na okolje ([Uradni list RS, št. 78/2006 z dne 25. 7. 2006](#)). Med temi posegi je najti posege v prostor, ki predstavljajo bodisi večje onesnaževanje bodisi večja tveganja za okolje. Presoja vplivov na okolje se izvede na podlagi poročila o vplivih na okolje, ki mora biti izdelano v skladu z Navodilom o metodologiji za izdelavo poročila o vplivih na okolje (Uradni list RS, št. 70/96). V postopek presoje vplivov na okolje mora biti obvezno vključena javnost, če pa gre za poseg, ki bi lahko vplival tudi na ozemlje drugih držav, je treba le-te o tem pravočasno obvestiti. Prizadete države imajo tako po prejemu takega obvestila možnost sodelovanja v postopku presoje vplivov na okolje. Presoja vplivov na okolje se je po ZVO izvedla z

izdajo okoljevarstvenega soglasja, ki ga je izdajala Agencija RS za okolje (ARSO) kot organ v sestavi Ministrstva za okolje in prostor, kot akcesorni akt k dovoljenju za poseg v prostor (Zakon o varstvu okolja, 2006).

Celovita presoja vplivov na okolje se izvede za plan ali spremembo plana, ki ga na podlagi zakona sprejme pristojni organ države ali občine za urejanje prostora, uravnavanja voda, gospodarjenja z gozdovi, lova, ribištva, rudarstva, kmetijstva, energetike, industrije, transporta, ravnanja z odpadki in odpadnimi vodami, oskrbe prebivalstva s pitno vodo, telekomunikacij in turizma, če se z njim določa ali načrtuje poseg v okolje, za katerega je treba izvesti presojo vplivov na okolje, skladno z Zakonom o varstvu okolja. Če plan pomembno vpliva na zavarovano območje ali območje Nature 2000 sam po sebi ali v povezavi z drugimi plani, je potrebno v sklopu CPVO izvesti presojo sprejemljivosti njegovih vplivov oziroma posledic na varovana območja.

Vpliv planov in posegov glede na veljavno zakonodajo vrednotimo po petstopenjski lestvici. Ocena vplivov izvedbe plana je sestavljena iz podocen vsake od ugotovljenih posledic plana na uresničevanje okoljskih ciljev plana (Zakon o varstvu okolja, 2006). Vrednotenje vplivov plana na uresničevanje okoljskih ciljev plana se ugotavlja v naslednjih velikostnih razredih:

- razred A: ni vpliva oziroma je pozitiven vpliv,
- razred B: vpliv je nebitven,
- razred C: vpliv je nebitven zaradi izvedbe omilitvenih ukrepov,
- razred D: vpliv je bistven,
- razred E: vpliv je uničujoč,
- razred X: ugotavljanje vpliva ni možno.

Če se podocene katerekoli od ugotovljenih posledic izvedbe plana na okoljske cilje plana uvrstijo v velikostni razred A, B ali C, so vplivi sprejemljivi. V primeru ocene C so vplivi sprejemljivi pod pogojem, da se izvedejo omilitveni ukrepi. V primeru uvrstitve podocen v velikostni razred D ali E, so vplivi plana za uresničevanje okoljskih ciljev nesprejemljivi.

Metodologija presoje vplivov na okolje

Presoja vplivov se izvede na podlagi poročila o vplivih na okolje, ki mora biti izdelano v skladu z navodili o metodologiji za izdelavo poročila o vplivih na okolje. Pri tem se presoja sledeče pričakovane obremenitve okolja (Navodila o metodologiji za izdelavo poročila o vplivih na okolje, 1996):

1. emisije snovi v zrak,
2. emisije snovi v vode,
3. emisije snovi v tla,
4. obremenitev okolja z odpadki,
5. obremenitev okolja z emisijami elektromagnetnega sevanja,
6. obremenitev okolja z emisijami ionizirnega sevanja,
7. obremenitev okolja z emisijami hrupa,
8. obremenitev z vplivi na zdravje ljudi,
9. obremenitev z vplivi na kulturno dediščino,
10. obremenitev z vplivi na rastline ali živali.

