

IZOBRAŽEVALNO GRADIVO

ENERGIJA IN PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

ZA OSNOVNOŠOLCE

Povzeto po gradivu *Energija in proizvodnja električne energije*, Robert Rožman, 2010, dopolnjeno leta 2016.



Vsebina

1	Energija	3
2	Proizvodnja električne energije	5
2.1	TERMOELEKTRARNE	6
2.2	PLINSKE ELEKTRARNE.....	8
2.3	JEDRSKA ELEKTRARNA	10
2.3.1	Tlačnovodni reaktor – PWR (Pressurized Water Reactor).....	11
2.3.2	Reaktorska sredica.....	12
2.3.3	Gorivni element	13
2.3.4	Gorivna palica	13
2.3.5	Gorivni cikel.....	14
2.3.6	Jedrsko gorivo	14
2.3.7	Jedrska varnost in zaščita pred sevanjem	15
2.4	OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE	17
2.4.1	Vodne elektrarne	17
2.4.2	Vetrne elektrarne.....	21
2.4.3	Biomasa	23
2.4.4	Geotermalna energija	25
2.4.5	Bibavica.....	26
2.4.6	Sončne elektrarne.....	27
3	Električna energija	30
4	Elektrarne in okolje.....	34
5	Primer testne pole	35

1 Energija

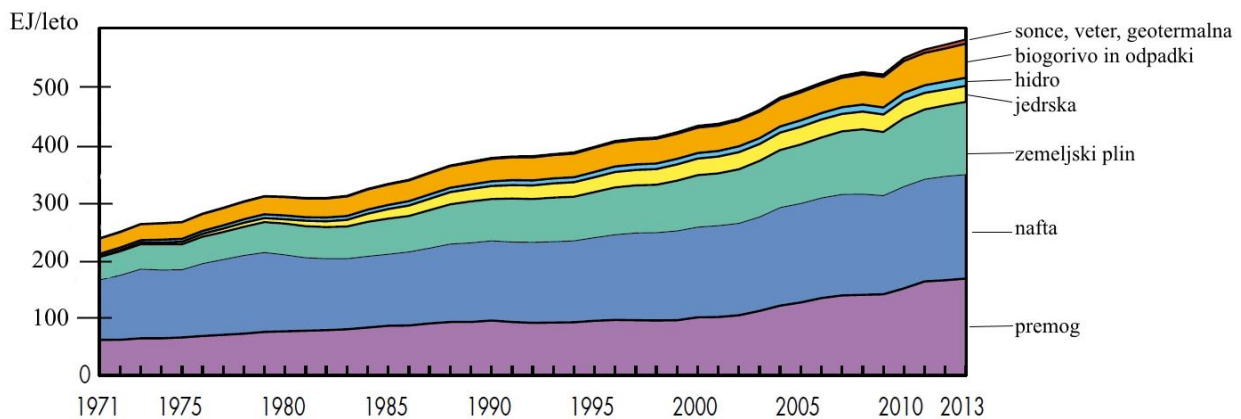
Energija je nujno potrebna **za odvijanje vseh procesov v naravi**: za gibanje predmetov in delcev, prenos toplote, kemijske reakcije in življenjske procese. Je neuničljiva, lahko pa se pretvarja iz ene oblike v drugo. Glavne oblike energije so:

- kinetična energija (energija zaradi gibanja teles),
- potencialna energija (energija zaradi premagovanja sile na določeni razdalji),
- kemijska energija (vrsta notranje energije, ki je odvisna od jakosti kemijskih vezi),
- električna energija (kinetična ali potencialna energija nabitih delcev),
- toplotna energija (energija gibanja oziroma nihanja atomov ali molekul v snovi) in
- energija mase (energija, povezana s pretvorbo mase v energijo in obratno).

Procesi, ki smo jih uvodoma omenili, potekajo ob pretvorbah energije iz ene oblike v drugo. Med njimi je zelo pomembna pretvorba toplotne energije v kinetično (ali mehansko). V mehansko energijo pa lahko pretvorimo le del toplotne energije, kar imenujemo toplotni izkoristek.

Večina energije prihaja na Zemljo s Sonca v obliki toplote. Ta toplota povzroča segrevanje Zemlje in posledično vse vremenske pojave (vetrovi, izhlapevanje iz oceanov, padavine). Del energije Sončevega sevanja se s procesom fotosinteze akumulira v sladkorju, ki nastaja v rastlinah. To energijo lahko prejmejo živa bitja v obliki hrane, lahko pa se sprosti kot toplotna energija, npr. pri kurjenju lesa. Sončna energija, ki se je v minulih milijonih let akumulirala v rastlinah, je danes shranjena v obliki notranje energije t. i. fosilnih goriv (premog, nafta, zemeljski plin) in je danes največji vir energije v svetu. Med izvori energije, ki niso s Sonca, je najpomembnejša jedrska energija, ki se sprošča pri določenih pretvorbah atomskih jeder. Pri teh pretvorbah ali jedrskih reakcijah iz določenega kemičnega elementa praviloma nastane drug kemični element. Izkaže se, da so tudi na Soncu vir energije pretvorbe atomskih jeder, in ugotovimo lahko, da pravzaprav vsa energija v vesolju izvira iz jedrskih reakcij.

Človek – tako kot vsa druga živa bitja – potrebuje energijo za življenje. To dobi s hrano. Poleg tega pa ljudje porabimo še bistveno več energije za vse svoje dejavnosti: ogrevanje, razsvetlavo, predelavo surovin, industrijsko proizvodnjo, transport ipd. Pridobivanje in porabo energije za potrebe človekovih dejavnosti proučuje veda *energetika*.



Na sliki: Rast svetovne porabe energije iz različnih virov (Key World Energy Statistics 2015, IEA.
Enota EJ je enaka 10^{18} J)

Do začetka industrijske revolucije je človek porabljal energijo izključno za hrano, ogrevanje in razsvetljavo. V procesu industrializacije je začel uporabljati premog in skupna poraba energije je začela naraščati. Ta rast se je začela skokovito povečevati zlasti po drugi svetovni vojni, in sicer zaradi hitrega industrijskega razvoja, motornega prometa ter splošne rasti svetovnega prebivalstva. Danes je eden največjih izzivov človeštva, kje in kako najti dovolj energije za vse te potrebe in kako jo proizvajati brez pretiranih vplivov na okolje. V energetiki ima posebno vlogo električna energija, saj je energijo v tej obliki razmeroma enostavno prenašati na velike razdalje, poleg tega pa je zelo kakovostna, ker jo lahko z minimalnimi izgubami pretvarjamo v druge oblike.

Električno energijo pridobivamo v **elektrarnah**. Med klasične elektrarne sodijo hidroelektrarne in termoelektrarne. Hidroelektrarne (HE) izkoriščajo potencialno oziroma kinetično energijo vode, ki poganja turbino, ta pa generator. V termoelektrarnah (TE) s sežiganjem fosilnih goriv (premog, nafta, plin) segrevamo vodo, nastala para pa poganja turbino, povezano z generatorjem.

Jedrske elektrarne (JE) so v osnovi zelo podobne termoelektrarnam, le da za segrevanje vode ne izkoriščajo toplote, ki se sprošča pri izgorevanju fosilnih goriv, temveč toploto, ki se sprošča pri določeni jedrski reakciji, tj. pri cepitvi jeder atomov urana. Okoli 81 odstotkov vse električne energije na svetu pridobimo v klasičnih elektrarnah, v jedrskih elektrarnah pa okoli 11 odstotkov. V Franciji je delež električne energije iz jedrskih elektrarn mnogo višji, tudi preko 70 odstotkov, v Sloveniji pa je ta delež skoraj 40 odstotkov.

S t. i. alternativnimi viri električne energije, ki izkoriščajo energijo vetra, energijo sončnega obsevanja ipd., pridobimo okoli 2 odstotka električne energije. Čeprav lahko na določenem območju z ugodnimi naravnimi danostmi alternativni viri predstavljajo pomemben vir energije, ni verjetno, da bi se v bližnji prihodnosti njihov globalni delež opazno povečal. Izkaže se namreč, da imajo takšne elektrarne razmeroma majhno moč, v njih proizvedena energija pa je tudi bistveno dražja kot v klasičnih ali jedrskih. Poleg tega je njihova proizvodnja marsikdaj nepredvidljiva in odvisna od vremena.

2 Proizvodnja električne energije

Elektrarne pretvarjajo energijo naravnih virov v električno delo oziroma električno energijo. Ker električnega dela ne moremo shraniti, ga takoj pretvarjamo v ustrezno obliko energije (mehansko, magnetno ...).

Naravne vire delimo na:

- obnovljive in
- neobnovljive.

Obnovljivi viri (voda, sonce, veter ...) se v naravi stalno obnavljajo. Če jih izkoristimo, lahko pridobivamo koristno energijo, sicer je ta energija izgubljena. Delno jo lahko tudi shranimo oziroma akumuliramo. Neobnovljivi viri (nafta, premog, plin, jedrsko gorivo) se ne obnavljajo.

Elektrarne ločimo glede na pogon:

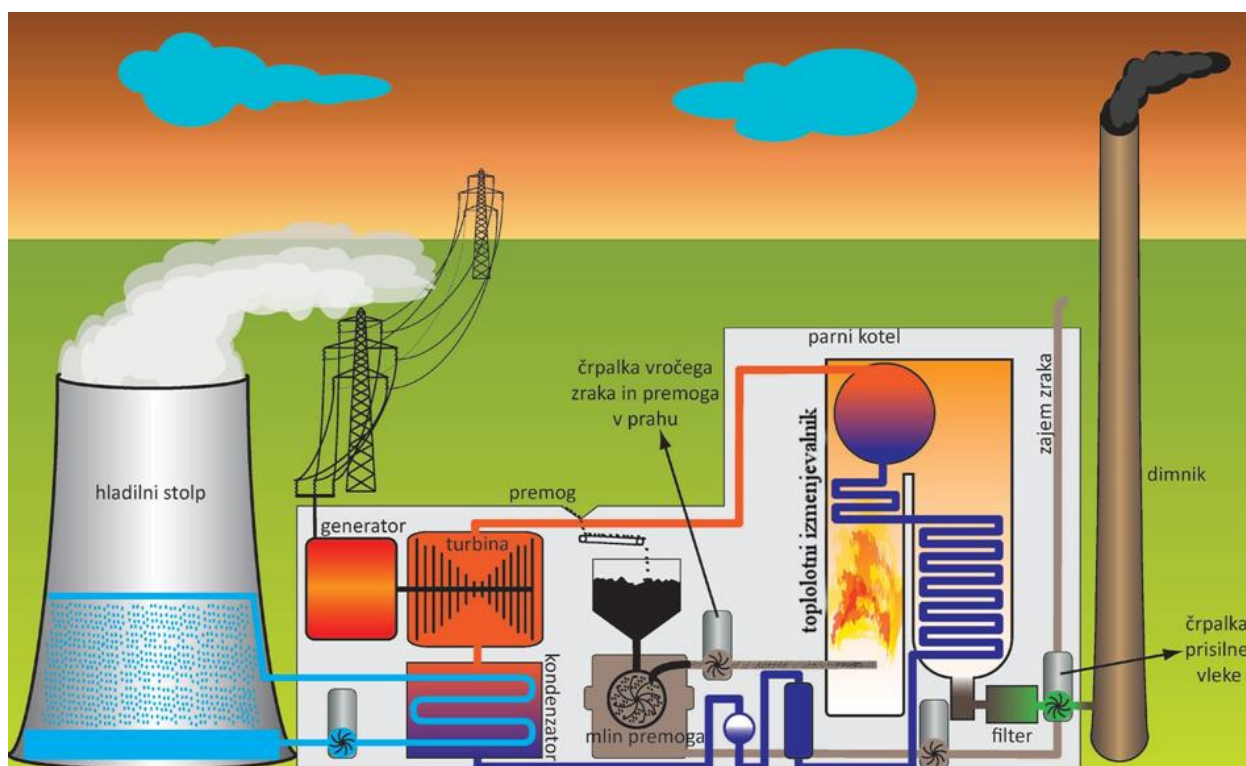
- hidroelektrarne (pretočne, akumulacijske, črpalne),
- termoelektrarne (na trda goriva, plin, tekoča goriva),
- jedrske elektrarne (jedrsko gorivo) in
- elektrarne, ki uporabljajo alternativne vire (veter, geotermalna voda, biogorivo, sonce ...).

