

Sreten Škuletić

Marina Braletić

UVOD U ENERGETIKU

udžbenik za prvi razred srednje stručne škole
Obrazovni program: Elektrotehničar energetike



Zavod za udžbenike i nastavna sredstva
PODGORICA, 2022.

dr Sreten Škuletić
Marina Braletić

Uvod u energetiku

udžbenik za prvi razred srednje stručne škole

Izdavač	Zavod za udžbenike i nastavna sredstva – Podgorica
Za izdavača	Pavle Goranović, direktor
Glavni urednik	Radule Novović
Odgovorni urednik	Lazo Leković
Urednica izdanja	Ivana Popović
Recenzenti	dr Jadranka Radović dr Vladan Radulović Melanija Čalasan Rada Živković Vesna Četković
Lektura	Jasmina Radunović
Korektura	Dragan Batrićević
Grafička obrada	Nikola Knežević
Tehnička urednica	Dajana Vukčević

CIP – Каталогизација у публикацији
Национална библиотека Црне Горе, Цетиње

ISBN 978-86-303-2436-9
COBISS.CG-ID 23056388

Nacionalni savjet za obrazovanje, Rješenjem broj 19-05-119/22-6418/13 od 29. 07. 2022. godine, odobrio je ovaj udžbenik za upotrebu u srednjim stručnim školama.

Ova korica je dizajnirana korišćenjem slika sa Freepik.com

Copyright © Zavod za udžbenike i nastavna sredstva – Podgorica, 2022.

SADRŽAJ

1. Oblici energije i njen značaj za razvoj društva	8
1.1. Pojam i osnovne karakteristike energije	8
1.2. Oblici energije i njihove podjele	15
1.2.1. Akumulisana i prelazna energija	16
1.2.2. Primarna, transformisana i korisna energija	19
1.2.2.1. Primarni oblici energije	19
1.2.2.2. Transformisani oblici energije	20
1.2.2.3. Korisni oblici energije	21
1.2.3. Konvencionalna i nekonvencionalna energija	23
1.2.4. Obnovljivi i neobnovljivi oblici energije	24
1.3. Upotreba raznih oblika energije	27
1.4. Uloga i značaj energetike za razvoj društva	29
1.5. Porast potreba za energijom i budući trendovi	31
2. Izvori električne energije	34
2.1. Osnovne osobnosti elektroenergetike i karakteristike električne energije	34
2.2. Elektroenergetski sistem (EES)	37
2.2.1. Funkcija i struktura elektroenergetskog sistema	37
2.2.2. Proizvodnja električne energije	40
2.2.3. Prenos električne energije	41
2.2.4. Distribucija električne energije	42
2.2.5. Potrošnja električne energije	44
2.3. Izvori električne energije	45
2.3.1. Razvoj i osnovne karakteristike izvora električne energije	45
2.3.2. Konvencionalni izvori električne energije	50
2.3.2.1. Hidroelektrane	50
2.3.2.2. Termoelektrane na fosilna goriva	53
2.3.2.3. Nuklearne fisione termoelektrane	54
2.3.3. Nekonvencionalni izvori električne energije	55
2.3.3.1. Male hidroelektrane	56
2.3.3.2. Elektrane na plimu i oseku	57
2.3.3.3. Elektrane na morske talase	59
2.3.3.4. Sunčeve (solarne) termalne elektrane	60
2.3.3.5. Geotermalne elektrane	63
2.3.3.6. Elektrane koje koriste toplotnu energiju mora i okeana	64
2.3.3.7. Elektrane na biomasu i otpad	66
2.3.3.8. Magnetno-hidrodinamički generatori	67
2.3.3.9. Nuklearne elektrane (fuzija)	68
2.3.3.10. Fotonaponske solarne elektrane	69
2.3.3.11. Vjetroelektrane	72
2.4. Prednosti korišćenja obnovljivih izvora za proizvodnju električne energije	76
VJEŽBA: Primjeri primjene električne energije	79

3. Primjena mjera bezbjednosti i zaštite na radu u elektroenergetici	80
3.1. Uticaj radne sredine na zdravlje i sigurnost ljudi	80
3.1.1. Osnovni faktori radne sredine	80
3.2. Mogući izvori opasnosti od dejstva visokog napona	82
3.3. Dejstva električne struje na ljudski organizam	88
3.3.1. Različita dejstva električne struje.	88
3.3.2. Postupak pružanja prve pomoći	91
3.4. Lična zaštitna sredstva i zaštitna oprema i uređaji	95
3.4.1. Lična zaštitna sredstva	95
3.4.2. Zaštitna oprema i uređaji	98
3.5. Vrste radova i zaštitne procedure pri radu u elektroenergetskim objektima	100
3.5.1. Vrste radova u elektroenergetskim objektima	100
3.5.1.1. Radovi u beznaponskom stanju	103
3.5.1.2. Radovi u blizini napona	104
3.5.1.3. Radovi pod naponom	105
3.5.2. Zaštitne procedure u elektroenergetskim objektima	106
3.6. Vrste i načini izrade radne dokumentacije u elektroenergetskim objektima.	110
3.6.1. Vrste radne dokumentacije	110
3.6.2. Načini izrade radne dokumentacije	113
VJEŽBA: Demonstriranje primjene zaštitne opreme i uređaja.	115
VJEŽBA: Tumačenje primjene zadatih oznaka upozorenja i zabrane	115
4. Uticaj energetike na okolinu i mjere zaštite okoline.	116
4.1. Uticaji energetike na okolinu.	116
4.2. Nastajanje i efekti osnovnih uticaja energetike na okolinu	118
4.2.1. Efekat staklene bašte.	118
4.2.2. Efekat kisjelih kiša	122
4.2.3. Efekti ozonskih rupa	125
4.3. Uticaji različitih izvora električne energije na životnu sredinu	127
4.4. Mjere za smanjenje štetnog uticaja energetike na životnu sredinu	132
4.5. Sortiranje, odlaganje i skladištenje otpadnog materijala	137
5. Osnovni alat, mašinski materijali i mašinski elementi u elektroenergetici	142
5.1. Osnovni tipovi ručnog alata i njihova namjena	142
5.2. Odabir alata za praktične električarske radove	150
5.3. Mjerenje dimenzija zadatih elemenata pomoću pomičnog mjerila	155
5.4. Značaj primjene tehničkih propisa, standarda kvaliteta i uputstava proizvođača	159
5.5. Osnovni mašinski materijali i mašinski elementi u elektroenergetici	163
5.5.1. Osnovni mašinski materijali	163
5.5.2. Osnovni mašinski elementi	165
5.6. Osnovni načini spajanja limova.	169
5.7. Određivanje prenosnog odnosa prenosnika za odabrani primjer	171
VJEŽBA: Odabir alata i realizacija konkretnih praktičnih zadataka	174
VJEŽBA: Mjerenje dimenzija zadatih elemenata korišćenjem pomičnog mjerila	175
VJEŽBA: Demonstriranje postupka spajanja limova pomoću zavrtnja, matice i podloške.	175
VJEŽBA: Demonstriranje postupka određivanje prenosnog odnosa za odabrani par remenica i/ili zupčanika	176
VJEŽBA: Istraživanje i prezentovanje karakteristika i primjene mašinskih materijala i/ili elemenata u elektroenergetici	176
Literatura	178

Riječ autora

Dragi učenice, draga učenice,

Udžbenik *Uvod u energetiku* napisan je prema Nastavnom planu i programu za prvi razred srednje stručne škole, za novi obrazovni program Elektrotehničar energetike, nivo IV1.