Poročilo mora vsebovati opis in oceno dejanskega stanja okolja in njegovih sestavin, značilnosti posega, njegovih pričakovanih vplivov na okolje, predvidenih okoljevarstvenih ukrepov, pričakovanih sprememb okolja in vse druge elemente, določene kot vsebina poročila o vplivih na okolje po predpisih o varstvu okolja.

Opis dejanskega stanja okolja, na katerega lahko poseg vpliva, vsebuje podatke o:

- osnovnih značilnostih lokacije posega,

- stanju ter obstoječi obremenjenosti okolja in njegovih sestavin pred posegom, vključno z rezultati meritev.

Opis osnovnih značilnosti lokacije posega obsega predvsem podatke o meteoroloških, hidroloških, geoloških, pedoloških in bioloških lastnostih lokacije, o vrsti zemljišča (stavbno, kmetijsko, vodno, priobalno, gozdno zemljišče, nerodovitni svet) oziroma o njegovi dejanski rabi, podatke iz zemljiškega katastra, o stanju in kakovosti naravnih dobrin, bližini naravnih vrednot ali drugih naravnih dobrin s statusom zavarovanega naravnega bogastva ali naravnega javnega dobra, poselitvi in bivalni kakovosti prostora, objektih kulturne dediščine, krajini in o glavnih dejavnostih na območju. Opis mora zajeti zlasti tiste značilnosti lokacije, ki so glede na vrsto posega pomembne za presojo sprejemljivosti posega za okolje.

Opis stanja in obstoječe obremenjenosti okolja in njegovih sestavin obsega količinske in kakovostne podatke o stanju in obremenjenosti voda, zraka in tal, rastlinstva in živalstva ter njihovih habitatov, ekosistemov, o obremenjenosti okolja z odpadki, s hrupom in sevanjem. Obsega tudi opis obstoječih obremenitev okolja, posebno če gre za tveganje ali nevarnost za okolje.

Opis značilnosti posega vsebuje zlasti podatke o:

- namembnosti posega, o njegovi velikosti, obsegu ali zmogljivosti,
- načinu uporabe ali obratovanja in predvidenem trajanju oziroma obstoju posega,
- o njegovih gradbenih in prostorskih, tehničnih in tehnoloških, okoljskih ter drugih značilnostih, ki so pomembne za določitev vplivov na okolje.

Pri prostorskih značilnostih posega je treba opisati zahtevnost posega z vidika rabe prostora oziroma zemljišč, glede na reliefno razgibanost, rodovitnost, stabilnost in nosilnost terena, hidrološke značilnosti lokacije, značilnosti ozračja ter prisotnost rastlinstva ali živalstva. Upoštevajo se predvsem tisti vidiki, ki so pomembni za poseg oziroma za ugotavljanje njegovih vplivov na okolje.

Opis tehničnih in tehnoloških značilnosti posega obsega zlasti opis najpomembnejših naprav in tehnologije, proizvodnih in predelavnih procesov, vrste in količine porabljenih materialov ter načina porabe, surovin ali izdelkov, ki se uporabljajo, ter njihov izvor, porabo energije po posameznih virih, količin in vrste stranskih proizvodov in odpadkov ter načina ravnanja z njimi. Pri proizvodnji končnih izdelkov je treba navesti tudi značilnosti njihovega življenjskega ciklusa (od izvora do ponora).

Opis okoljskih značilnosti posega obsega predvsem opis predvidenih načinov in virov vplivov na okolje ter predvideno rabo ali porabo naravnih virov, poleg tega pa tudi predvideno snovno in energetska bilanco obratovanja ali uporabe, če je to za vrsto posega značilno in pomembno. Posebno pozornost je treba nameniti nevarnim snovem, če se te uporabljajo ali če nastajajo pri gradnji ali obratovanju ali uporabi posega. V tem delu poročila je treba opisati tudi zahtevnost posega glede na infrastrukturno opremljenost in promet na območju ter povezanost z drugimi posegi.

Določitev in ovrednotenje vplivov posega na okolje z vidika onesnaževanja se nanaša predvsem na:

- emisije plinastih, tekočih ali trdnih snovi v zrak, površinske vode, podtalnico ali v tla,
- emisijo vonjav,
- emisije hrupa, ionizirnega ali elektromagnetnega sevanja ali toplote,
- nastajanje odpadkov.