2.1 TERMOELEKTRARNE

Za termoelektrarne (TE) je značilno, da imajo pri delovanju osrednjo vlogo toplotni procesi. TE ločimo glede na vrsto goriva, ki so:

- trda,
- tekoča in
- plinasta.

Za izgradnjo TE na trda goriva (premog) so pomembni: nahajališča premoga, dovolj velike količine vode, možnost vključitve elektrarne v električno omrežje, vpliv na okolje in možnost odlaganja odpadkov (žlindre, pepela). Poseben problem v TE so izpusti ogljikovega dioksida (CO₂) in žveplovega dioksida (SO₂) v ozračje.



Na sliki: Tehnološka shema termoelektrarne

Premog delimo na kurilne vrednosti:

vrsta premoga	kurilna vrednost [MJ/kg]
črni	27,6–33,1
rjavi	14,2–23,4
lignit	7,9–12,1

Iz tehnološke sheme je razvidno, da premog s transportnimi napravami vodimo v silose, od tu pa na mline. Premogov prah usmerimo v gorilne komore (kurišče). Istočasno v kurišče dovajamo še segreti zrak, ki ga pred tem segrejemo z vročimi plini. V kurišču je temperatura od 1000 do 1200 stopinj Celzija (°C).

V parnem kotlu pridobivamo paro tako, da segrevamo napajalno, tehnološko čisto vodo. Izvedbe sodobnih parnih kotlov so poševne, cevne, in stolpne. Para ima temperaturo 550 stopinj Celzija in tlak 18 megapaskalov (MPa). Paro še segrevamo, da je popolnoma suha (ne vsebuje vlage), nato jo vodimo do parnih turbin (visoko-, srednje- in nizekotlačne). Kondenzat ohlajamo s hladilno vodo s pomočjo hladilnih stolpov. Pomembno vlogo imajo čistilne naprave, saj pri izgorevanju premoga nastaja kar nekaj za okolje in ozračje škodljivih produktov. Prašne delce zadržujemo z elektrofiltri, ogljikov dioksid (CO₂) in žveplov dioksid (SO₂) pa z razžvepljevalnimi napravami.

TE potrebujejo za lastno rabo od 5 do 10 odstotkov proizvedene električne energije (mlini, ventilatorji, transportne naprave, čistilne naprave itd.).

V Sloveniji obratujeta dve termoelektrarni, ki kot energetski vir uporabljata premog:

ime elektrarne	inštalirana moč
TE Šoštanj	695 MW
TE-TO Ljubljana	124 MW



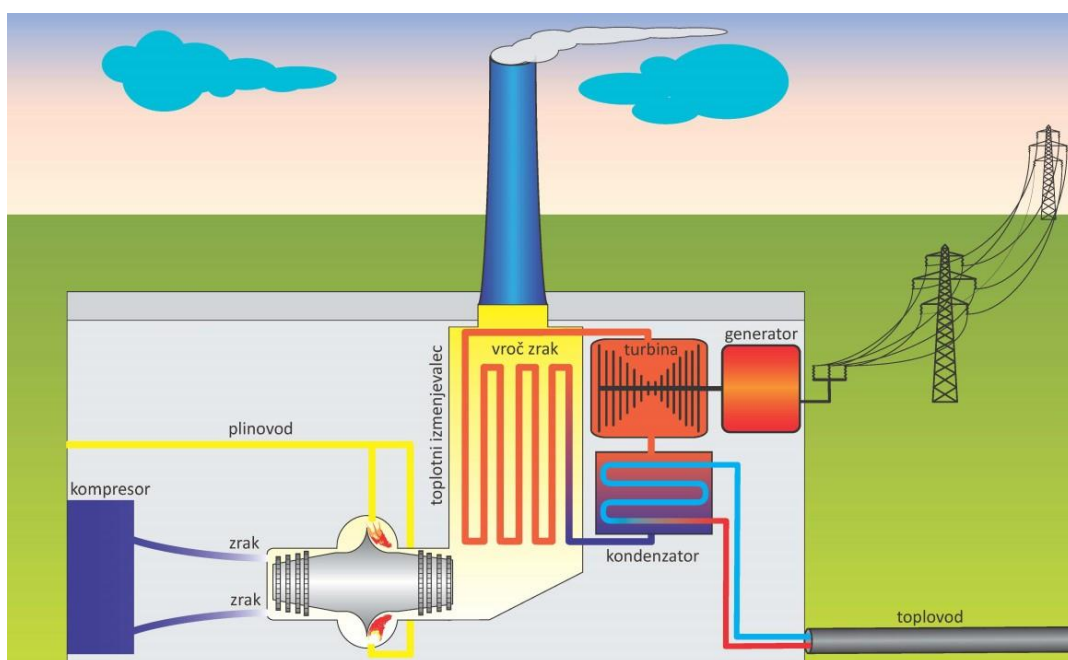
Na sliki: Termoelektrarna Šoštanj – največja termoelektrarna v Sloveniji

2.2 PLINSKE ELEKTRARNE

Plinske elektrarne (PE) so se pričele graditi po letu 1960, ko so razvili materiale za izdelavo plinskih turbin, obstojne pri visokih temperaturah, in po oskrbi države s plinom. Temperatura plina, ki ga vodimo na turbino, je od 800 do 1300 stopinj Celzija. PE so pomembne za pokrivanje koničnih obremenitev (največja moč, ki jo v določenem obdobju dneva prevzame odjemalec ali jo dobavi elektroenergetski sistem) v dnevnem diagramu in ob izpadu drugih elektrarn, ker omogočajo hiter zagon in obremenitev.

Glede na pogonske stroje delimo PE na:

- elektrarne s stroji z notranjim izgorevanjem (manjše moči do 0,5 MW) in
- elektrarne s plinskimi turbinami (za moči do 259 MW na zemeljski plin).



Na sliki: Tehnološka shema plinske elektrarne

Prednosti plinskih elektrarn:

- majhen prostor za izgradnjo,
- nizki investicijski stroški,
- ni potrebna hladilna voda,
- kratek zagonski čas,
- enostavno vzdrževanje in upravljanje,
- visok izkoristek,
- nizki izpusti ogljikovega dioksida (CO_2) in žveplovega dioksida (SO_2).

Slabosti plinskih elektrarn:

- visoka cena goriv (zemeljski plin, kurilno olje),
- malo število obratovalnih ur pomeni še višjo ceno kilovatne ure na pragu elektrarne (električna energija, ki se odda v elektroenergetski sistem).

V Brestanici je bila zgrajena plinsko-parna elektrarna z močjo 3 x 23 megavatov (MW), nato pa še dva bloka plinske elektrarne z močjo po 114 megavatov.

PE Brestanica ima pomembno vlogo ob morebitnem razpadu elektroenergetskega sistema. Hitri zagon in otočno obratovanje (obratovanje PE Brestanica, ki je po razpadu sistema začasno ločena od preostalega elektroenergetskega sistema) zagotavljata varnost obratovanja Nuklearne elektrarne Krško. Trenutno poteka projekt zamenjave treh plinskih blokov PB 1-3, ki jih bo nadomestil nov plinski agregat z inštalirano močjo 50 megavatov.



Na sliki: Plinska elektrarna Brestanica

Inštalirane moči plinskih elektrarn v Sloveniji:

ime elektrarne	inštalirana moč
PE Šoštanj	84 MW
PE Brestanica	297 MW

2.3 JEDRSKA ELEKTRARNA

V jedrskem reaktorju se z verižno reakcijo cepitev jeder uranovega izotopa ^{235}U nadzorovano sprošča jedrska energija, ki se (večinoma) spreminja v toploto. Kot stranski produkti nastajajo različni radioaktivni izotopi, sproščajo pa se tudi različna ionizirajoča sevanja.

V vsakem jedrskem reaktorju je jedrsko gorivo, ki največkrat vsebuje uran. Gorivo je lahko izdelano iz naravnega ali obogatene urana, v katerem je s posebnimi metodami povečan delež urana 235 , zato je tako gorivo učinkovitejše. Gorivo je nameščeno v reaktorski sredici. Doslej so razvili že veliko različnih vrst reaktorjev. Poleg proizvodnje (električne) energije so reaktorji namenjeni še za raziskovanje, proizvodnjo izotopov, testiranje materialov in druge posebne namene, kot je npr. ladijski pogon. Njihove zasnove so lahko zato zelo različne. Osnovni deli jedrske elektrarne so prikazani v tehnološki shemi.

Jedrska elektrarna ima primarni sistem, po katerem se razlikuje od klasične termoelektrarne, in sekundarni ter terciarni sistem, ki pa sta podobna kot v termoelektrarni.

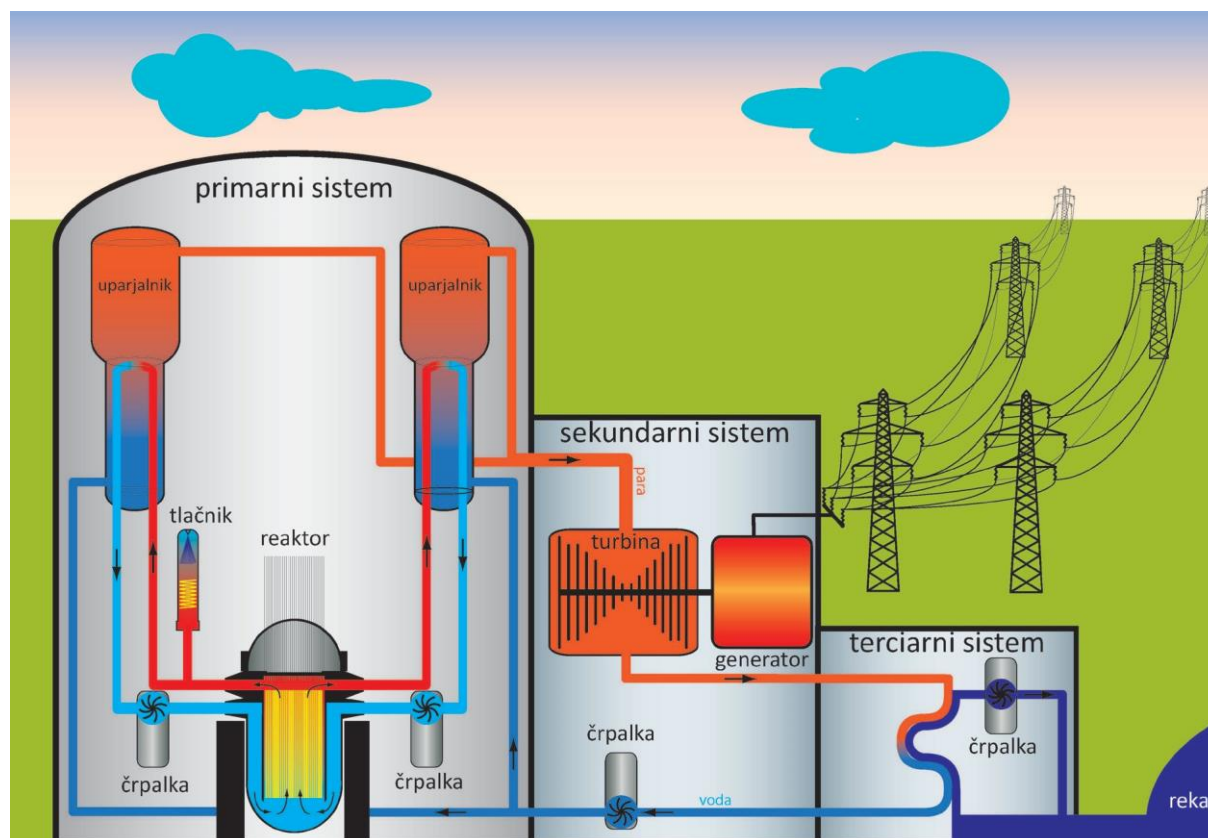
Reaktorji za proizvodnjo energije oziroma jedrske elektrarne imajo več izvedb, ki jih ločimo glede na to, katero vrsto goriva, moderatorka (snov, ki zavira hitrost nevtronov v jedrskem reaktorju) in hladila uporabljajo.