Napisan je u želji da se veoma složeni i obimni materijal izloži u najpodesnijem obliku za buduće mlade korisnike. Trudili smo se da u obradi predviđene materije nađemo što prihvatljiviju mjeru i način prezentacije, koji odgovaraju uzrastu i predznanju učenika/učenica elektrotehničkih srednjih škola iz oblasti energetike i srodnih disciplina.

U skladu s nastavnim programom, koji sadrži pet neophodnih ishoda za koje se osposobljavaju učenici, sadržaj izložene materije podijeljen je u pet poglavlja:

Oblici energije i njen značaj za razvoj društva – definiše pojam i karakteristike energije i njene podjele; opisuje osnovne oblike energije; ukazuje na ulogu i značaj energetike za razvoj društva, porast potreba za energijom i moguće trendove budućeg razvoja energetike.

Izvori električne energije – govori o osnovnim osobenostima elektroenergetike i karakteristikama električne energije, strukturi elektroenergetskih sistema i njihovih podsistema; osnovnim karakteristikama konvencionalnih i nekonvencionalnih izvora energije; opisuje prednosti korišćenja obnovljivih izvora za proizvodnju električne energije.

Primjena mjera bezbjednosti i zaštite na radu u elektroenergetici – navodi i objašnjava uticaje radne sredine na zdravlje i sigurnost ljudi; moguće izvore opasnosti, sa posebnim akcentom na različita dejstva električne struje na ljudski organizam i postupke pružanja prve pomoći; opisuje lična zaštitna sredstva i zaštitnu opremu i uređaje, vrste radova i zaštitne procedure u elektroenergetskim objektima i vrste i načine izrade radne dokumentacije u njima.

Uticaj energetike na okolinu i mjere zaštite okoline – analizira uticaje energetike na okolinu, načine njenog nastajanja i efekte osnovnih uticaja; uticaje različitih izvora električne energije i mjere za smanjenje štetnih uticaja energetike; objašnjava značaj sortiranja, odlaganja i skladištenja otpadnog materijala, posebno nastalog iz procesa eksploatacije, prerade, transporta i korišćenja različitih oblika energije.

Osnovni alat, mašinski materijali i mašinski elementi u elektroenergetici – navodi i objašnjava osnovne tipove ručnog alata i njegovu primjenu, specifičnosti i odabir alata potrebnog za praktičnu primjenu u elektrotehnici; prikazuje načine mjerenja dimenzija pomoću pomičnog mjerila; analizira značaj primjene tehničkih propisa i standarda kvaliteta; opisuje osnovne mašinske materijale i elemente u elektroenergetici; objašnjava načine spajanja limova i određivanje prenosnog odnosa prenosnika.

Radi lakšeg shvatanja i prihvatanja predviđenih sadržaja, a u cilju očigledne nastave i povezivanja teorijskih i praktičnih znanja i vještina iz oblasti energetike, samostalnog i timskog rada, prikazivanja i predstavljanja rada i rezultata, iz djelova teorijskog sadržaja gdje je god to bilo moguće, predviđene su i pripremljene praktične laboratorijske/radioničke vježbe (8).

Za svako poglavlje dat je određeni broj pitanja koja se odnose na taj dio teksta. Odgovorom na postavljena pitanja možete kontrolisati nivo i kvalitet naučene materije.

Manje poznate riječi su u tekstu boldovane i na margini je dato njihovo pojašnjenje.

Priložen je i spisak osnovne literature koja pokriva sve navedene oblasti, kao i veći broj korisnih sajtova na kojima možeš naći više dodatnih interesantnih informacija o izučavanim problemima i proširiti svoje znanje, kompetencije i sposobnosti.

Želimo ti mnogo uspjeha!

Autori

Kako koristiti udžbenik

2. Izvori električne energije

2.1. Osnovne osobnosti elektroenergetike i karakteristike električne energije

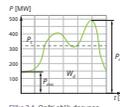
Elektroenergetika je disciplina u okviru nauke o elektricitetu (elektrici) u kojoj se, pored transformacije različitih izvora energije u električnu energiju, izučavaju njene unutrašnje transformacije, prenos i distribucija, kao i njene transformacije u upotrebne oblike koje čovjek koristi.

Ovaj sektor energetike je odgovoran za proizvodnju, prenos, distribuciju i isporuku električne energije potrošačima, u okviru posebne privredne oblasti koja se naziva elektroprivreda. Njen je osnovni cilj da obuhvati sve aktivnosti gasdovanja električnom energijom kako bi se obezbijedila zahtjevana isporuka potrošačima, uz neophodne mjere sigurnosti i pouzdanosti, zadovoljavajući kvalitet i najmanje troškove.

Osobnosti po kojima se elektroenergetika razlikuje od drugih grana energetike jesu:

- **Proizvodnja prema zahtjevu** – zbog nemogućnosti da se električna energija pod ekonomski prihvatljivim uslovima akumulira u potrebnoj količini i uskladišti za kasnije korišćenje, proizvodnja, prenos, raspodjela, distribucija i transformacija električne energije u druge vidove energije praktično se vrše u istom trenutku.
- **Promjenljivost potrošnje**, a samim tim i proizvodnje električne energije tokom vremena – zbog karaktera i zahtjeva raznorodnih potrošača postoji stalna i velika neravnomjernost potrošnje električne energije i snage tokom godine, godina, sezona, mjeseci, dana, pa i časa. Radni ciklusi i aktivnosti pojedinih potrošača, ili grupe potrošača, u određenim vremenskim intervalima prikazuju se dijagramima opterećenja i trajanja, tzv. dnevnim dijagramima opterećenja (kriva P_{Σ} – $f(t)$).

Primjer promjena potrošnje nekog konzuma u toku dana (W), na kome je veoma uočljiva promjenljivost potrošnje/proizvodnje električne energije tokom 24 časa, sa maksimalnim P_{Σ} , minimalnim P_{Σ} i srednjim P_{Σ} vrijednostima, prikazan je na slici 2.1.



Slika 2.1. Opći oblik dnevnog dijagrama opterećenja nekog konzuma

konzum (elektrodistributivni) oblasti priloženu teritoriju na kojoj se prilikom izračunavanja EES obavlja distribucija električne energije, sa svim potrošačima električne energije lociranim na toj teritoriji.

Definicija – sažeto, jasno objašnjenje/tumačenje nekog pojma pomoću drugih pojmova.

Ako želiš da budeš bolje informisan/informisana, upoznaj se sa dodatnim sadržajima.

Vježbe – Upoznaj se sa praktičnim laboratorijskim vježbama

Kada se govori o budućnosti većeg korišćenja energije Sunčevog zračenja i energije vjetra, vodeći računa o njihovoj nestalnosti kao energetskog resursa, veoma je važno unaprijediti i načine čuvanja/akumuliranja električne energije proizvedene tokom sunčanih perioda i perioda vjetra. Izolovani rezervoari ovu energiju najčešće čuvaju u toploj vodi. Baterije i akumulatori uglavnom služe za akumuliranje viška električne energije proizvedene snagom vjetra ili PV panelima. Zasad su njihovi kapaciteti nedovoljni za veće energetske potrebe. Međutim, veoma ubrzano se radi na usavršavanju i poboljšavanju njihovih kapaciteta.

VJEŽBA: Primjeri primjene električne energije

Cilj zadatka: Nakon obavljene vježbe učenik/učenicica će biti sposoban/sposobna da navede i objasni više primjera primjene električne energije za zadovoljenje čovjekovih energetskih potreba.

Nalog: Koristeći stečena znanja, istraži na internetu različite načine primjene električne energije za zadovoljenje čovjekovih energetskih potreba, objasni ih i izvrši njihovu uporednu analizu.