Določitev in ovrednotenje vplivov posega na okolje z vidika razvrednotenja okolja se nanašata predvsem na:

- spremembe naravnih in drugih pogojev kakovosti življenja,
- vplive na identiteto in izgled naravnega okolja in krajine,
- vplive na naravne vrednote ali naravno javno dobro,
- možno zmanjšanje vrednosti nepremičnin in izgubljeni dobiček.

Določitev in ovrednotenje vplivov posega na okolje z vidika poškodbe okolja se nanašata predvsem na:

- vplive na prostoživeče živalske vrste in prostorastoče rastlinske vrste ter njihove habitate,
- vplive na naravno ravnotežje in ekosisteme,
- spremembe zaradi posegov v vodo, zemljišča ali tla, podzemni svet.

Določitev in ovrednotenje vplivov posega na okolje z vidika tveganja in nevarnosti za okolje se nanašata predvsem na:

- vplive, povezane z uporabo nevarnih snovi,
- povzročanje vibracij ali drugih vplivov na seizmološke in geofizikalne pojave,
- možnosti nastanka ekoloških nesreč,
- možnosti nastanka naravnih nesreč kot posledice posega.

Določitev in ovrednotenje vplivov posega na okolje z vidika rabe in izkoriščanja naravnih dobrin se nanaša predvsem na:

- rabo, uporabo ali izkoriščanje obnovljivih in neobnovljivih naravnih dobrin za potrebe nameravanega posega,
- vplive na rabo ali izkoriščanje obnovljivih in neobnovljivih naravnih dobrin v zvezi z nameravanim posegom,
- vplive na izčrpavanje zalog potrebnih naravnih dobrin,
- vplive na naravne dobrine na lokaciji nameravanega posega.

Pri vrednotenju vplivov posega na okolje in sprejemljivosti sprememb v okolju je treba izhajati iz temeljnih ciljev in načel varstva okolja, ki zajemajo najmanj:

- preprečevanje in zmanjševanje obremenitev za okolje, odpravo poškodb okolja ter ponovno vzpostavitev njegovih regeneracijskih sposobnosti,
- ohranjanje vitalnosti narave, biološke raznovrstnosti in ekološkega ravnotežja,
- ohranjanje raznovrstnosti in kakovosti naravnih dobrin, ohranjanje rodovitnih zemljišč,
- ohranjanje in obnavljanje pestrosti ter kulturne in estetske vrednosti krajine in naravnih vrednot,
- smotrno rabo naravnih virov, snovi in energije, prehod na rabo obnovljivih virov in zmanjševanje porabe.

Pri ocenjevanju vplivov je treba poleg okoljskih značilnosti lokacije posega upoštevati tudi:

- ugotovitve in usmeritve študije ranljivosti okolja in na njeni podlagi določene stopnje varovanja okolja pred obremenitvami,
- rezultate študije za celovito presojo vplivov na okolje, ki je pripravljena za prostorski planski akt ali sektorski načrt gospodarjenja z naravno dobrino.

Vaja

Naredite celostno presojo vplivov za okolje za postavitev bioplinarne velikosti 1 MW z vsemi spremljajočimi objekti (silaža za koruzo, digestorji idr.). Pri tem si pomagajte z opisom tehnologije bioplinarne in z zakonodajo, navedeno v tem poglavju.

Če iz določitve in ocene vplivov posega na okolje izhaja, da pomeni poseg tveganje za okolje in so zaradi tega potrebna posebna opozorila, napotila in priporočila prebivalstvu ali drugi posebni

ukrepi, je v poročilu treba opisati potrebne ukrepe in območje, na katerem so ti potrebni, ter oceniti njihovo ustreznost (Navodila o metodologiji za izdelavo poročila o vplivih na okolje, 1996).

5.2 FINANČNE VZPODBUDE ZA IZKORIŠČANJE OVE

V kolikor želi Evropska unija doseči zastavljene cilje s področja OVE do leta 2020, potem mora nadaljevati s finančnimi spodbudami za vključevanje tehnologij OVE. Investicije v te tehnologije so namreč še vedno izredno visoke in se v večini primerov ne povrnejo v manj kot 20 letih, če upoštevamo le trg. S pomočjo subvencij za proizvedeno energijo pa se doba vračanja investicije močno skrajša, običajno na manj kot 10 let. To pa je že doba vračanja, ki je zanimiva za investitorje, zato smo v zadnjih letih pričali postaviti številnih objektov za pridobivanje energije iz obnovljivih virov.