Na sliki: Nuklearna elektrarna Krško

2.3.1 Tlačnovodni reaktor – PWR (Pressurized Water Reactor)

Še danes najbolj razširjen tip reaktorjev je tlačnovodni reaktor. Njegova glavna značilnost je, da je tlak vode v reaktorju tako visok, da se ta ne uparja (na primer 15,5 MPa, tj. 155 barov), temperatura primarne vode pa je okoli 330 stopinj Celzija. Primarna voda v uparjalnikih odda toploto sekundarni vodi, ki se uparja in poganja turbino.



Na sliki: Shema tlačnovodne Nuklearne elektrarne Krško

Prednost tlačnovodnih elektrarn je, da je primarno radioaktivno hladilo z vmesnim sekundarnim sistemom učinkovito ločeno od oolja. Po drugi strani pa vmesni sistem pomeni več komponent, višjo ceno in več možnih okvar.

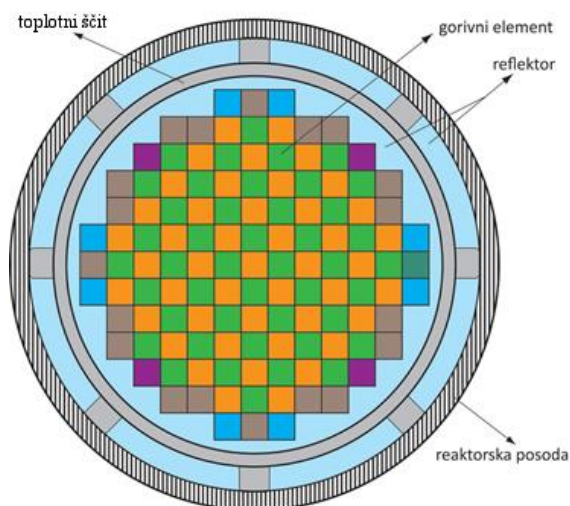
Tehnologija tlačnovodnih reaktorjev se je izkazala za tehnično zanesljivo in ekonomsko učinkovito, zato je danes kar 60 odstotkov vseh obratujočih jedrskih elektrarn tega tipa. Tudi Nuklearna elektrarna Krško (NEK) je tlačnovodna jedrska elektrarna.

Celoten primarni sistem (reaktorska posoda, uparjalnika, primarni črpalke in tlačnik) je v zadrževalnem hramu – veliki jeklenobetonski stavbi, ki obmorebitni nesreči učinkovito prepreči sproščanje radioaktivnih snovi v okolje.

Tlačnovodni reaktor je moderiran in hlajen z ustrezno predelano navadno vodo. V reaktorju je tako visok tlak, da voda ne zavre. Toplota se prenaša na sekundarni krog v uparjalniku, kjer nastaja para, ki poganja turbino. Del toplote, ki je ni možno pretvoriti v mehansko delo, se v kondenzatorju odda hladilni vodi, ki kroži v terciarnem sistemu. V NEK se za hlajenje kondenzatorja uporablja voda iz reke Save, druge elektrarne pa se poleg vode iz rek lahko hladijo tudi z vodo iz jezer ali morja.

2.3.2 Reaktorska sredica

Reaktorska sredica je izvor toplote. Osnovni deli sredice so gorivo, reaktorsko hladilo, elementi regulacije reaktivnosti in nuklearna instrumentacija. V NEK je reaktorska sredica sestavljena iz 121 gorivnih elementov.



Na sliki: Razpored gorivnih elementov

Reaktorsko sredico sestavljajo tri vrste gorivnih elementov:

- elementi z gorivom,
- elementi z gorivom in nevtronskimi absorpcijskimi palicami,
- elementi z gorivom in gorljivimi absorbenti.

Reaktorska sredica je zložena v kvadratnem razporedu iz dimenzijsko enakih gorivnih elementov.

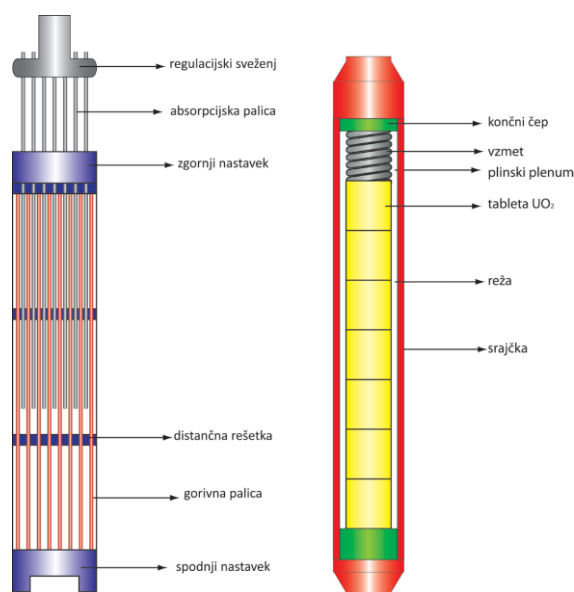
Podatki o sredici NEK:

ekvivalentni premer sredice	2,45 m
ekvivalentna višina sredice	3,66 m
razmerje H ₂ O/U v vroči sredici	2,23
število gorivnih elementov	121
število gorivnih palic v gorivnem elementu	235
razporeditev gorivnih palic	16 x 16
dolžina gorivne palice	3,658 m
debelina srajčke	0,572 mm
notranji premer srajčke	8,317 mm
gradivo srajčke	ZIRLO
kemijska sestava goriva	UO ₂
premer tabletke goriva	8,192 mm
višina tabletke goriva	9,8 mm

2.3.3 Gorivni element

Gorivni element sestavljajo gorivne palice, med katerimi teče primarno hladilo reaktorja, spodnji in zgornji nastavek, distančne rešetke, vodila absorpcijskih palic in vodilo za instrumentacijo. V gorivnem elementu NEK so gorivne palice razporejene kvadratno (16 x 16); v enem gorivnem elementu je 235 gorivnih palic, ostale pozicije do 256. pa so namenjene za vodila absorpcijskih palic in vodilo za instrumentacijo.

Zgornji in spodnji nastavek gorivnega elementa usmerjata pretok hladila, distančne rešetke pa preprečujejo vibracije gorivnih palic. Večina distančnih rešetk ima še mešalne lopatice, ki povečajo vrtnčenje pretoka primarnega hladila.



Na sliki: Gorivni element (levo) in gorivna palica (desno)

2.3.4 Gorivna palica

Sestavni del gorivnega elementa je gorivna palica. Srajčke gorivnih palic so iz kovinske zlitine, in sicer iz cirkonijeve zlitine (ZIRLO), ki je dober prevodnik toplote. Zgoraj in spodaj so tesno zavarjene. V gorivnih palicah so tablete iz obogatene uranovega dioksida (UO₂), ki so valjaste oblike, premera okoli 8 milimetrov in višine okoli 10 milimetrov. Prazen prostor na vrhu gorivne palice (plenum) je namenjen plinskim fizijskim produktom, ki nastajajo med izogrevanjem goriva. V zmet v gorivni palici stiska tablete v aksialni smeri in jih s tem drži na svojih mestih. Prazen prostor v cevi je zapolnjen s helijem pod določenim tlakom. Gorivna palica je dimenzionirana tako, da tlak v njej ne preseže tlaka hladila, in sicer zato, da se gorivna palica v življenjski dobi sredice ne splošči.

Vsaka gorivna palica je v gorivni element vstavljena tako, da obstaja prazen prostor med koncema palice in zgornjim oziroma spodnjim nastavkom. V vsaki rešetki jo bočno podpirajo posebne vzmeti. Taka utrditev omogoča svobodno aksialno toplotno raztezanje palice in preprečuje njeno upogibanje.

V tlačnovodnem reaktorju nastaja 97,4 odstotka toplote v gorivu, 2 odstotka v hladilu in 0,6 odstotka v konstrukcijskih materialih, predvsem v toplotnem ščitju.

2.3.5 Gorivni ciklus

Gorivni ciklus imenujemo obdobje med dvema načrtovanima remontoma, ko ob menjavi izrabljenega goriva s svežim v jedrski elektrarni opravijo vzdrževalna dela, preverjanja in posodobitve opreme.

Od leta 2006 je v Nuklearni elektrarni Krško gorivni ciklus podaljšan na 18 mesecev. Podaljšani gorivni ciklus omogoča:

- večjo razpoložljivost elektrarne iz elektroenergetskega vidika,
- manjšo količino radioaktivnih odpadkov in
- večje ekonomske učinke elektrarne.

Pri vsaki cepitvi jedra urana ^{235}U se sprosti 200 megaelektronvoltov (MeV) energije. Skupna masa goriva v NEK je 48,7 tone. Obogatitev svežega goriva urana 235 je do 4,9 odstotka. Toplotna moč reaktorja je 2000 megavatov, največji izkoristek elektrarne 36 odstotkov in moč na pragu 696 megavatov.

Gorivni elementi v sredici reaktorja morajo biti razporejeni tako, da dosežemo dva cilja, in sicer:

- da se prepreči neželjeno kopičenje moči ter
- da se minimalizirajo stroški gorivnega ciklusa.

Prvi cilj dosežemo tako, da pravilno izberemo sveže gorivo z vsemi karakteristikami, ki bodo pomembne za izgorevanje reaktorske sredice v naslednjem gorivnem ciklusu. Drugi cilj pa dosežemo z namestitvijo izgorelih svežnjev goriva na obodu. Sveže in manj izgorelo gorivo namestimo v notranjost sredice. Takšna razporeditev gorivnih elementov omogoča enako dolžino ciklusa z manjšim številom svežih gorivnih elementov in s tem večji prihranek pri stroških goriva. Pri takšnih razporeditvah se močno zmanjša tudi obsevanost reaktorske posode.

2.3.6 Jedrsko gorivo

Gorivni krog zajema dejavnosti, kot so rudarjenje, izdelava gorivnih elementov njihova uporaba v sredici, shranjevanje izrabljenih gorivnih elementov in njihova predelava. Gorivni krog v tlačnovodnih reaktorjih razdelimo na tri stopnje:

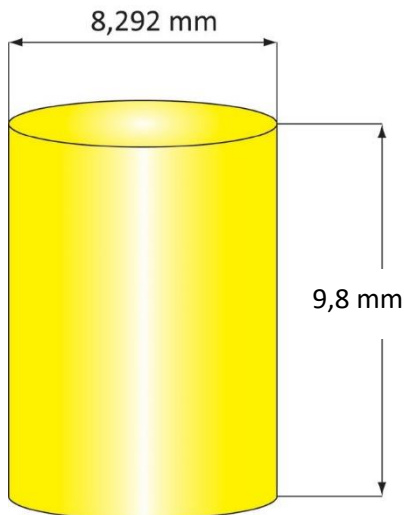
- Priprava goriva obsega izdelavo rumene pogače U_3O_8 , njeno konverzijo v uranov heksafluorid (UF_6), ki je pri normalni temperaturi plin, obogatitev goriva in izdelavo gorivnega elementa.
- Ravnanje z gorivom v sredici obsega postopke, povezane z izgorevanjem goriva v reaktorju.
- Ravnanje z izrabljenim gorivom pomeni shranjevanje, prevoz, skladiščenje oziroma predelavo izrabljenega goriva.

Uranova ruda vsebuje do 1 odstotek urana. V naravnem uranu je vsebnost urana 235 okrog 0,7 odstotka. V tlačnovodnih reaktorjih so gorivo tabletko uranovega dioksida (UO_2), v katerih je vsebnost urana 235 od 2 do 5 odstotkov. Pravimo, da je uran obogaten. V raziskovalnih reaktorjih pa se uporablja gorivo, ki je obogateno do 80 odstotkov.

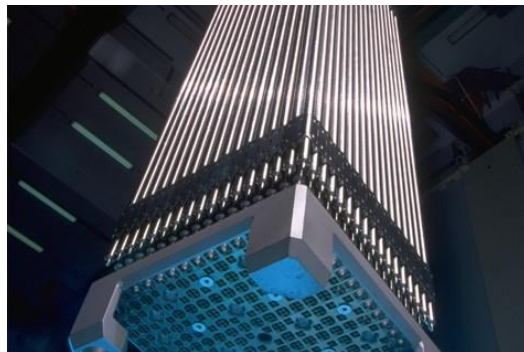
Prva faza v predelavi rude je rumena pogača U_3O_8 , v kateri je od 70 do 80 odstotkov oksida, ostalo je voda. Rumeno pogačo običajno predelamo v uranov heksafluorid (UF_6) ki ima vrelišče pri 55 stopinjah Celzija.