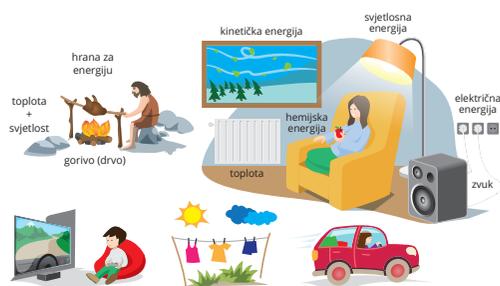
Nastavnik/nastavnica formira grupe. Svakoj od njih daje posebne zadatke: da pregledaju različite sajtove; izdvoje i objasne po nekoliko karakterističnih primjera primjene električne energije; izvrše njihovu uporednu analizu i komentarisati prednosti i mane upotrebe električne energije kod svakog od posmatranih primjera (koristiti stečena znanja iz ove oblasti).

Na osnovu rezultata istraživanja grupe prezentuju svoje zaključke i na različitim (analiziranim) primjerima komentarišu prednosti i nedostatke korišćenja električne energije.

1. Navedi prednosti korišćenja obnovljivih izvora za proizvodnju električne energije.
2. Analiziraj tradicionalne i nove obnovljive izvore energije.
3. Kritički procjeni osnovne probleme u korišćenju obnovljivih izvora energije.

Zanimljivosti radi proširivanja vašeg znanja.

Obavezan i važan dio sadržaja koji je potreban za razumijevanje teksta.



Slika 1.13. Primjeri korišćenja raznih oblika energije

U jednom periodu razvoja čovječanstvo je za podmirenje svojih energetske potrebe, skoro bez ikakvih ograničenja, nemilice koristilo, prema tadašnjem uvjerenju – neograničene i jeftine, raspoložive rezerve postojećih energetskih izvora, prije svega fosilnih goriva.



Nakon energetskih kriza u drugoj polovini 20. vijeka čovječanstvo je shvatilo pravu vrijednost i značaj energije, kao i njenu ulogu u cjelokupnom životu. Važno je bilo i saznanje da je vrijeme jeftine energije prošlo. Neophodno je voditi računa o tome da sve aktivnosti na rješavanju ovih problema iziskuju značajno vrijeme, velik i mukotran rad, istraživanja i velika novčana sredstva.

Ograničenost rezervi i brzo trajno nestajanje većine postojećih izvora energije uslovlili su vrtoglavo povećanje cijena svih vrsta goriva i velike poremećaje u snabdjevanju energijom. Ovo je uzrokovalo veliko povećanje svih životnih troškova i značajan negativan uticaj na razvoj životnog standarda u mnogim zemljama, naročito u zemljama u razvoju.

Način na koji čovječanstvo koristi energiju jedna je od osnovnih karakteristika ekonomije i čitave civilizacije. Ključni elementi i pokazatelji razvoja civilizacije jesu napredak od zaprežne snage do parne snage, potom motora s unutrašnjim sagorijevanjem i na kraju električne snage.



1. Navedi neke djelatnosti u kojima čovjek koristi energiju.
2. Objasni (na primjerima) korišćenje raznih oblika energije.
3. Nabroj osnovna ograničenja za veću upotrebu energije u zadovoljenju čovjekovih potreba.

Da provjeriš koliko si razumio/razumjela sadržaj izučavane materije.

1.4. Uloga i značaj energetike za razvoj društva

Energetika je nauka koja se bavi izučavanjem energije, njenih izvora i svega što je u vezi s tim.

Kao veoma važna privredna djelatnost, energetika se bavi proučavanjem i iskorišćavanjem različitih izvora energije, proizvodnjom, transportom, pretvaranjem i raspodjelom energije, kao i njenim korišćenjem, praktično u svim oblastima ljudske djelatnosti.

U svom istorijskom razvoju energetika je uvijek imala određeni, više ili manje važan, značaj za razvoj društva:

- **lokalni/ograničeni značaj/karakter**, dok je društvo/država bilo slabo razvijeno ili na početku brzog tehničkog i tehnološkog razvoja;
- **državni regionalni značaj**, u periodu brzog razvoja društva i svih njegovih djelatnosti;
- **međunarodni (globalni) značaj**, danas, u integrisanom i veoma uzajamno povezanom i uslovljenom razvoju čitavog svijeta.



Danas je energetika dobila veoma važan međunarodni/globalni značaj. Ovome su doprinijeli, prije svega, sve veći zahtjevi za energijom, kako zbog povećanja broja stanovnika, tako i zbog tehničko-tehnološkog razvoja i povećanja kvaliteta i standarda života. Za ovaj trend razvoja energetike značajan je i sve ozbiljniji uticaj proizvodnje i potrošnje energije na životnu sredinu, kao i velike ekonomske posljedice promjena koje su se desile i koje se dešavaju na svjetskom tržištu energije.

Jedna od važnih činjenica u vezi s energijom i njenim korišćenjem jeste da je prošlost pokazala da moć imaju oni koji kontrolišu izvore energije i tehnologiju njihove eksploatacije, i da svijetom vladaju oni koji kontrolišu energetske resurse. U više navrata u prošlosti borba za energetske izvore izazivala je velika politička i vojna previranja, nestabilnost i ratove širom svijeta.

Očigledno je da je energetske razvoj povezan i s pozitivnim i s negativnim ishodima. S jedne strane, opšte je poznato da je adekvatno i pouzdano snabdjevanje energetskim uslugama (toplotnom, svjetlosnom i pokretačkom energijom) preduslov za održiv ekonomski razvoj u kontekstu globalne ekonomije. Osim toga, poboljšani pristup energetskim uslugama u bliskoj je vezi s povećanim blagostanjem i standardom ljudi.



Da bi se usporio visok rast koncentracije gasova sa efektom staklene bašte, međunarodna zajednica je početkom devedesetih godina prošlog vijeka usvojila Okvirnu konvenciju Ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama i Protokol Konvencije iz Kjotoa za njenu implementaciju (koji je stupio na snagu 2005).



Istraživanja su pokazala da postoji dobra korelaciona zavisnost između potrošnje energije po stanovniku u nekoj zemlji i nekih društvenih i ekonomskih pokazatelja, kao što su društveni proizvod, nacionalni dohodak društva i sl.



Kao ilustracija značaja energije za dalji tehnički razvoj svijeta može poslužiti podatak da je samo u toku dvadesetog vijeka ukupna godišnja potrošnja svih oblika primarne energije u svijetu porasla više od deset puta.



Održivi razvoj razvoja društva koji raspoloživim resursima zadovoljava ljudske potrebe, ne ugrožavajući prirodne sisteme i životnu sredinu, čime se osigurava dugoročno postojanje ljudskog društva i njegovog okruženja.

1.

Oblici energije i njen značaj za razvoj društva

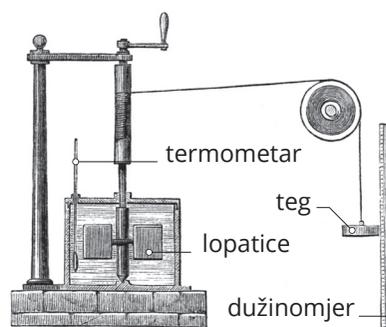
1.1. Pojam i osnovne karakteristike energije

Naziv potiče od grčke riječi **energija** (grč. *ἐνέργεια*), što znači živahan. Prema literaturi, ovu riječ je prvi put u radu upotrijebio Aristotel u 4. vijeku prije nove ere. Termin energija u modernom značenju, umjesto dotadašnjeg termina *vis viva* (živa sila), prvi put se pominje u radovima Tomasa Janga 1807. godine.

energija
sposobnost tijela ili sistema da vrši neki rad.