Trg z energijo v Sloveniji uravnava Javna agencija RS za energijo. Agencija je predstavljena na spletni strani: <http://www.agen-rs.si/sl/>, kjer je predstavljena cenovna politika ravnanja z obnovljivimi viri energije in subvencijska shema za odkup električne energije iz obnovljivih virov energije. Subvencije so različne glede na stroške postavitev posamezne skupine tehnologije in se letno spreminjajo. Objavljene so na spletnem naslovu: <http://www.borzen.si/slo/>.

Vaja

S pomočjo podatkov na internetnem naslovu: <http://www.borzen.si/slo/> primerjajte prodajne cene električne energije, pridobljene iz različnih obnovljivih virov.

Razmislite

1. Utemeljite potrebo po celoviti presoji vplivov na okolje za objekte, ki jih umeščamo v naravni prostor.
2. Analizirajte vplive na okolje v primeru novonastalega trgovskega kompleksa.
3. Primerjajte vplive na okolje za jedrsko elektrarno in hidroelektrarno. Naredite primerjavo obeh objektov s termoelektrarno, ki izkorišča fosilna goriva kot vir energije.
4. Pojasnite pomen subvencionirane prodajne cene električne energije iz obnovljivih virov.

POVZETEK

Zakon kapitala deluje drugače, kot bi si želeli varuhi narave. Teži k svoji rasti in povečevanju na račun drugega, saj je njegova količina omejena, menja le lastnika. Zato je kapital agresiven in uničujoč do okolja, saj svojo vrednost lahko poveča le v okolju. Pa naj bodo to nova stanovanja, tovarne ali pa energetske objekti, ki puščajo svoj trajen pečat. Zaradi tega je potrebno kapital omejiti oziroma ovrednotiti njegov vpliv na okolje. Včasih mu je potrebno pomagati s subvencijami, s katerimi zmanjšamo njegovo grabežljivost do sprejemljivega nivoja. Presoja vplivov na okolje in subvencijske sheme so navedene v tem poglavju z namenom, da se tega zavedamo in jih upoštevamo pri načrtovanju dejavnosti v okolju.

6 LITERATURA

Alianta d.o.o. 2010. *Pregled možnosti koriščenja potencialnih biogoriv v Sloveniji*. (online). 2011. (citirano 18.1.2011). Objavljeno na naslovu: http://www.sugre.info/europe_map.phtml.

Arnšek, A. *Ozimna ogrščica in uporaba olja za biodizel*. Diplomsko delo. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo, 2001.

ARSO, *Vreme, podnebje, karte*. (online). 2010. (citirano 21.12.2010). Objavljeno na naslovu: <http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/karte/karta4038.html>.

ARSO. *Podnebne razmere v Sloveniji*. (online). 2011. (citirano 15.1.2011). Objavljeno na naslovu: http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/podnebne_razmere_Slo71_00.pdf.

AURE. *Energetska izraba bioplina*. (online). 2011. (citirano 14.1.2011). Objavljeno na naslovu: www.gov.si/aure.

AURE 1. *Solarni sistemi za pripravo tople vode in ogrevanje stavb*. (online). 2011. (citirano 7.1.2011). Objavljeno na naslovu: http://www.aure.gov.si/eknjiznica/IL_1-17.PDF.

Babuder, M., Beravs, F., Kopač, J., Lah, T., Merše, S., Nemac, F., Stojanovič, B., Svobjšak, M., Škornik, S., Volfand, J., Žebeljan, D. *Obnovljivi viri energije (OVE) v Sloveniji*. Celje: Fit media, 2009.

Bajs, B. *Načrtovanje in izbira ogrevalnega sistema: seminarska naloga*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2010.

Bertalanič, R. *Ocenjevanje energijskega potenciala vetra*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, 2008.

Borzen. *Borzen*. (online). 2011. (citirano 12.3.2011). Objavljeno na naslovu: <http://www.borzen.si/slo/>.