Nato se izvede obogatitev v centrifugah. Poleg urana obogatimo še nekatere druge elemente, katerih posamezni izotopi so pomembni v jedrski tehnologiji.

Obogateni uranov heksafluorid (UF_6) se nato predela v uranov dioksid (UO_2), ki ga stisnejo v tabletko in sintrajo (s segrevanjem povzročiti, da se delci natalijo in sprimejo). Tabletko goriva uranovega dioksida (UO_2) se vstavlja v gorivne palice, ki so del gorivnega elementa.



Na sliki: Tabletko uranovega dioksida



Na sliki: Gorivni element

Med obratovanjem reaktorja jedrsko gorivo oddaja energijo in se postopoma izrablja. Izrabljeni gorivni elementi so še vedno zelo radioaktivni, oddajajo toploto, vendar niso več primerni za proizvodnjo električne energije. Lahko jih skladiščimo oziroma odlagamo kot visokoradioaktivne odpadke, lahko pa jih tudi recikliramo in uporabimo za proizvodnjo novega goriva – MOX. To je danes tudi težnja – da bi iz izrabljenega goriva pridobivali plutonij 239 (Pu^{239}) in ga nato uporabili kot novo gorivo.

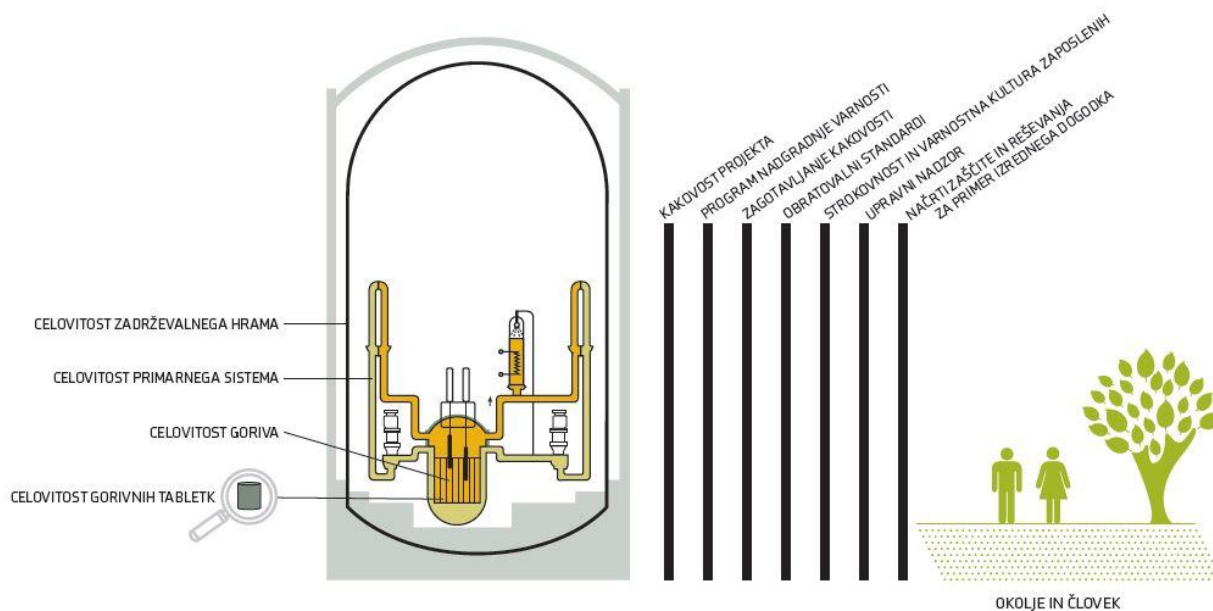
2.3.7 Jedrska varnost in zaščita pred sevanjem

Delo z radioaktivnimi snovmi zahteva visoke varnostne standarde. Zagotovljeno mora biti:

- varovanje posameznikov, družbe in okolja pred radiološkimi nevarnostmi,
- varstvo pred sevalnimi obremenitvami ter
- preprečevanje nezgod oziroma nesreč, zlasti tistih z večjimi radiološkimi posledicami.

Strokovnjaki, ki delajo z izvori sevanja gama, uporabljajo predvsem svinčeno zaščito (svinčene rokavice, predpasnike, zaščitne plošče itd). V jedrski elektrarni ščitimo ljudi, ki delajo na območjih, kjer so na površinah ali v zraku prisotne radioaktivne snovi, in sicer s posebnimi zaščitnimi oblačili in respiratorno opremo.

V jedrski elektrarni zagotavljamo jedrsko varnost in preprečujemo pobeg radioaktivnih snovi v okolje s tako imenovano globinsko obrambo. Ta temelji na zasnovi zaporednih fizičnih pregrad in več varnostnih ravni.



Na sliki: Varnost, zagotovljena s pregradami in varnostnimi ravni

Zasnova več fizičnih pregrad pomeni, da morajo radioaktivne snovi, preden iz svojega vira v sredici prodrejo v okolje, skozi več zaporednih pregrad. Varnostne ravni se zagotavljajo s tehnološkimi, organizacijskimi in upravnimi rešitvami.

Jedrsko varnost zagotavljamo tudi s pravilnim in odgovornim shranjevanjem nizko-, srednje- in visokoradioaktivnih odpadkov. Nizko- in srednjerradioaktivne odpadke, ki so nastali med obratovanjem NEK, hranijo v posebni zgradbi v elektrarni. Za njihovo trajno odlaganje in za varno shranjevanje radioaktivnih odpadkov malih povzročiteljev radioaktivnih odpadkov (organizacije s področja medicine, raziskovalnih dejavnosti in medicine) pa je zadolžena Agencija za ravnanje z radioaktivnimi odpadki – ARAO (www.arao.si). Njen cilj je zagotoviti učinkovito, varno in odgovorno ravnanje z vsemi vrstami radioaktivnih odpadkov pri nas od njihovega nastanka do končne odložitve.

Visokoradioaktivne odpadke trenutno shranjujemo v sami jedrski elektrarni, kjer je v bazenu za izrabljeno gorivo shranjenih približno 1200 gorivnih elementov. Po vsakem obratovalnem ciklusu med remontom se v bazen shrani okrog 56 izrabljenih gorivnih elementov.

Poleg zagotovljenih varnostnih pregrad in varnostnih ravni ima v jedrskih elektrarnah in okolici pomembno vlogo ekološki nadzor, ki zajema meritve radioaktivnih sevanj v elektrarni in njeni okolici.

V tehnološkem delu elektrarne stalno merimo sevanje in kontaminacijo z:

- območnimi monitorji in
- procesnimi monitorji.

Meritve se izvajajo tudi izven elektrarne, in sicer z merjenjem ravni sevanja, doz in jemanjem različnih vzorcev na več lokacijah.

Omejitev doze sevanja iz Nuklearne elektrarne Krško, ki se meri ob njeni ograji, znaša 0,2 milisiverta (mSv) na leto.

2.4 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE

2.4.1 Vodne elektrarne

Zemlja je edini planet v našem osončju, ki ima tekočo vodo. Približno 71 odstotkov Zemlje pokrivajo vodne površine, od tega je 97 odstotkov morske vode, ostalo je sladka voda.

Voda ima in je imela v življenju ljudi vedno pomembno vlogo – najprej za preživljanje ljudi, nato za promet in kasneje pridobivanje električne energije.

Prva elektrifikacija v sedanji Sloveniji se je izvedla v Mariboru leta 1883, ko so začeli uporabljati električno razsvetljava, in leta 1908 v Javorniškem Rovtu. Sledila je hidroelektrarna (HE) Završnica leta 1915, ki obratuje še danes. Za Štajersko je bila velikega pomena HE Fala leta 1918. Danes v Sloveniji v hidroelektrarnah proizvedemo okoli 30 odstotkov vse električne energije.

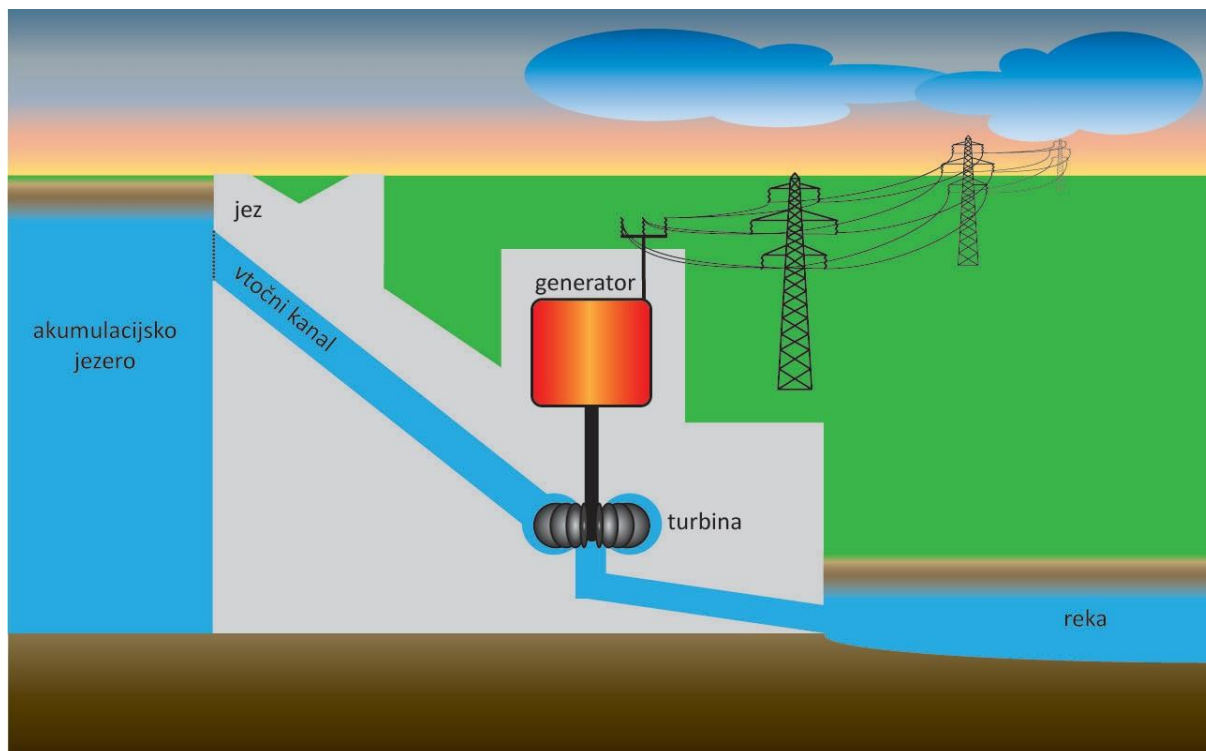
Hidroelektrarne delimo v tri skupine:

- pretočne,
- akumulacijske (pretočno-akumulacijske) in
- črpalne.