Džejms Džul je 1843. godine u seriji izvedenih eksperimenata otkrio mehanički ekvivalent toplote pokazavši da je toplota oblik energije. U najpoznatijem eksperimentu, koji se danas naziva *Džulova sprava* (slika 1.1), pokazao je da spuštanje tega niz konopac dovodi do rotacije lopatica koje su potopljene u vodu. Trenje lopatica koje se obrću u vodi izaziva povećanje temperature vode. Upoređujući mehanički rad spuštanja tegova s porastom temperature vode (mjeri se termometrom), Džul je pokazao da je gravitaciona potencijalna energija, izgubljena zbog tega koji visi, jednaka termičkoj energiji (toploti) koju dobije voda usljed trenja lopatica. Time je dokazao ekvivalentnost/jednakost mehaničke energije i toplote.



Slika 1.1. Džulova sprava za mjerenje mehaničkog ekvivalenta toplote

Energija se nalazi svuda oko nas. Ona pokreće sva živa bića. Sve što se nalazi u okruženju zasnovano je na korišćenju energije. Suština je da je energija sposobnost da se neki posao obavi. Energija zavisi od uslova u kojima se nalazi. Ona određuje sva stanja u prirodi: kretanje i mirovanje, toplotna stanja, hemijske procese, elektromagnetne procese, prostiranje svjetlosti, veze u atomima i sl.



U početku, kada se raspravljalo o energiji, obično su se posmatrali lako uočljivi efekti na tijelima ili stanja različitih sistema. Smatralo se da je neki oblik energije odgovoran za bilo koju promjenu. Kada je naučno utvrđeno da se energija nalazi u tijelima, pojam energije se sve više koristio da označi sposobnost (potencijal) za promjene, kao i same promjene. Efekti djelovanja energije na neko tijelo javljaju se u raznim oblicima. Na primjer: električna energija dobijena iz baterija, hemijska energija uskladištena u hrani, toplotna energija grijača vode ili kinetička energija voza u pokretu... Jednostavno rečeno, energija je promjena ili sposobnost za promjene.

Pojmovi energije i rada su relativno novi pojmovi, koje uglavnom koriste fizičari. Razvoj parne mašine zahtijevao je od inženjera da razviju pojmove i formule koji su im omogućili da opišu mehaničku i toplotnu efikasnost njihovih sistema. Mnogobrojni inženjeri, matematičari, fizičari i ostali naučnici i stručnjaci svojim su radovima doprinijeli zajedničkom sagledavanju činjenice da je sposobnost vršenja rada povezana s količinom energije u sistemu. Priroda energije je i dalje bila neuhvatljiva i dugo je izazivala rasprave o tome da li je energija neka vrsta materije ili jednostavno fizička veličina, kao što su, npr. pritisak, temperatura, dužina...

U fizici je energija karakteristika sistema (tijela ili mase) kojom se opisuje njegova sposobnost da obavi neki rad. Uobičajena oznaka za energiju, koja je skalarna veličina, jeste E ili W . To je svojstvo koje mora biti prenijeto na objekat da bi izvršio rad, ili da bi se zagrijao, i može biti pretvoreno u drugi oblik, ali ne može biti kreirano ni uništeno.

Razne vrste rada manifestuju se promjenom raznih mjernih veličina, npr. temperature, mase, rastojanja, radijacije, električne struje i sl. Pojam energije se često koristi i u kontekstu koji nema veze sa fizikom, npr. životna energija, psihička energija i slično.

Svaki fizički sistem posjeduje energiju u izvjesnoj količini. Količina energije sistema je relativna vrijednost u odnosu na referentno stanje ili referentni nivo. Energija fizičkog sistema se definiše kao količina mehaničkog rada koji sistem može da proizvede kada mijenja svoje trenutno stanje i prelazi u referentno stanje.

Kako je energija definisana kao sposobnost sistema (tijela) da vrši rad, taj izvršeni rad predstavlja mjeru promjene energije. Kada tijelo pređe iz jednog energetskeg stanja (početno E_1) u drugo energetske stanje (konačno E_2), vrši se rad jednak promjeni energije. Pri tome:

- što tijelo ima veću energiju, to je sposobnije da izvrši rad;
- kada tijelo vrši rad, energija mu se smanjuje;
- kada okolina vrši rad na tijelo, energija mu se povećava.

Energija koju tijelo izgubi pri vršenju rada ili dobije pri vršenju rada nad njim brojno je jednaka tom radu.

Veoma je važno znati razliku između rada i energije.

Energija je veličina koju tijelo posjeduje i koja određuje njegovo stanje, dok je rad veličina koju tijelo ne posjeduje i koja određuje promjenu stanja. Rad je proces u kome se jedan vid energije pretvara u drugi, odnosno: rad se transformiše u energiju, i obrnuto.

Kada se u fizici govori o radu, misli se na vrstu rada za čije je obavljanje potreban fizički napor. Ovaj rad je najčešće povezan s mehaničkim kretanjem ili premještanjem tijela, i naziva se mehanički rad. Svaki rad je praćen promjenom energije ili prelaskom jednog oblika energije u drugi. Pod pojmom mehaničkog rada ne treba podrazumijevati samo pokretanje tijela s jednog mjesta na drugo, već i mijenjanje njegovog oblika. Mehanički rad je savladavanje svih otpora na nekom putu; da bi on bio izvršen, neophodno je postojanje sile.

Da bi se vršio mehanički rad, treba da budu ispunjena dva uslova: da djeluje sila i da se tijelo kreće pod dejstvom te sile. Veličina mehaničkog rada (uobičajena oznaka A ili W – *work*) koji vrši neka sila upravo je srazmjerna intenzitetu sile (F) i dužini pređenog puta (S) koju je tijelo prešlo pod dejstvom te sile, ako se pomjeranje vrši u smjeru djelovanja sile, tj.:

$$A = F \cdot S. \quad (1.1)$$

Da bi se rad mogao izvršiti, tijelu treba dovesti upravo toliku količinu energije koliko bi iznosio izvršeni rad, ili bi u tijelu morala postojati upravo tolika količina akumulisane energije.

Vršenje rada (energija) može se predstaviti na mnogo načina: kao promjena brzine kretanja, kao promjena položaja, kao promjena temperature, kao oscilacije...

U fizici postoji veoma važna i poznata formula (Albert Ajnštajn, 1905) kojom se uspostavlja ekvivalentnost između energije E (J) i mase m (kg). Njome se definiše da je energija jednaka masi pomnoženoj s kvadratom brzine svjetlosti u vakuumu ($c \approx 300.000$ km/s), tj.:

$$E = mc^2 \quad (1.2)$$

energija = masa · brzina svjetlosti²

Prema Internacionalnom sistemu mjernih jedinica (SI), mjerna jedinica za energiju i rad je džul (J), nazvana u čast engleskog fizičara Džemsa Preskota Džula, koja se definiše kao:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ njutn-metar (Nm)} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \text{ m} = \text{kg (m/s)}^2 \quad (1.3)$$

Iz 1.3 vidi se da je jedan džul jednak jednom njutn-metru, kao radu koji izvrši sila od jednog njutna pri pomjeranju tijela na putu od jednog metra, pri čemu su sila i pomjeraj istog smjera.



U praksi se koriste i druge jedinice za energiju, kao što su:

- britanska toplotna jedinica (Btu), koja iznosi oko 1055 J
- konjska snaga – sat, jednaka 2,6845 MJ
- kilovat-čas (kWh): $3,6 \times 10^6$ J (3,6 MJ)
(teravat-čas, TWh = 10¹² Wh)
- kalorija (cal), 4,1868 kJ...



Kao jedinica mjere za energiju pri obračunu utrošene električne energije, koristi se jedinica vat-čas (Wh). Zbog, po pravilu, velikog iznosa na koji se odnose računi za utrošenu električnu energiju, uobičajeno se koriste

višestruko veće mjerne jedinice od Wh, kao što su:

- kWh (kilovat-čas = 10^3 Wh),
- MWh (megavat-čas = 10^6 Wh) i
- GWh (gigavat-čas = 10^9 Wh).