Butara, V., Turk, J., *Lesna biomasa – neizkoriščen domači vir energije*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Center za energetske in ekološke tehnologije, 1998.

Contreras, M. A., Romero, M. J., Noufi, R. (2006). *Characterization of Cu(In,Ga)Se₂ Materials Used in Record Performance Solar Cells*. *Thin Solid Films*. EMSR: Proceedings of Symposium F on Thin Film and Nanostructured Materials for Photovoltaics, 31 May - 3 June 2005, Strasbourg, France. Vol. 511-512, 2006; pp. 51-54; NREL Report No. JA-520-38196, 2005.

Dvoršak, B. *Samooskrba z energijo: magistrsko delo*. Velenje: Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, 2010.

Ekodom. *Postavitev sončnih kolektorjev*. (online). 2011. (citirano 7.1.2011). Objavljeno na naslovu: http://www.ekodom.com/o_sK_postavitev_in_izvedba.html.

Evropska komisija. *Boj proti podnebnim spremembam*. Bruselj: ec.europa.eu/publications, 2008.

Fakulteta za arhitekturo. *Kaj je pasivna hiša.* (online). 2011. (citirano 15.2.2011). Objavljeno na naslovu: <http://www.fa.uni-lj.si/default.asp?id=2497>.

Flag, H. *Biomasse – nachwachsende Energie.* Malsheim: 1998.

Glavnik, A. *Prihaja pravi trenutek za solarne sisteme.* Maribor: ENSVET – Energetsko svetovanje za občane, Energetsko svetovalna pisarna Maribor, 2011.

Gorenjske elektrarne, *Delovanje razsmernikov.* (online). 2010. (citirano 21.12.2011). Objavljeno na naslovu: <http://www.gorenjske-elektrarne.si/Nase-elektrarne/Soncne-elektrarne>.

Grobelšek, M. *Sončni kolektorji.* Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2008.

Grobovšek, B. *Osnovni kriteriji za načrtovanje pasivne hiše.* (online). 2011. (citirano 7.1.2011). Objavljeno na naslovu: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT216.htm>.

Grobovšek, B. *Plinske absorpcijske toplotne črpalke za ogrevanje in hlajenje.* Ljubljana: Gradbeni inštitut ZRMK, Svetovanje, Članki, 2010.

Grobovšek, B. *Uporaba gorivnih celic za sistem ogrevanja.* Ljubljana: Gradbeni inštitut ZRMK, Svetovanje, Članki, 2-2011.

Gumilar, D. *Možnost regionalne rabe obnovljivih virov energije v Sloveniji:* Diplomsko delo. Ljubljana: Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 2008.

HE Gorenjske elektrarne. *Sodobnemu življenju pomembna energija.* (online). 2011. (citirano 21.1.2011). Objavljeno na naslovu: <http://www.gorenjske-elektrarne.si/Nase-elektrarne/Hidroelektrarne/HE-Cerklje>.

HSE. *Med številkami.* (online). 2011. (citirano 21.1.2011). Objavljeno na naslovu: <http://www.hse.si/razvojni-nacrti-in-nalozbe/gradnja-he-na-spodnji-savi/med-stevilkami>.

Javna agencija za energijo. *Javna agencija za energijo.* (online). 2011. (citirano 1.3.2011). Objavljeno na naslovu: <http://www.agen-rs.si/sl/>.

Jejčič, V., Poje, T. *Biogas Regions.* Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije, 2009.

Kajfež – Bogataj, L., Hočevar, A. *Izbrana poglavja iz biometeorologije.* Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 1999.

Kopše, I., Krajnc, N. *Ogrevanje z lesom.* Ljubljana: Zavod za gozdove, Agencija za učinkovito rabo in obnovljive vire energije, Gozdarski inštitut Slovenije, 2005.

Lakota, M., Tušar, L. *Mednarodni simpozij Bioplin, tehnologija in okolje.* Zbornik predavanj, Maribor, Rakičan, Murska Sobota: Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo, 2007.

Medved, S., Arkar, C. *Energija in okolje: obnovljivi viri energije.* Ljubljana: Zdravstvena fakulteta, Projekt Concerto Remining-Lowex, 2009.