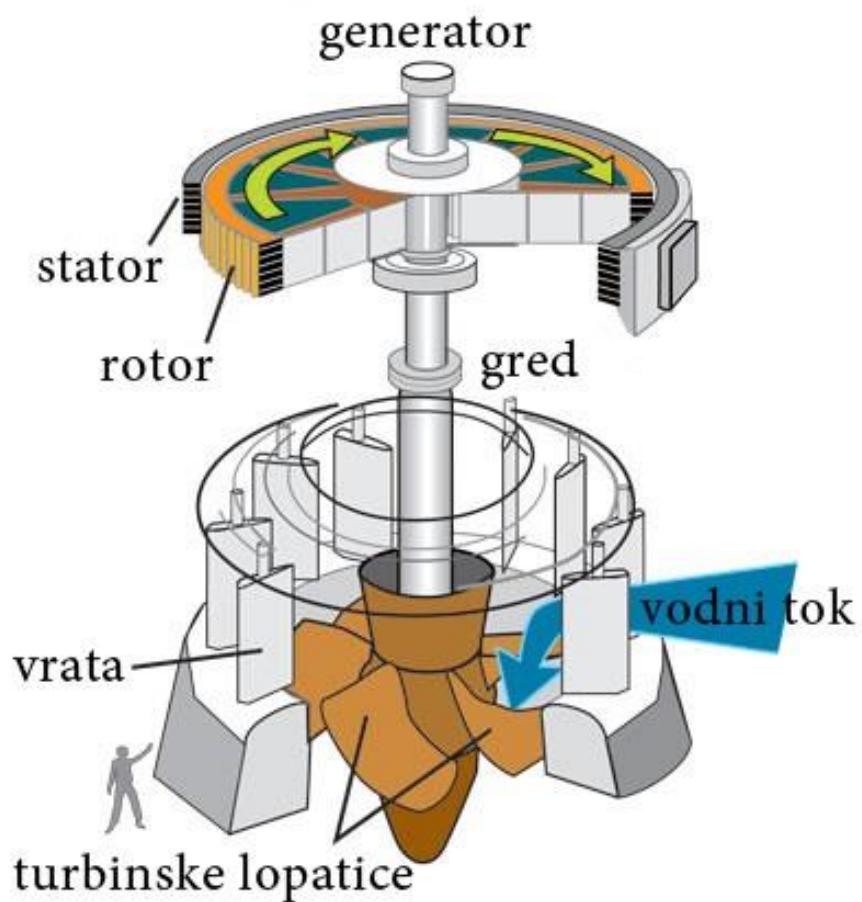
Pretočne hidroelektrarne delujejo na osnovi sprotnega dotoka vode, zato je proizvodnja električne energije odvisna od trenutnega pretoka vodotoka. Za reke Sočo, Savo in Dravo, na katerih so skoraj vse vodne elektrarne v Sloveniji (razen malih HE), je značilno, da imajo najmanjši vodotok pozimi in poleti, ko je poraba električne energije največja. V Sloveniji prevladujejo pretočne hidroelektrarne.



Na sliki: Pretočno-akumulacijska HE Arto-Blanca



Na sliki: Shema prereza HE

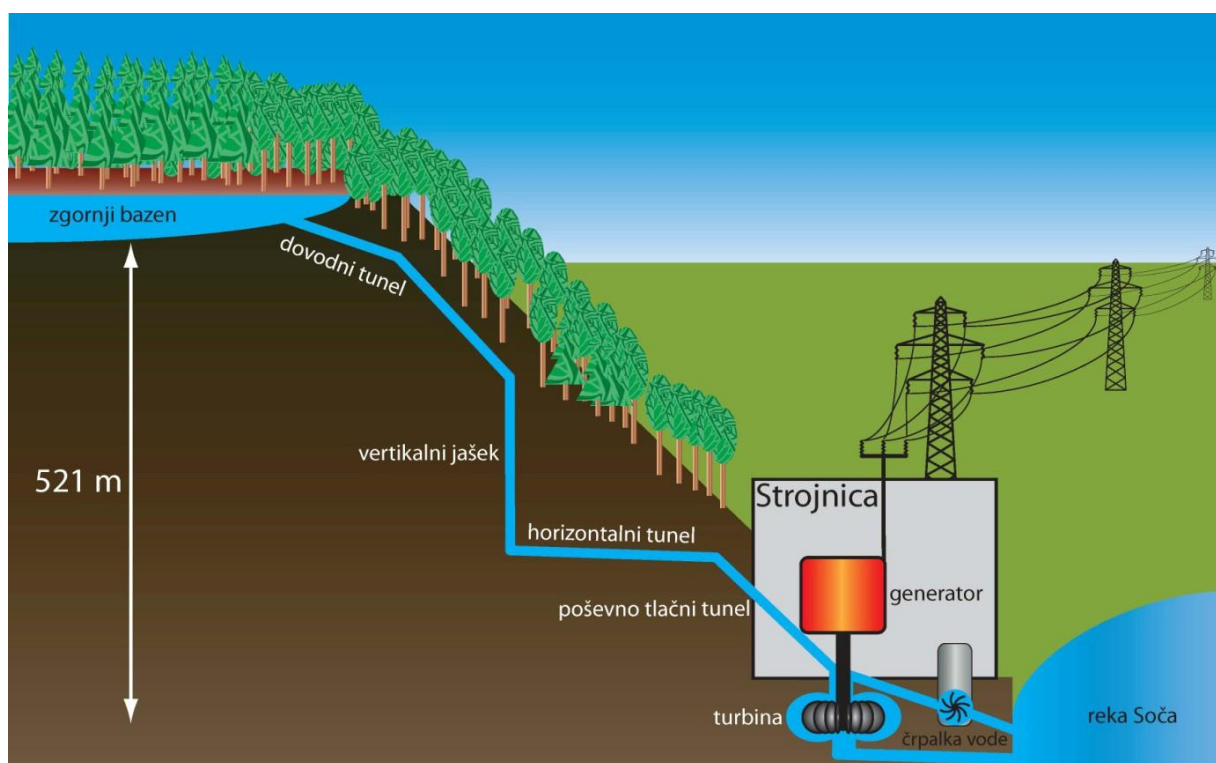


Na sliki: Turbina HE

Akumulacijske hidroelektrarne imajo naravno ali umetno jezero, v katerem se akumulira voda. Akumulacija je lahko dnevna, tedenska, mesečna, sezonska, letna ali pretočna. Lahko so tudi kombinirane, in sicer pretočno-akumulacijske vodne elektrarne, ki jih gradimo v verigi, v kateri ima praviloma le prva elektrarna akumulacijsko jezero.

Črpalne hidroelektrarne so posebna izvedba vodnih elektrarn. Turbina ima vlogo črpalke, saj ponoči, ko se pojavi višek električne energije, črpa vodo preko cevovoda v višje ležeče jezero. Po istem cevovodu se voda podnevi spušča na turbino in proizvaja električno energijo. Črpalne hidroelektrarne pokrivajo konični (največja moč, ki jo v določenem obdobju dneva prevzame odjemalec ali jo dobavi elektroenergetski sistem) del energije v dnevnem diagramu. Razlike v cenah električne energije na trgu so tolikšne, da se kljub razmeroma nizkemu izkoristku elektrarne v črpalnem režimu opisani postopek posrednega shranjevanja električne energije ekonomsko izplača.

AVČE v Sloveniji: Na planoti pod Kanalskim Vrhom so zgradili akumulacijsko jezero, ki ima prostornino dveh milijonov kubičnih metrov. Strojnica je 600 metrov niže in jo z jezerom povezuje 2-kilometrski cevovod. Inštalirana moč elektrarne Avče je 185 megavatov (MW).



Na sliki: Prez črpalne HE Avče

Prednosti hidroelektrarn:

- ne onesnažujejo okolja,
- imajo dolgo življenjsko dobo,
- imajo nizke obratovalne stroške in
- nizko ceno proizvedene kilovatne ure na pragu elektrarne.

Slabosti hidroelektrarn:

- gradnja velikih vodnih elektrarn pomeni velik poseg v okolje,
- proizvodnja električne energije je odvisna od količine vode v vodotoku,
- naložbe so večje od termoelektrarn, plinskih elektrarn itd.

Podaci o hidroelektrarnah V Sloveniji:

Soča	ΣP [MW]	Sava	ΣP [MW]	Drava	ΣP [MW]
Doblar	70	Moste in Završnica	21	Dravograd	25
Plave	34	Mavčiče	38	Vuzenica	56
Solkan	32	Medvode	25	Vuhred	72
Male HE	16	Vrhovo	34	Ožbalt	73
Zadlaščica	8	Boštanj	34	Fala	58
ČHE*** Avče	185	Arto-Blanca	42,5	Mariborski otok	60
		Krško	41,5	Zlatoličje	115
		Brežice*	41,5	Formin	116
		Mokrice**	30,5		
SKUPAJ:	345		308		575

* v izgradnji

** se načrtuje

*** črpalna hidroelektrarna

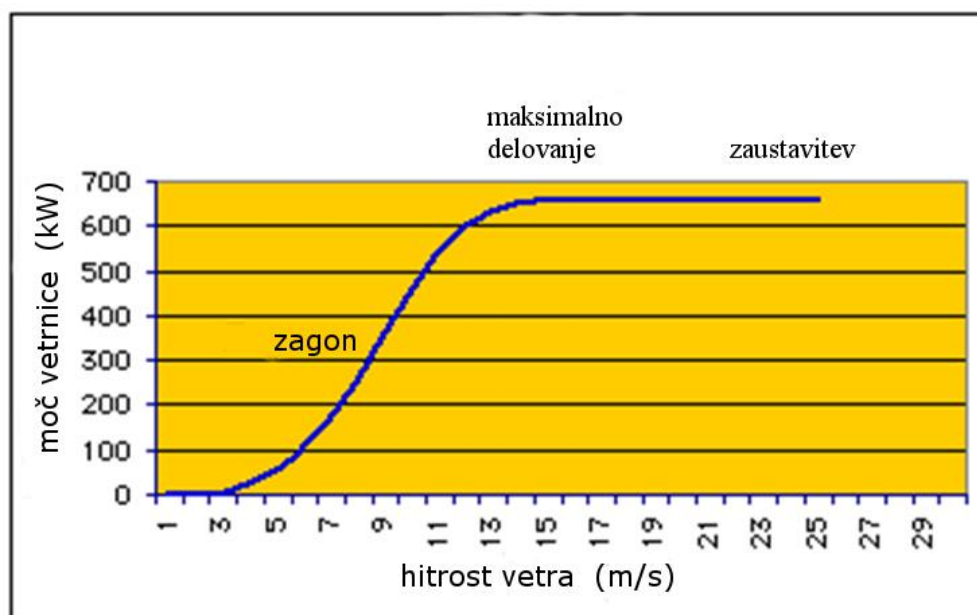
2.4.2 Vetrne elektrarne

Električna energija, proizvedena s pretvarjanjem energije vetra, spada med okolju najprijaznejši obnovljivi vir energije. Ob proizvodnji električne energije ne proizvajamo odpadkov ali nevarnih kemičnih spojin. Veter je posledica gibanja zračnih mas in je nosilec kinetične energije, ki jo lahko s pomočjo vetrnega kolesa, nameščenega na pogonski osi, spremenimo v mehansko energijo, ki poganja električni generator. Vetrnice, ki jih uporabljamo za pridobivanje električne energije, v zadnjih letih doživljajo izreden razvoj, ki ga lahko pričakujemo tudi v prihodnosti. Sodobne vetrnice imajo manjši vpliv na okolje, so tišje in zanesljivejše. Cena kilovatne ure, proizvedene z vetrnimi elektrarnami, je med najnižjimi med tehnologijami t. i. zelene elektrike.

Danes se vetrnice razlikujejo glede na lego osi vrtenja; ta je lahko vodoravna ali navpična. Še vedno prevladujejo vetrne elektrarne z vodoravno osjo vrtenja. S povečevanjem moči vetrnih elektrarn so se zviševali tudi nosilni stebri.



Na sliki: Vetrni elektrarni z vertikalno in horizontalno osjo vrtenja



Na sliki: Odvisnost moči vetrnice od hitrosti vetra

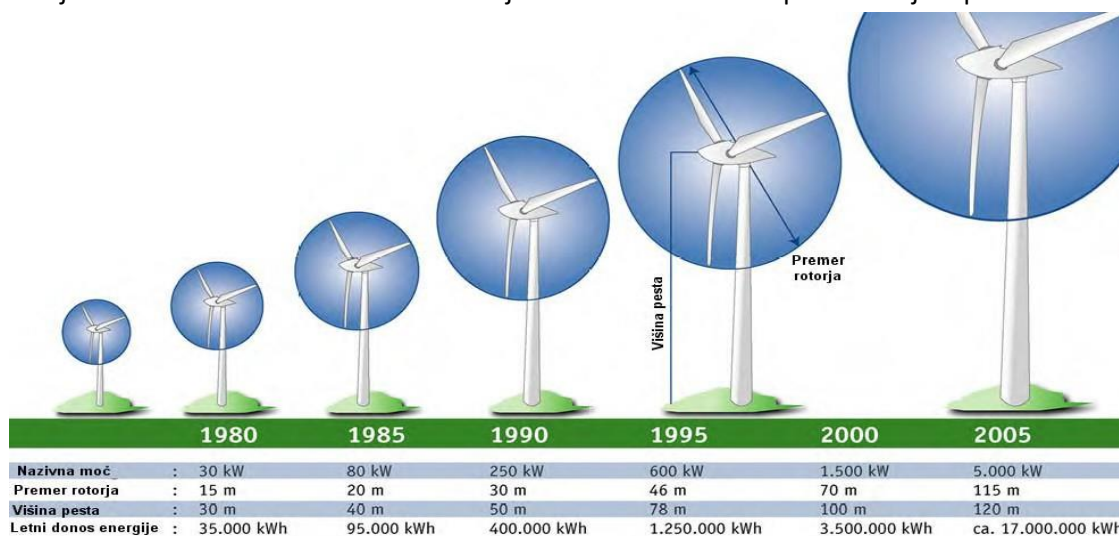
Obratovalne karakteristike vetrnic:

- pri 4-5 metrih na sekundo se rotor prične vrteti, vendar še ni spojen z generatorjem;
- nad 5 metrov na sekundo se rotor spoji z generatorjem in proizvaja električno energijo s frekvenco 50 hercov (Hz);
- pri 10-12 metrih na sekundo vetrnica doseže nazivno moč;
- do 25 metrov na sekundo se moč ne spreminja;
- nad 25 metri na sekundo se vetrnica zaustavi.