Osnovne karakteristike energije jesu:

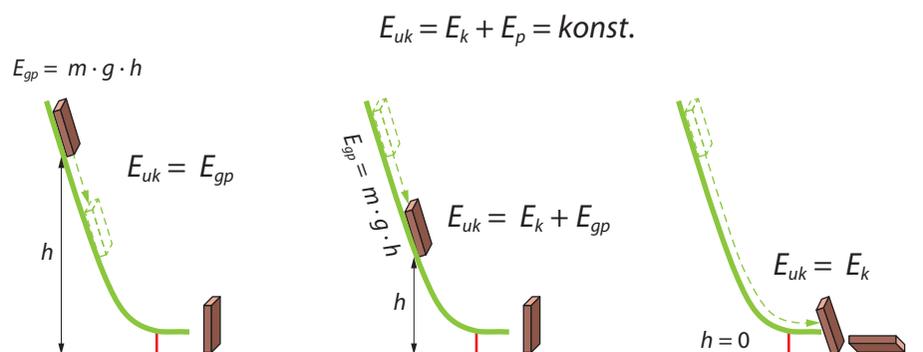
- ne može nastati ni iz čega
- neuništiva je;
- sposobnost transformacije iz jednog oblika u drugi ili prelazak s jednog tijela na drugo.

Ove karakteristike ukazuju da je količina energije u zatvorenom sistemu (zbir svih energija sistema) uvijek konstantna. Ovo je definisano **zakonom o održanju energije** (još u 19. vijeku).



Primjer zakona o održanju energije može se prikazati na različitim praktičnim slučajevima. Na slici 1.2. prikazan je pomoću tobogana i knjige koja se kreće niz tobogan. U početnom položaju, kada je knjiga na vrhu tobogana, ona ima gravitacionu potencijalnu energiju E_{gp} , koja zavisi od mase tijela (m) i visine (h) na kojoj se knjiga/tijelo nalazi. To je energija koja se javlja kao posljedica djelovanja sile Zemljine teže, odnosno sile kojom Zemlja privlači tijela prema svom središtu. U početnom položaju knjiga se pridržava, tj. ona miruje, pa je njena ukupna energija E_{uk} jednaka gravitacionoj potencijalnoj energiji. Ako se knjiga pusti da klizi niz tobogan, dolazi do smanjenja visine u odnosu na početnu visinu h , čime se smanjuje njena gravitaciona potencijalna energija. Usled kretanja knjige dolazi do pojave njene kinetičke energije E_k (koju ima svako tijelo koje se kreće), koja

zavisi od mase i brzine (v) tijela. Usled djelovanja sile Zemljine teže dolazi do povećanja brzine kretanja knjige, i time i do povećanja njene kinetičke energije. Kako se knjiga spušta niz tobogan, to joj se smanjuje E_{gp} (zbog smanjenja visine) a povećava E_k (zbog povećanja brzine), odnosno može se zaključiti da se E_{gp} pretvara u E_k . Ukupna energija koju ima knjiga (E_{uk}) u svakom trenutku jednaka je zbiru E_{gp} i E_k . Neposredno prije udara knjige o tlo ukupna E_{gp} se pretvorila u E_k . Prilikom udara knjige koja se kreće toboganom u knjigu koja se nalazi na tlu, ona obavlja rad na toj knjizi, odnosno ruši je na zemlju. Pošto se sva energija koju ima knjiga na početku pretvorila u kinetičku energiju na nivou tla, to je vrijednost energije knjige prilikom udara o tlo po iznosu jednaka energiji koju je imala knjiga na početku kretanja.



Slika 1.2. Ilustracija zakona o održanju energije



Prilikom svih pretvaranja energije važi zakon o održanju energije.



U prirodi postoje mnogobrojni primjeri procesa transformacija/pre-tvaranja energije iz jednog oblika u drugi, koji se stalno dešavaju. Ljudi konzumiraju hranu, tijelo koristi hemijsku energiju u obliku hrane i pretvara je u mehaničku ili toplotnu energiju. Baterija pretvara hemijsku energiju u električnu energiju, koja se potom može pretvoriti u toplotnu ili svjetlosnu (elektromagnetnu) energiju. Potencijalna energija vode pretvara se u kinetičku energiju vode koja okreće **turbinu**. Ta energija se potom, posredstvom **generatora**, pretvara u električnu energiju. Motor u automobilu pretvara hemijsku energiju goriva i kiseonika u mehaničku energiju kretanja. Sijalica pretvara električnu energiju u svjetlosnu itd. Neki od primjera iz prakse prikazani su na slici 1.3.

turbina

rotacioni mehanički uređaj koji pretvara energiju (kinetičku i potencijalnu) fluida u koristan mehanički rad.

generator

obrtna električna mašina koja mehaničku energiju dovedenu na vratilo transformiše u električnu energiju.



Slika 1.3. Primjeri transformacije energije iz jednog oblika u drugi



Kao vrlo čest primjer pretvaranja/transformacije energije iz jednog oblika u drugi može se posmatrati i slučaj transformacije energije tokom atmosferskog pražnjenja (slika 1.4), gdje se energija nagomilana u atmosferi, pretvara u ekvivalentnu količinu svjetlosne energije, energije zvuka i toplotne energije.



Slika 1.4. Primjeri transformacije energije atmosferskog pražnjenja u svjetlosnu energiju



Energija se nikada ne može pretvoriti iz jednog oblika u drugi bez gubitaka.



Kada se upali svjetlo, električna energija se pretvara u svjetlosnu, ali se istovremeno jedan dio pretvara u toplotu. Ljudsko tijelo pretvara hemijsku energiju hrane u razne vidove energije (toplotnu, mehaničku, električnu...); automobil pretvara hemijsku energiju goriva u mehaničku (kinetičku) energiju itd. Svi alati i aparati su u stvari pretvarači energije iz jednog oblika u drugi. Za svaki pretvarač energije može se definisati veličina koja govori koliko je taj aparat uspješan u onome što (bi trebalo da) radi. Ova veličina se naziva stepen iskorišćenja (koeficijent korisnog dejstva), obilježava se sa η (eta), a izračunava kao odnos korisne i uložene energije, izražen u procentima:

$$\eta = (E_{\text{korisno}} / E_{\text{uloženo}}) \cdot 100 (\%) \quad (1.4)$$

Jedna od karakteristika energije jeste da se prelaz energije iz jednog oblika u drugi dešava u veoma dugom lancu – takozvanom energetskom lancu. Ovu osobinu energije opisuje **prvi zakon termodinamike**, koji kaže da *Energija se ne može uništiti niti stvoriti sama od sebe, ili Energija može samo promijeniti oblik ili prostor*. Ovaj je zakon, u stvari, poseban slučaj zakona o održanju energije. Njime definisane zakonitosti omogućavaju izradu proračuna koliko energije postoji, koliko energije stoji na raspolaganju u obliku uglja, električne energije, solarne energije itd., što je uslovilo da se ovaj zakon naziva **zakon količine (kvantiteta) energije**.

Kako se prema ovom zakonu energija ne može istrošiti, nepravilno je govoriti o **potrošnji** energije. Može se potrošiti samo jedan oblik energije, prilikom njegove transformacije u neki drugi oblik, koji ponekad može biti beskoristan ili čak i štetan. Stoga je ispravnije koristiti termin *potrošnja električne energije* u slučaju kad se ona pretvara, na primjer, u toplotnu energiju. Međutim, energija kao takva može se samo koristiti, ne i potrošiti. Zakon količine energije govori da energija ne nestaje – ona se samo transformiše iz jednog oblika u drugi.