Metzger, W. K., Albin, D., Romero, M. J., Dipko, P., Young, M. *CdCl₂ Treatment, S Diffusion, and Recombination in Polycrystalline CdTe*. Article No. 103703. Journal of Applied Physics. Vol. 99(10), 2006; 6 pp., NREL Report No. JA-520-39298, 2006.

Mulc, J. *Geografsko vrednotenje hidroenergetskega potenciala Slovenije*: Diplomsko delo. Ljubljana: Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 2010.

Plut, D. *Vodni viri Slovenije*. Ljubljana: Geografski obzornik, 50, 3-4, 2003.

Resource Guide. *Fuel Fact Sheets*. (online). 2011. (citirano 18.2.2011). Objavljeno na naslovu: <http://www.greenfuels.org/ethindex.html>.

Romih, R. *Vetrna elektrarna*: Diplomsko delo. Celje: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, 2008.

Salunkhe, D. K. *World oilseeds*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

Sopori, B. (2006). *16th Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells and Modules: Materials and Processes: Extended Abstracts and Papers*. 254 pp.; NREL Report No. BK-520-40424.

Strajnsak, M. *Toplotne črpalke za vaš dom*. (online). 2011. (citirano 15.2.2011). Objavljeno na naslovu: http://www.toplotne-crpalke.com/toplotne_crpalke.html.

SURS. *Letna energetska statistika, Slovenija, 2009 – končni podatki*. (online). 2011. (citirano 21.1.2011). Objavljeno na naslovu: http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=3464.

SURS 1. *Učinkovita raba energije v Sloveniji*. (online). 2011. (citirano 14.2.2011). Objavljeno na naslovu: http://www.stat.si/novice_poglej.asp?ID=914.

Šijanec Zavrl, M., Tomšič, M., Skubic, M., Rakušček, A., Dolinar, U. *Energetska izkaznica stavbe*. (online). 2011. (citirano 22.2.2011). Objavljeno na naslovu: <http://www.gi-zrmk.si/EUprojekti/budi/WP5/WP5%20D15%20information%20package%20common%20part%20Slovenia.pdf>.

Šrot, N. *Geografski pogoji rabe sončne energije (fotovoltaike) v Sloveniji in na Portugalskem*: Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, 2007.

Švent, L. *Projekt: Delo in energija, Didaktika fizike I*. Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, 2010.

Tiba. *Kriterij za postavitev solarne – sončne elektrarne*, (online). 2010. (citirano 21.12.2011). Objavljeno na naslovu: <http://www.tiba.si/clanki/kriteriji-za-postavitev-solarne-soncne-elektrarne.html>.

Uradni list RS. *Uredba o vrstah posegov v okolje, za katere je potrebno izvesti presojo vplivov na okolje*. (online). 2011. (citirano 15.2.2011). Objavljeno na naslovu: <http://www.uradni-list.si/1/index?edition=200678>.

Uradni list RS. *Navodila o metodologiji za izdelavo poročila o vplivih na okolje*, Ljubljana: Uradni list RS, št. 70/1996 z dne 6.12.1996, 1996.

Uradni list RS. *Zakon o varstvu okolja*. Ljubljana: Uradni list RS, št. 39/2006, 2006.

Vodik. (online). 2011. (citirano 21.1.2011). Objavljeno na naslovu: <http://sl.wikipedia.org/wiki/Vodik>.

Yan, Y., Noufi, R., Al-Jassim, M. M. *Grain-Boundary Physics in Polycrystalline CuInSe₂ Revisited: Experiment and Theory*. Article No. 205501. Physical Review Letters. Vol. 96(20), 2006; 4 pp.; NREL Report No. JA-520-39431, 2006.

ZRMK. *Pasivna hiša*. (online). 2011. (citirano 7.1.2011). Objavljeno na naslovu: <http://gcs.gi-zrmk.si/svetovanje/BOGFE/BOGFEPasivnahisa.pdf>.

Projekt **Impletum**

Uvajanje novih izobraževalnih programov na področju višjega strokovnega izobraževanja v obdobju 2008-11

Konzorcijski partnerji:



Operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada ter Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007-2013, razvojne prioritete 'Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja' in prednostne usmeritve 'Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja'.