Na sliki: Polje vetrnih elektrarn na morju

Vetrne elektrarne bi bile ekonomsko upravičene, če bi obratovale od 1000 do 1500 ur letno z nazivno inštalirano močjo. To pomeni, da bi bila v tem času njihova hitrost med 12 in 25 metri na sekundo. Razvoj vetrnih elektrarn se kaže z zviševanjem nosilnih stebrov in povečevanjem premera vetrnic.



Na sliki: Razvoj vetrnih elektrarn od leta 1980 do 2005

2.4.3 Biomasa

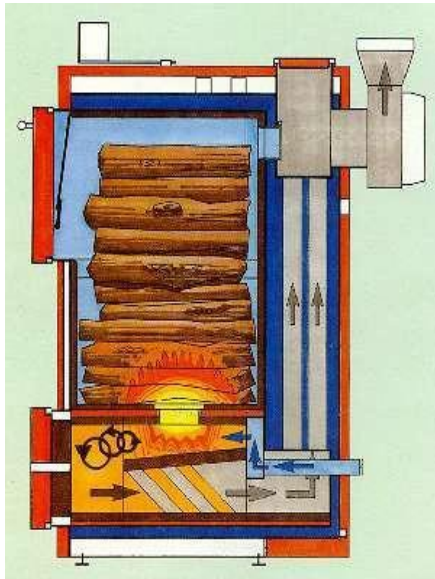
Biomasa nastaja s sončno energijo. Celična struktura rastlin nastaja s pretvarjanjem sončne energije, vode, hranilnih snovi in ogljikovega dioksida. Zgodovinsko gledano je bila biomasa prvi energetski vir; ljudje so jo uporabljali za netenje ognja. Tudi danes je biomasa najbolj izkoriščen obnovljivi vir energije. Trenutno pokriva nekoliko manj od 14 odstotkov energetskih potreb človeštva. Uporabljajo se predvsem les, lesni ostanki, odpadni les, kmetijski ostanki itd.

Goriva, ki jih dobimo iz biomase z različnimi procesi in postopki, razvrstimo v tri skupine:

- trdna biomasa (lesna biomasa, kmetijske rastline, energetske rastline),
- tekoča goriva iz biomase (bioetanol, biometanol, biodizel) in
- plini iz biomase (lesni lin, bioplín itd.).

Sodobne peči na **polena** z dodatnim vpihavanjem zraka omogočajo veliko boljše izkoristke oziroma izgorevanje, sistem samodejnega »padanja« polen v kurišče pa celodnevno samostojno delovanje. Omogočajo popolno zgorevanje lesa tudi pri nižjih obremenitvah. To so dosegli z ločitvijo zgorevalnega prostora na primarni in sekundarni. V primarnem poteka sušenje in uplinjanje lesa, v sekundarnem zgorevajo nastali lesni plini. Tako se zniža onesnaženje in doseže 90-odstotni izkoristek ali celo več. Za prisilno dovajanje zraka skrbi ventilator. Za doseganje dobre kakovosti je treba les dve leti skladiščiti v suhem prostoru, s čimer znižamo vsebnost vode pod 20 odstotkov.

Peleti so valjasti stiskanci iz žagovine s premerom od 5 do 15 milimetrov in dolžine do 30 milimetrov. Ker so lesni ostanki zmleti in močno stisnjeni, sta njihova energijska gostota in kurilna vrednost večji. Ne vsebujejo nobenih okolju neprijaznih primesi, ki bi povečevale emisije. Pri izdelavi lesnih peletov se uporabljata visok tlak in para, za izboljšanje mehanske trdnosti pa se jim lahko doda še od 1 do 3 odstotkov krompirjevega ali koruznega škroba. Ko zgorijo, ostane zelo malo pepela – do 0,5 odstotka suhe snovi.



Na sliki: Peč na polena (levo) in peč na pelete (desno)

Biodizel je okolju prijazno gorivo in obnovljivi vir energije. Proizvaja se v tovarnah biodizla iz rastlinskih olj in živalskih maščob kot tudi odpadnih jedilnih olj. S kemijsko reakcijo (t. i. transesterifikacijo) se iz rastlinskih olj ali maščob proizvedejo metilni estri maščobnih kislin, ki predstavljajo biodizel. Poleg biodizla se kot stranski produkt proizvedeta glicerol, ki se uporablja v kemijski in farmacevtski industriji, in kalijevo gnojilo, ki se uporablja v kmetijstvu. Na enem hektaru zemljišča, posejanega z oljno ogrščico, lahko proizvedemo približno tona biodizla. Proizvodnja »zelene energije« iz bioplina, ki spada med obnovljive vire energije, pomeni obetaven in za okolje manj škodljiv način pridobivanja energije, saj zmanjšuje emisije ogljikovega dioksida (CO_2) v okolje in energetske odvisnosti od uvoženih virov energije.

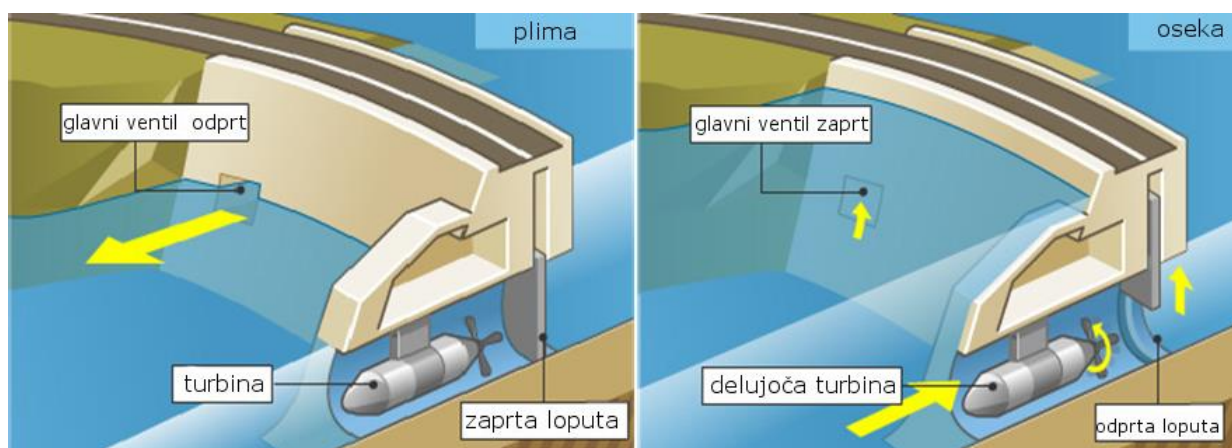
Bioplín nastaja z vrenjem ali gnitjem organskih snovi oziroma odpadkov brez prisotnosti kisika. Vsebuje metan (50–70 %), ogljikov dioksid (30–40 %) ter žveplovodik, amonijak in dušik.

Bioalkohol pridobimo iz semen ali zrn, kot je na primer pšenica. Pridelan škrob fermentiramo v bioetanol, ki se lahko uporabi v motorjih in gorivnih celicah z notranjim izgorevanjem. Etanol se postopno zmanjšuje v trenutno energijsko infrastrukturo. E85 je gorivo, sestavljeno iz 85 odstotkov etanola in 15 odstotkov bencina, ki se prodaja strankam. Biobutanol razvijajo kot alternativo bioetanolu.

2.4.5 Bibavica

Morje in oceani zavzemajo kar dve tretjini celotne površine Zemlje. So vir različnih oblik energije. Pojavi na morjih in oceanih so predvidljivi. Tak primer je plimovanje morja, ki se občasno ponavlja. Pojav bibavice je posledica privlačnih sil Lune in sonca ter vrtenja Zemlje.

Osnova za delovanje takšne elektrarne je plimovanje in bazen, ločen od morja. Bazena in morje sta povezana s kanaloma, ki imata zgrajene zapornice. Med plimo voda priteka v bazen, ko pa doseže najvišji nivo, se zapornice zaprejo. Druga zapornica se odpre, ko je nivo morja primerno nižji od globine vode v bazenu. Skozi drugi del kanala voda iz bazena izteka v morje in 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.



Na sliki: Polnjenje (levo) in praznjenje (desno) bazena z vodo

2.4.6 Sončne elektrarne

Sončno sevanje je del našega vsakdanjika. Naši čutni organi, oči in koža, sončno sevanje zaznavajo kot svetlobo in toploto. Sonce v vesolje nenehno pošilja toplotni tok, ki ga imenujemo sončno sevanje in izvira iz zlitja vodikovih atomov v helijeve, pri čemer se razlika v masi elektronov spremeni v energijo. Ta proces imenujemo fuzija. Energija iz jedra sonca se prenese na fotosfero – oddaja toplotni tok v obliki elektromagnetnega valovanja v vesolje.

Majhen del te energije prestreže zemlja, a kljub temu njena količina bistveno presega trenutne energijske potrebe človeštva. Od sončne energije, ki pride do Zemlje, se je 30 odstotkov odbija v vesolje, 47 odstotkov se spremeni v toploto (z nizko temperaturo), ki izžari v vesolje, 23 odstotkov se porabi v biosferi za kroženje vode (padavine in izhlapevanje), manj kot 0,5 odstotka energije pa predstavlja energijo vetra, valov in u skladiščeno energijo fotosinteze v rastlinah. Globalno sevanje na Zemlji predstavlja približno tretjino celotnega sevanja, ki pride do zemljine atmosfere, in 70 odstotkov te energije prestrežejo oceani in morja. Letno na Zemljo prispe $4 \cdot 10^{24}$ džulov (J) energije, kljub temu pa lahko majhen delež te energije izkoristimo zaradi fizikalnih in ekonomskih lastnosti.

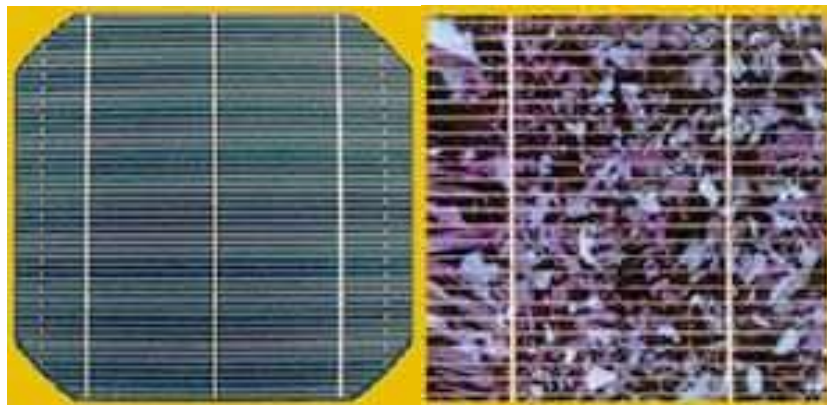
Princip nastanka električne energije v sončni celici

Sončna celica je pravzaprav polprevodniška dioda z veliko površino, zgrajena iz dveh različnih tipov polprevodniških plasti (n-tipa in p-tipa). Svetlobno energijo, ki jo nosijo fotoni, pretvarjajo neposredno v električno z izkoriščanjem fotonapetostnega pojava. Sončna celica postane električno prevodna šele, ko prehodno področje med p-tipom in n-tipom polprevodnika pod vplivom sončnega sevanja postane prevodno (elektroni dobijo toliko energije, da preskočijo iz valenčnega v prevodni pas). Sončne celice pretvarjajo energijo neposredno v enosmerni električni tok. Ena plast polprevodnika ima primesi donorjev (donor je atom, ki se dodaja polprevodniku, da dobimo n-tip polprevodnika). Ko se v kristalni mreži nadomesti en atom silicija z atomom fosforja (P), arzena (As), antimona (Sb) ali bizmuta (Bi), ostane eden izmed njegovih elektronov šibko vezan in se lahko giblje po kristalni mreži in deluje kot nosilec električnega toka. To pomeni, da ima presežek elektronov, kar je značilno za n-tip. Druga plast pa vsebuje primesi akceptorjev (akceptor je atom, ki se dodaja polprevodniku, da dobimo p-tip polprevodnika). Kadar v polprevodniku, ki ima za osnovo silicij, nadomestimo enega izmed atomov z atomom bora (B), aluminija (Al), galija (Ga), indija (In) ali talija (Tl), bodo trije valenčni elektroni tvorili kovalentno vez z bližnjimi atomi silicija. Četrti atom pri tem ostane brez enega elektrona). Pri tem tipu primanjkuje elektronov oziroma ima presežek vrzeli.