Za korisnike energije nijesu svi oblici energije jednako iskoristivi ni jednako vrijedni, jer imaju različit energetski kvalitet. Što je kvalitet nekog oblika energije veći, znači da se veći dio tog oblika energije može iskoristiti za proizvodnju korisnog rada. Stoga se može reći da je kvalitet energije mjera za količinu dostupne energije.

S obzirom na kvalitet, razni oblici energije dijele se na sljedeće kategorije:

- **energija odličnog kvaliteta** (potencijalna i kinetička energija, električna energija...)
- **energija visokog kvaliteta** (nuklearna energija, hemijska energija, toplotna energija visoke temperature (> 100 °C...))
- **energija niskog kvaliteta** (toplotna energija niske temperature (< od 100 °C)).

Karakteristika energije o kojoj se ovdje govori može se opisati definicijom *da se energija visokog kvaliteta može transformisati u energiju nižeg kvaliteta uz određeni gubitak – dok je obrnuta transformacija na isti način nemoguća.*

Naravno, energija visokog kvaliteta može se transformisati u energiju odličnog kvaliteta, kao npr. pri pretvaranju hemijske energije u električnu energiju, koje se vrši u termoelektrana. Međutim, uvijek je rezultat ovog procesa transformacija najvećeg dijela prvobitne količine energije u energiju nižeg kvaliteta, pri čemu dolazi do gubitka toplote. Iz ovoga se može izvući zaključak da će prvobitna količina energije nakon pretvaranja uvijek biti nižeg kvaliteta.

O ovoj karakteristici energije govori **drugi zakon termodinamike**, koji glasi: *Nije moguće napraviti mašinu koja može u potpunosti transformisati datu količinu toplotne energije u koristan rad, ili: Kada se određena količina energije transformiše, njen kvalitet se smanjuje.*

Ovaj zakon razmatra na koji se način kvalitet energije smanjuje kada određena količina energije mijenja oblik, pa se zato i naziva **zakonom kvaliteta energije**.

Kada se govori o energiji, veoma je važno istaći da potrošačima nije najbitnija energija sama po sebi, nego razne usluge i robe koje su zahvaljujući njoj na raspolaganju, jer je za njihovu proizvodnju ta energija potrebna.



Kao primjer energija različitog kvaliteta mogu se posmatrati dvije vrste energije u jednakoj količini od po 1 kWh: jedna u obliku električne energije i druga u obliku toplotne energije s temperaturom malo višom od sobne. Postavlja se pitanje njihove sličnosti ili razlike u odnosu na njihov različit energetska kvalitet.

Posmatrana količina električne energije može se koristiti za obavljanje mnogih poslova, od pokretanja automobila na kratkim relacijama do zagrijavanja neke manje prostorije i sl.

Ista količina toplotne energije može se koristiti samo za zagrijavanje prostorije.



1. Definiši pojam energije.
2. Navedi karakteristike energije i načine njenog manifestovanja.
3. Objasni zakon o održanju energije.
4. Objasni prvi zakon termodinamike (zakon o količini energije).
5. Objasni drugi zakon termodinamike (zakon kvaliteta energije).

1.2. Oblici energije i njihove podjele

Energija se u prirodi može pojaviti u različitim oblicima, kao:

- potencijalna energija, koja postoji kao posljedica položaja koji objektat ima u odnosu na druge objekte
- kinetička energija, koja je posljedica kretanja tijela. Sve što se kreće ima kinetičku energiju
- hemijska energija, koja je posljedica hemijskih veza među atomima supstance objekta
- električna energija, koja je posljedica naelektrisanja objekta
- toplotna energija, koja postoji kao posljedica zagrijanosti tijela
- nuklearna energija, koja postoji kao posljedica nestabilnosti atomskih jezgara objekta
- elektromagnetna energija – energija **zračenja**, što može biti svjetlost, radio-talasi ili drugi pojavni oblik istog fenomena elektromagnetnog zračenja i sl.

U stručnoj literaturi postoje i druge podjele energije, koje zavise od mnogobrojnih kriterijuma za podjelu. Različiti oblici energije se dijele, odnosno grupišu, na više načina. Najčešće podjele s kriterijumima za podjele, prikazane su u tabeli 1.1.

zračenje

proces prostiranja toplote koji se dešava između dva tijela koja se nalaze na različitim temperaturama. Zračenje se prostire u vidu elektromagnetnih talasa.



Često se srijeće sljedeća podjela oblika energije:

Potencijalna energija – energija koju objektat posjeduje u odnosu na drugi; poznata i pod nazivom uskladištena energija ili energija položaja, koja sadrži i:

- hemijsku energiju – uskladištena energija u hemijskim supstancama
- nuklearnu energiju – energija uskladištena u atomskim jezgrima.

Kinetička energija – energija tijela u pokretu, koja sadrži i:

- toplotnu energiju – energija povezana s toplotom
- energiju zvuka – energija mehaničkih talasa vazduha
- električnu energiju – energija pokretnih nosilaca naelektrisanja.

Energija zračenja – energija elektromagnetnih talasa, uključujući svjetlost.



Tabela 1.1. Podjela energije

Podjela	Kriterijum za podjelu
Akumulisana i prelazna	Stanje i trajnost postojanja
Primarna, transformisana i korisna	Pojavni oblik, forma, tj. mogućnost korišćenja
Konvencionalna i nekonvencionalna	Nivo korišćenja, tj. tehničko-ekonomska isplativost
Obnovljiva i neobnovljiva	Prirodna obnovljivost

1.2.1. Akumulisana i prelazna energija

Akumulisana ili sakupljena energija u nekom prostoru ili tijelu može se u određenom obliku održati dugo. Akumulisani oblici energije jesu:

- potencijalna
- kinetička i
- unutrašnja energija.

Potencijalna energija (E_p ili W_p) ili energija položaja definiše se kao rad koji se obavi protiv određene sile promjenom pozicije posmatranog tijela u odnosu na neku referentnu poziciju. To je energija koju posjeduje tijelo na nekom položaju (visini) h . Za podizanje tijela mase m (kg) sa visine h_1 (m) na visinu h_2 (m) potrebno je obaviti rad A (J) jednak potencijalnoj energiji, tj.:

$$A = E_p = W_p = m \cdot g \cdot (h_2 - h_1), \quad (1.5)$$

gdje je g ubrzanje Zemljine teže ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

Podizanjem mase m obavljani rad nije izgubljen. On se iz podignute mase može ponovo dobiti ako se dopusti da se tijelo djelovanjem Zemljine teže opet spusti na nivo h_1 . Taj je rad nagomilan u podignutom tijelu kao potencijalna energija ili energija položaja.

Kinetička energija (E_k ili W_k) ili energija kretanja jeste energija potrebna da se neko tijelo ubrza na neku brzinu, odnosno energija tijela pri određenoj brzini u odnosu na neko referentno tijelo. Za ubrzanje nekog tijela mase m od brzine v_1 na brzinu v_2 mora se uložiti rad. Taj rad, akumulisan u masi tijela koje se kreće, zove se kinetička energija, koja je određena izrazom:

$$W_k = E_k = \frac{1}{2} m \cdot (v_2^2 - v_1^2). \quad (1.6)$$

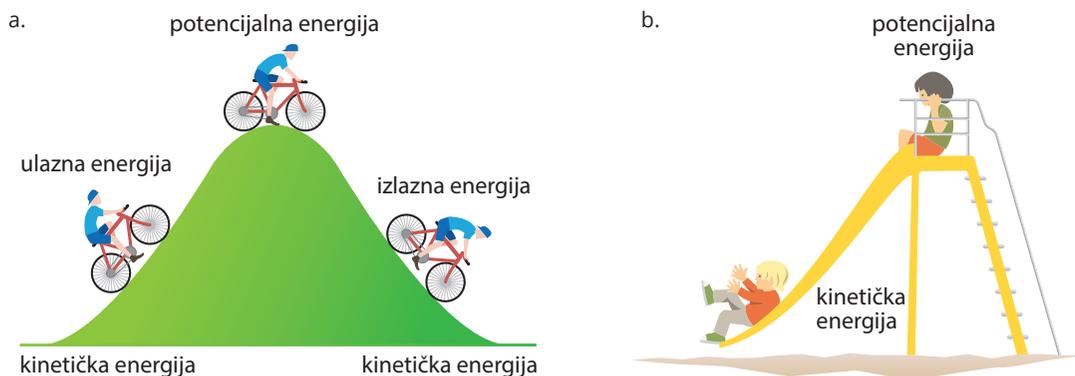
Ovaj rad se može opet vratiti iz mase u kretanju ako se tijelo uspori na početnu brzinu v_1 .