Vrste sončnih celic

Monokristalna sončna celica. Sestavljene so iz monokristalnega silicija, ki je izdelan iz enega samega kristala z isto kristalno usmeritvijo. Postopek pridobitve kristala poteka tako, da se kremenčev pesek (SiO_2) prečisti in stali pri 1300 stopinjah Celzija. Iz taline nato počasi z vlečenjem zraste kristal v obliki ingota (kos čistega kristala, ki ima obliko primerno za nadaljno obdelavo), ki se nareže v tanke rezine, poljubnih oblik. Za dober izkoristek celice mora biti zagotovljena visoka čistost silicija (Si). Proizvodnja je zelo energetska potratna in poraba osnovne surovine (Si) pri proizvodnji je precej velika. Te sončne celice imajo dober izkoristek, ki znaša od 17 do 19 odstotkov. Še višji izkoristek teh sončnih celic daje enakomerna črna barva. Monokristalne sončne celice so nekoliko dražje od drugih komercialnih tipov sončnih celic.

Polikristalna sončna celica. Polikristalne sončne celice so izdelane podobno kot monokristalne. Razlika je v tem, da je posamezna celica zgrajena iz več neurejenih kristalnih območij z isto usmeritvijo kristalne zgradbe. Do pojava pride zaradi hitrejšega ohlajanja taline pri nastanku silicijevih ingotov. Polikristalna silicijeva celica se lahko izdelata tudi z vlečenjem silicijevih trakov, kar proizvodnjo zelo poceni. V primerjavi z monokristalnimi sončnimi celicami so polikristalne nekoliko cenejše, vendar imajo tudi manjši izkoristek. Da bi ta izkoristek povečali, se na celice nanese protiodbojna zaščita iz SiN₃, ki da celicam značilno modro barvo. Izkoristek te celice znaša med 13 in 16 odstotkov.



Na sliki: Monokristalna in polikristalna silicijeva sončna celica

Amorfne silicijeve sončne celice. Sončna celica je sestavljena iz amorfnega silicija, ki vsebuje manjšo količino primesi vodika. Celice so zelo tanke in ponavadi narejene neposredno na steklo ali plastično folijo, zato jih imenujemo tudi tankoplastne; prepoznamo jih po temnejši rjavi barvi. Zelo dobro absorbirajo sončno sevanje, ker imajo večji odziv na valovno dolžino okoli modre svetlobe. Debelina plasti na steklu je reda nekaj mikrometrov, kar omogoča zelo poceni proizvodnjo. Te celice so med najcenejšimi, vendar imajo nižji izkoristek kot kristalne sončne celice, med 5 in 8 odstotkov. S staranjem teh celic pa se njihov izkoristek celo znižuje.



Na sliki: Amorfna silicijeva sončna celica

Pretvarjanje sončne energije v električno s fotovoltaičnimi sistemi

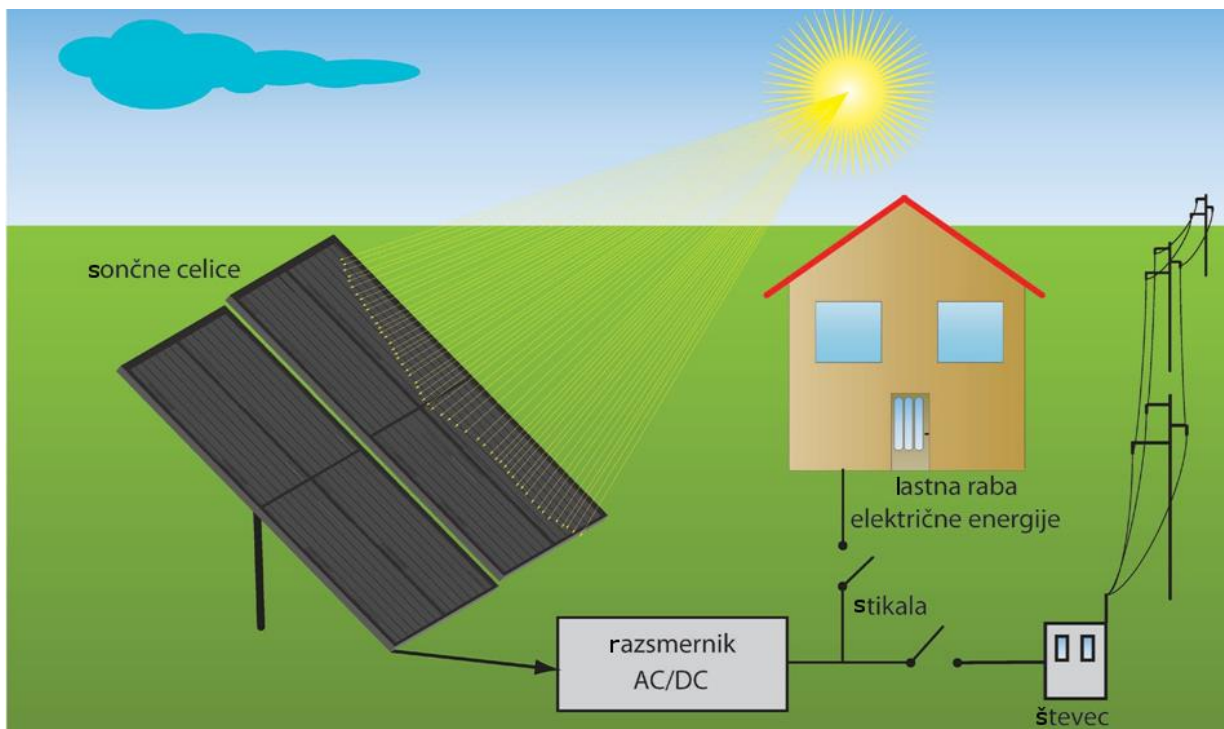
Fotovoltaični sistemi pretvarjajo sončno obsevanje neposredno v električno energijo.

Pretvorniki sončnega obsevanja v električno energijo so sončne celice. Danes na trgu najdemo različne vrste fotovoltaičnih celic, najbolj pa so razširjene silicijeve mono- in polikristalne celice. Celice so izdelane v obliki modulov, ki jih nato povezujemo v fotonapetostne (PV) sisteme.

Električno energijo lahko proizvajamo:

- za lastne potrebe ali
- jo pošiljamo v javno omrežje in prodajamo distribucijskim podjetjem.

Module fotovoltaičnih sistemov azimutno usmerimo proti jugu, naklonski kot naj bi bil med 20 in 40 stopinj, najbolje 30 stopinj. Module lahko usmerjamo tudi s sledilnimi sistemi, ki so enoosni ali dvoosni. Tako povečamo proizvodnjo električne energije za 20–30 odstotkov.



Na sliki: Shema sončne elektrarne

3 Električna energija

Električna energija je ena izmed oblik energije, podobno kot so toplotna, kinetična, potencialna, svetlobna, jedrska in druge.

V primerjavi z ostalimi oblikami energije ima električna bistvene prednosti:

- Električno energijo proizvajamo in prenašamo sorazmerno enostavno, zato je lahko na voljo povsod.
- Električno energijo enostavno spreminjamo v druge oblike energij in obratno.
- Spreminjanje električne energije v druge oblike energij ne onesnažuje okolja.

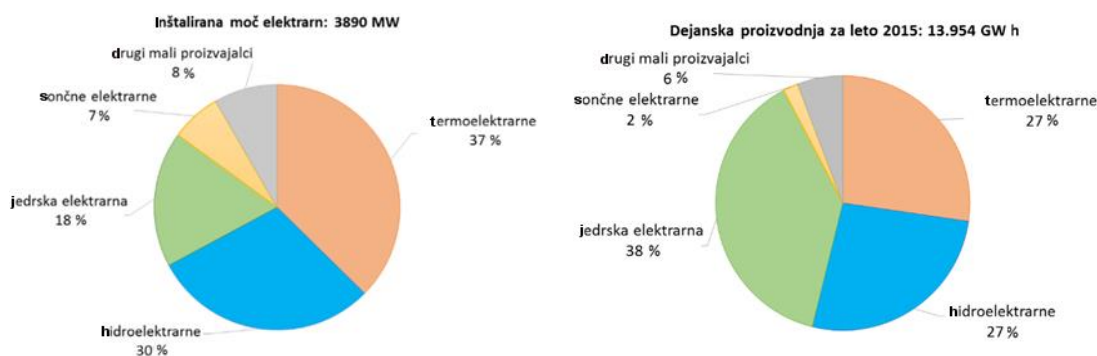
Električna energija je eden temeljnih nosilcev današnjega načina življenja in dejavnik, ki omogoča nenehen tehnološki razvoj. Brez električne energije ne bi delovala cela vrsta električnih naprav, ki jih uporabljamo pri delu in v vsakdanjem življenju. Pomen električne energije in oskrba z njo bosta v prihodnosti še večja, saj naše delovanje postaja vse bolj kompleksno, potrebe po električni energiji pa vedno večje.

Zato se temeljni izzivi današnjega časa, ki so povezani z električno energijo, nanašajo na vprašanja:

- kako izpolniti naraščajoče potrebe po električni energiji,
- kako zmanjšati izgube električne energije na poti od vira do porabnika in
- kako uvajati ukrepe učinkovite rabe energije in jih spodbujati.

Eden pomembnih vidikov je tudi, kako zagotoviti trajnostno naravnano proizvodnjo električne energije; zato na področju proizvodnje in rabe električne energije vse pogosteje govorimo o trajnostnem razvoju, kjer moramo upoštevati okoljske, ekonomske in družbene vidike.

Delež moči in proizvodnje električne energije v Sloveniji prikazujeta spodnja histograma:

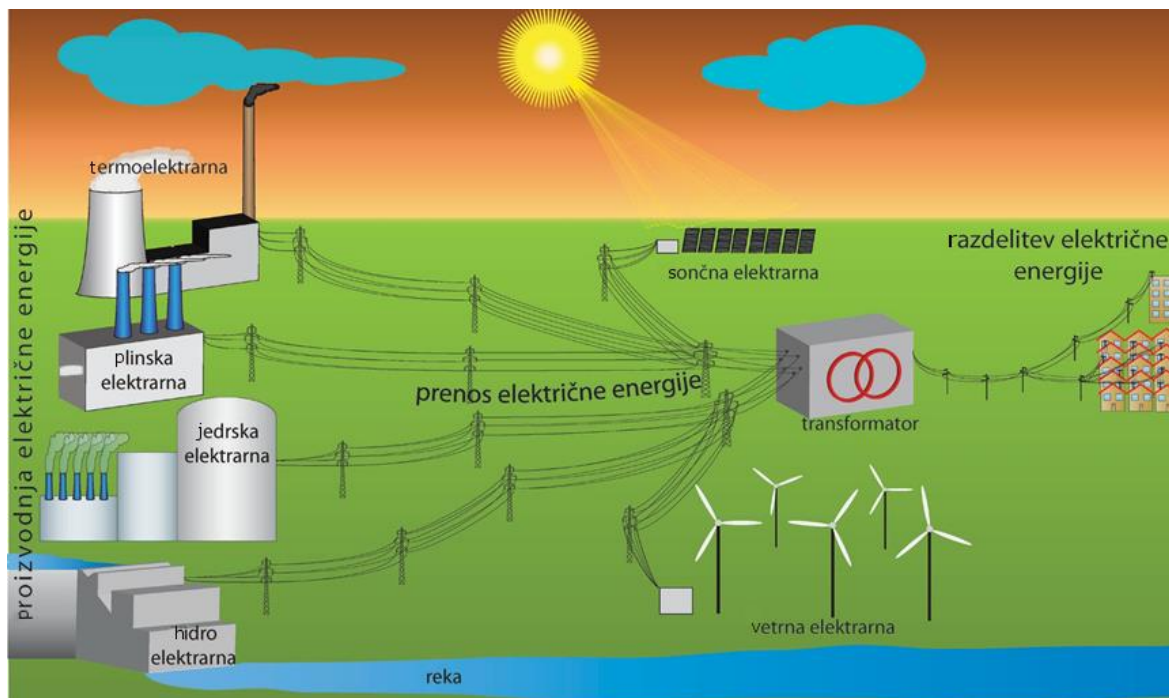


Na sliki: Inštalirana moč elektrarn v Sloveniji (levo) in dejanska proizvodnja električne energije iz elektrarn (desno). Podatki se nanašajo na leto 2015.

Vir: Agencija za energijo

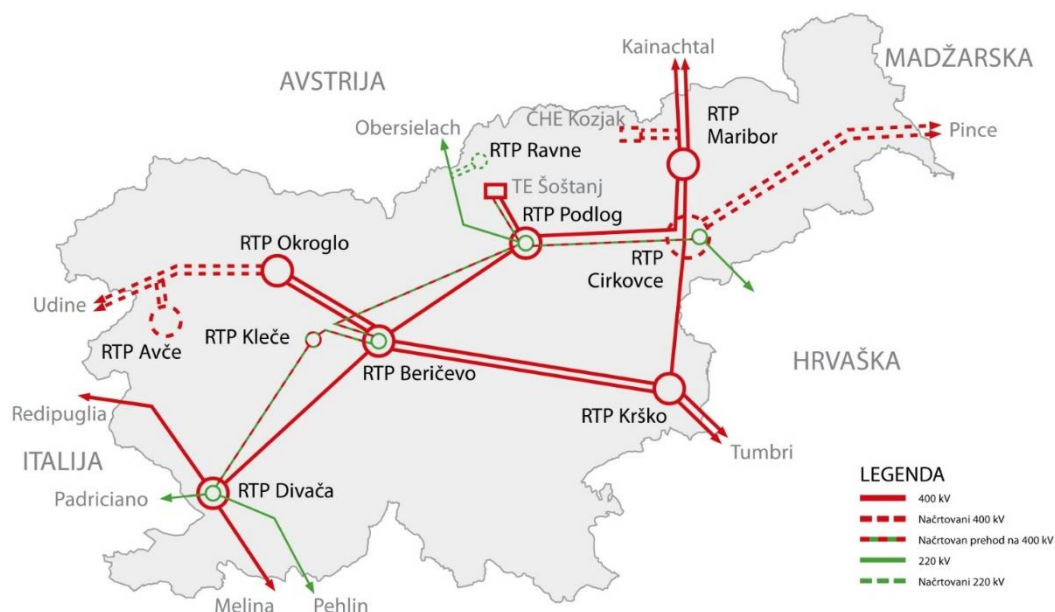
Prenos električne energije od elektrarn do porabnikov omogočajo električna omrežja. Sestavni del teh omrežij so visokonapetostni daljnovodi z napetostmi nivoji:

- visokonapetostna (VN) omrežja (110 kV, 220 kV, 400 kV)
- sredjenapetostna (SN) omrežja (10 kV, 20 kV, 35 kV)
- nizkonapetostna (NN) omrežja (do 1 kV)



Na sliki: Prenos in razdelitev električne energije

S pomočjo transformatorskih postaj transformiramo visoke in srednje napetosti na nizke napetosti in tako omogočimo razdeljevanje električne energije porabnikom.



Na sliki: Prenosno omrežje 400- in 220-kilovoltnega omrežja

Osnovne električne količine:

ime količine	oznaka	enota
električni naboj	Q, e	As ali C
električna napetost	U	V (volt)
električni tok	I	A (amper)
električna upornost	R	R (ohm/om)

Za delovanje električnih naprav, ki jih vsakodnevno srečujemo, je potreben električni tok. Delo, ki ga pri tem naprave oddajo, prejmejo od električnega generatorja v obliki električnega dela. Generator opravlja električno delo, da ločuje naboj.

Električno delo je premo sorazmerno z električno napetostjo in množino prenesene elektrine.

$$W_e = Q \cdot U$$

W_e – električno delo (W s)

Q – elektrina (A s ali C)

U – električna napetost (V)

Če uporabimo enačbo Ohmovega zakona za električno napetost $U = I \cdot R$, po kateri je definirana elektrina $Q = I \cdot t$, dobimo za električno delo te enačbe:

$$W_e = I^2 \cdot R \cdot t \quad (W s = J)$$

$$W_e = U \cdot I \cdot t \quad (W s = J)$$

$$W_e = \frac{U^2}{R} \cdot t \quad (W s = J)$$

I – električni tok (A)

R – električna upornost (Ω)

t – čas (s)

Vatsekunda (W s) je relativno majhna enota, zato za merjenje električnega dela uporabljamo večjo enoto – kilovatno uro (kW h). Naprave, ki merijo električno delo, se imenujejo **električni števci**.

Povezava med kilovatno uro (kW h) in vatsekundo (W s) je takšna:

$$1 \text{ kW h} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ W s}$$

Električno delo, opravljeno v časovni enoti, je **električna moč**.

$$P = \frac{W_e}{t} \quad \left(\frac{W \cdot s}{s} = W \right) \quad W - \text{watt/vat}$$

Tako, kot smo napisali tri enačbe za električno delo, imamo tri enačbe tudi za električno moč:

$$P = I^2 \cdot R \quad [W]$$

$$P = U \cdot I \quad [W]$$

$$P = \frac{U^2}{R} \quad [W]$$

Zelo pomemben podatek pri odločitvi za nakup neke naprave je električna moč. Z močjo porabnika je povezana poraba električnega dela, ki ga plačujemo.

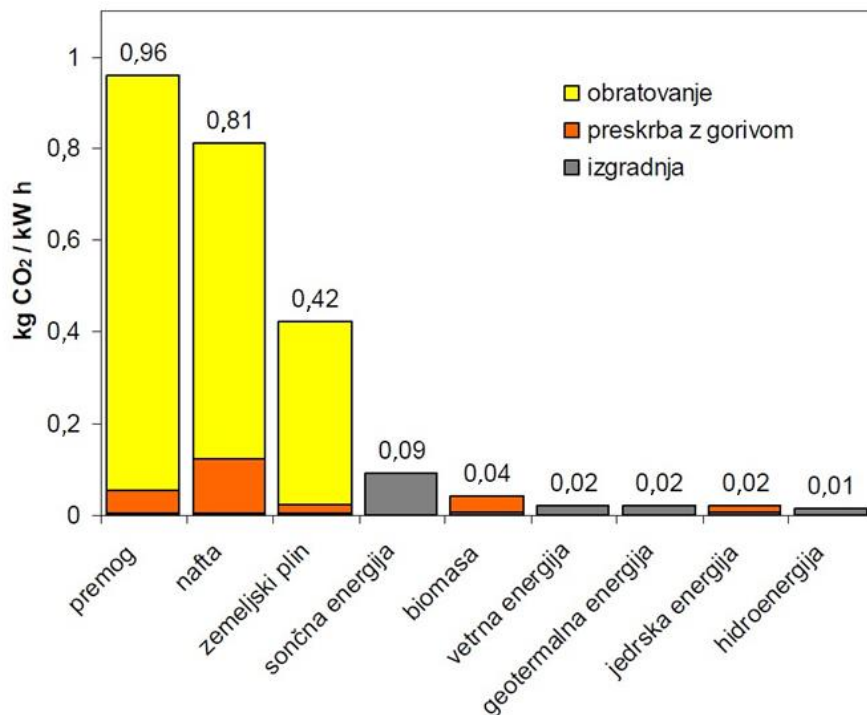
4 Elektrarne in okolje

Raziskave kažejo, da se ozrače ogreva zaradi povečanih koncentracij ogljikovega dioksida, ki so posledica človeškega delovanja. Največji deleži prihajajo iz prometa in proizvodnje električne energije. Klasične termoelektrarne spuščajo v okolje velike količine ogljikovega dioksida (CO_2) in tudi precej drugih, okolju škodljivih oziroma strupenih snovi. Med te snovi uvrščamo še žveplov dioksid (SO_2), dušikove okside (NO_x), žlindro in pepel. Plinske elektrarne so z vidika ekologije oziroma izpustov mnogo manj škodljive, saj so izpusti ogljikovega dioksida in žveplovega dioksida nizki.

Jedrske elektrarne praktično nimajo izpustov. Nekaj prispeva izgradnja elektrarn (sproščanje CO_2 pri proizvodnji betona, železa ipd.) ter preskrba z gorivom (predelava rud, transport ipd.). Minimalen vpliv pomenijo izpusti plinastih radioaktivnih snovi v neposredni soseščini elektrarne, ki povečujejo radioaktivno dozo za nekaj tisočink. Vpliv na okolje ima odpadna toplota pri ohlajanju kondenzata in segrevanju hladilne vode. Podobno se pojavlja tudi pri klasični termoelektrarni. Pri jedrskih elektrarnah nastajajo radioaktivni odpadki, ki jih je treba ustrezno skladiščiti in odložiti ter so potrebni stalni ukrepi za zagotavljanje jedrske varnosti.

Hidroelektrarne ne onesnažujejo okolja in imajo dolgo življenjsko dobo. Njihova gradnja pomeni velik poseg v okolje. Proizvodnja električne energije ni stalna; odvisna je od količine vode v reki in zato v različnih časovnih obdobjih različna. Elektrarne na veter vplivajo na okolje s hrupom; v njihove stolpe in rotorje vetrnic se zaletavajo ptice. Sončne elektrarne, biogoriva in geotermalna energija nimajo posebnih emisij v okolje; na okolje vplivajo kot objekti – elektrarne.

Sproščanje ogljikovega dioksida iz posameznih vrst elektrarn prikazuje spodnja slika.



Sproščanje CO_2 iz različnih elektrarn

5 Primer testne pole

1. Naštej nekaj pomembnih oblik energije (najmanj štiri).

2. Energija je neuničljiva, lahko pa jo pretvarjamo iz ene oblike v drugo. Napiši pretvorbe energij.

- a) toplotna _____
- b) jedrska _____
- c) sončna _____
- d) kinetična _____
- e) električna _____

3. Kako se imenuje najstarejši energetski vir?

4. Sončna energija se je v milijonih let akumulirala v rastlinah. Danes je shranjena v obliki notranje energije t. i. fosilnih goriv:

5. Napiši deleže pokrivanja potreb proizvodnje električne energije na svetu v odstotkih:

- termoelektrarne: _____
- jedrske elektrarne: _____
- hidroelektrarne: _____
- alternativni viri: _____

6. Na slikah so različne naprave. Napiši njihovo osnovno ime in njihov pomen pri pretvarjanju energije:



1. _____

2. _____

3. _____

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Obkroži, ali je trditev pravilna ali ne, in odgovori na vprašanja.

1. V Sloveniji največji delež letne proizvodnje električne energije pokriva Nuklearna elektrarna.

DA NE

2. Termoelektrarna Šoštanj je po inštalirani moči največja elektrarna v Sloveniji.

DA NE

3. Osnovna razlika med Nuklearno elektrarno Krško (NEK) in termoelektrarno (TE) je, da v TE ni parnega kotla.

DA NE

4. V NEK je izvor toplote reaktor.

DA NE

5. Na sliki so tri elektrarne. Prepoznav jih in napiši njihovo lokacijo.



1. _____

2. _____

3. _____

6. Plinska elektrarna pokriva končno obremenitev.

DA NE

7. Avče uvrščamo med pretočne hidroelektrarne.

DA NE

8. Naštej vrste elektrarn, ki jih uvrščamo v skupino alternativnih virov:

9. Idealna hitrost vetrnih elektrarn je

od _____ do _____.

10. Bibavica izkorišča pojav:

11. Sončne elektrarne imajo sončne celice. Naštej vsaj dve vrsti najbolj uporabnih sončnih celic.

12. Nariši shemo sončne elektrarne.

13. Naštej energente, ki jih pridobimo iz industrijskih rastlin.