Na slici 1.5.a. i b. prikazani su primjeri tijela koja imaju potencijalnu i kinetičku energiju, i načini prelaska iz jedne u drugu. Krećući se uzbrdo, biciklista ima kinetičku energiju koja se smanjenjem njegove brzine smanjuje, jer se s povećavanjem visine u odnosu na podnožje brda pretvara u potencijalnu energiju. Na vrhu brda biciklista se zaustavlja, čime je njegova ukupna energija jednaka potencijalnoj energiji. Spuštanjem prema podnožju povećava mu se brzina, a time i kinetička energija, dok mu se smanjuje visina, čime

mu se smanjuje potencijalna energija, koja se pretvara u njegovu kinetičku energiju. Na dnu brda njegova ukupna energija je jednaka kinetičkoj energiji.

Dječak na vrhu tobogana miruje i ima potencijalnu energiju u odnosu na zemlju. Kretanjem niz tobogan ona se smanjuje, pretvarajući se u njegovu kinetičku energiju, koja je najveća kada on dođe u podnožje tobogana, gdje je njegova potencijalna energija jednaka nuli.



Slika 1.5. Primjeri tijela koja posjeduju potencijalnu i kinetičku energiju

Unutrašnja energija. Potencijalna i kinetička energija mogu se nagomilati ne samo u tijelima kao cjelini, već i u najmanjim elementarnim česticama tijela. Unutrašnja energija na nivou molekula jeste **unutrašnja kalorična energija**. Unutrašnja energija na nivou atoma jeste **hemijska energija**, dok se unutrašnja energija na nivou jezgara naziva **nuklearna energija**.

Prelazna energija je prelazni oblik energije za koji je karakteristična kratkotrajnost pojave. Ona se pojavljuje u slučaju kad akumulirana energija prelazi iz jednog u drugi oblik ili kad akumulirana energija prelazi s jednog tijela na drugo. Oblici ove energije jesu:

- mehanička
- električna i
- toplotna.

Energija koja omogućava kretanje tijela naziva se **mehanička energija**. Mehaničko stanje tijela (kretanje, mirovanje, položaj, promjena oblika i sl.) uslovljeno je ili određeno stanjem i količinom mehaničke energije. Mehaničku energiju (slika 1.6) imaju tijela koja se kreću (a), koja se nalaze u gravitacionom polju Zemlje (b) ili su elastično deformirana (c).



Većina modernih uređaja, kao što je elektromotor ili parna mašina, danas se koristi da pretvori mehaničku energiju u ostale oblike energije, npr. električnu energiju, ili da pretvori ostale oblike energije, poput toplote, u mehaničku energiju.



Slika 1.6. Primjeri mehaničke energije

Mehanička energija je prelazna energija koja je povezana s kretanjem i pozicijom objekta, koja se ne može nagomilati, nego se može iskoristiti samo istovremeno sa svojom pojavom.

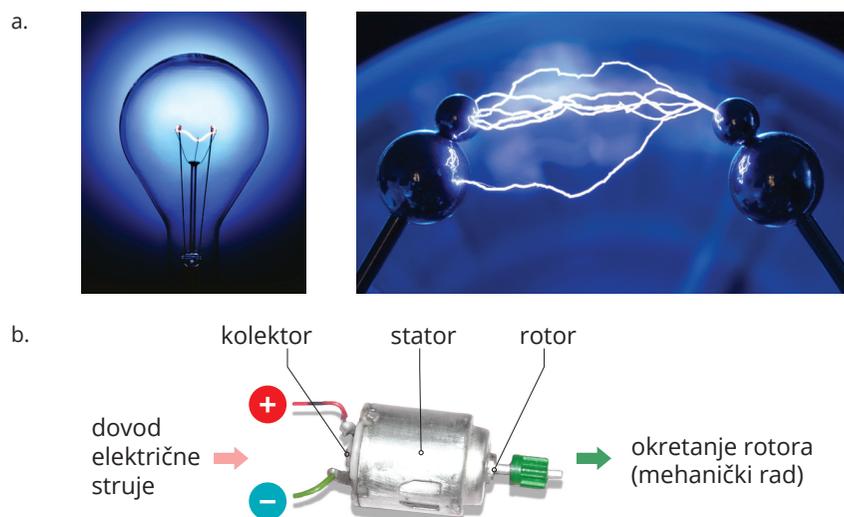
Električna energija je oblik prelazne energije u polju **Kulonove sile** u kojem se čestice istog naelektrisanja međusobno odbijaju, a čestice suprotnog naelektrisanja međusobno privlače, pri čemu se stvara razlika potencijala.

Električna energija je pojam koji se može odnositi na više usko povezanih oblika energije: energija sadržana u električnom polju, potencijalna energija električnog opterećenja (naboja/količine elektriciteta), energija električne struje i sl. Dobija se transformacijom iz mehaničke, toplotne, hemijske, svjetlosne, nuklearne i sl. Relativno jednostavno se može pretvoriti u ostale korisne oblike energije. Primjeri pretvaranja električne energije u svjetlosnu energiju (a) i mehaničku energiju (b) prikazani su na slici 1.7.

Kulonova sila

(Kulonov zakon)

Intenzitet elektrostatičke sile između dva tačkasta naelektrisanja direktno je proporcionalan proizvodu količina njihovih naelektrisanja, a obrnuto proporcionalan kvadratu rastojanja između ta dva naelektrisanja.



Slika 1.7. Primjeri pretvaranja električne energije u svjetlosnu (a) i mehaničku (b) energiju

Toplota je energija koja nastaje na različite načine. Jedan od njih jeste pretvaranjem iz hemijske energije goriva. Sagorijevanje ili izgaranje je hemijska promjena pri kojoj dolazi do oksidacije gorivih sastojaka nekog goriva. Uz oslobađanje toplote može se pojaviti svjetlost u obliku žarenja ili plamena (slika 1.8). Goriva su najčešće organske materije (posebno ugljovodonicu) u gasovitom, tečnom ili čvrstom stanju.

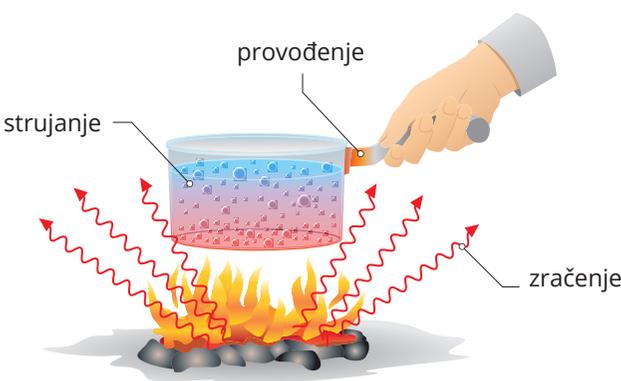


Slika 1.8. Sagorijevanje goriva

Takođe, toplota nastaje i direktnim Sunčevim zračenjem, a može se dobiti i pretvaranjem iz električne i nuklearne energije. I geotermalna energija je toplotna energija, a i oceani i mora posjeduju ogromne količine toplotne energije nastale usljed Sunčevog zračenja.



Toplotna energija prelazi s jednog objekta na drugi zbog razlike u temperaturi. Toplota se prenosi na tri osnovna načina: provođenjem (kondukcijom), strujanjem (konvekcijom) i zračenjem (radijacijom). Primjer različitih načina prenošenja toplote prikazan je na slici 1.9. Toplotna energija se može direktno koristiti za grijanje ili posredno za dobijanje ostalih oblika energije (npr. električne energije).



Slika 1.9. Primjeri različitih načina prostiranja toplote

1.2.2. Primarna, transformisana i korisna energija

Različiti oblici energije mogu se, osim prema već pomenutoj podjeli, klasifikovati i prema pojavnom obliku, formi i mogućnosti korišćenja, odnosno prema tome kako su nastali (slika 1.11), na:

- **primarne** oblike
- **transformisane** oblike i
- **korisne** oblike energije.

1.2.2.1. Primarni oblici energije



Primarni su oni oblici energije čiji se nosioci nalaze u prirodi ili se u njoj pojavljuju. Osnovni primarni izvori energije koji se nalaze u prirodi jesu:

- energija Sunca – fotosinteza, isparavanje, strujanje vode i vazduha i
- energija Zemlje – geotermalna i energija gravitacije.

Veliki dio primarnih oblika energije ne može se direktno koristiti, već se mora transformisati u pogodniji oblik za korišćenje, u tzv. transformisani oblik energije. Svrha transformacija je dobijanje tzv. korisnih oblika energije koji se neposredno koriste.

Fizički posmatrano, primarni oblici energije mogu biti nosioci različitih energija:

- nosioci hemijske energije (goriva), na primjer: drvo, treset, ugalj, sirova nafta, prirodni gas, uljni škriljci, bituminozni pijesak, biomasa
- nosioci potencijalne energije (hidroenergija, plima i oseka)
- nosioci nuklearne energije (nuklearna goriva)
- nosioci kinetičke energije (vjetar, morski talasi)
- nosioci toplotne energije (geotermalna energija, unutrašnja toplota mora)
- nosioci energije zračenja (Sunčevo zračenje).

Nosioci energije, odnosno izvori energije, jesu pojave ili materije koje se mogu koristiti za proizvodnju energije. Pojam *izvori energije* može se koristiti i za odgovarajuće sisteme (objekte). Ovaj pojam se prvenstveno koristi kod proizvodnje električne energije kada se govori o **elektranama** kao izvorima električne energije.

elektrane
postrojenja u kojima se neki od korisnih oblika energije pretvara u električnu energiju.

Između pojedinih nosilaca primarne energije postoje značajne razlike, kako u pogledu njihovog korišćenja, obnovljivosti, raspoloživosti, tako i u pogledu ekonomičnosti njihovog korišćenja.

1.2.2.2. Transformisani oblici energije

Vrlo se rijetko primarni oblici energije bez energetske **transformacije** mogu neposredno koristiti kao korisni oblici energije. Često se događa da se već transformisani oblik energije mora dodatno transformisati (dva ili više puta) da bi se dobio neki korisni oblik energije.

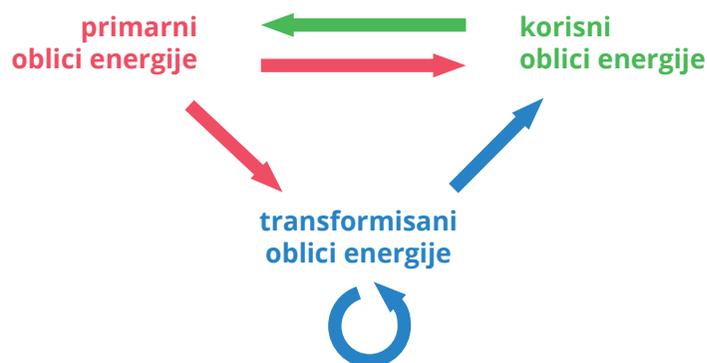
transformacija
promjena oblika, stanja, osobina, preobražaj, pretvaranje; (fiz.) pretvaranje jednog oblika energije u drugi; pretvaranje električne energije visokog napona u energiju niskog napona, i obratno.

Kroz različite energetske transformacije, jednu ili više u nizu, iz primarnih oblika energije dobijaju se transformisani oblici energije:

- toplotna energija
- mehanička energija i
- električna energija,

koji su pogodniji za dalje transformisanje, za transport ili prenos na veća ili manja rastojanja, ili za korišćenje.

Za svaki oblik primarne energije postoji odgovarajuća energetska transformacija, koja prvenstveno zavisi od nosioca energije koji sadrži taj oblik. Različite moguće kombinacije energetskih transformacija prikazane su na slici 1.10. Primarni oblici energije i mogućnosti njihove transformacije prikazani su crvenom, transformisani oblici plavom a korisni zelenom bojom (istim bojama kao i na slici 1.11).



Slika 1.10. Različite kombinacije energetskih transformacija

Najčešći načini transformacije primarne u transformisanu energiju jesu:

- a) Sagorijevanje, gdje se u ložištima vrši proces transformacije hemijske primarne energije u unutrašnju toplotnu energiju. Ova toplotna energija se može direktno koristiti za grijanje, pripremu tople vode, razne tehnološke procese i sl.
- b) Pretvaranje unutrašnje toplotne energije dobijene sagorijevanjem u mehanički rad, a koji se realizuje u SUS motorima, gasnim turbinama, parnim turbinama i mašinama, što predstavlja primjer dvostruke transformacije.
- c) Turbinska transformacija, kojom se razni oblici primarne energije transformišu u mehaničku (mehanički rad). Na primjer, potencijalna energija vodnih snaga transformiše se pomoću vodnih turbina, kinetička energija vjetra pomoću vjetroturbina, geotermalna energija i toplotna energija mora transformišu se pomoću toplotnih turbina i sl.
- d) Fotonaponska transformacija kojom se energija zračenja Sunca, pomoću **fotonaponskih (PV) ćelija**, transformiše u električnu energiju.

fotonaponske PV ćelije (solarne ćelije)

poluprovodničke strukture koje imaju zadatak da pretvore Sunčevo zračenje, tj. toplotnu energiju u električnu energiju. To je poluprovodnički uređaj koji pretvara Sunčevu energiju direktno u električnu energiju pomoću fotonaponskog efekta.

Treba voditi računa i o specifičnostima pojedinih energetske oblika, npr. da mehaničku energiju nije moguće transportovati, već se može koristiti samo na licu mjesta; da je toplotna energija pogodna samo za prenos na manje udaljenosti; da se električna energija može prenositi i na velike udaljenosti i sl.

1.2.2.3. Korisni oblici energije

Korisni su oni oblici energije koji služe za neposredno obavljanje korisnog rada, koje krajnji korisnici koriste u, za njih, pogodnom obliku. Potrošačima energije najčešće je potrebna energija u jednom od sljedećih korisnih oblika:

- **toplotna** energija
- **mehanička** energija
- **hemijska** energija i
- energija za **rasvjetu**.

Toplotna energija je najstariji oblik korisne energije koju je čovjek koristio. Ona se, kao koristan oblik energije, danas uglavnom dobija:

- direktno iz primarne energije
- transformacijom primarnih oblika energije i
- korišćenjem električne energije.

Toplota (para ili vrela voda) može se dobiti direktno iz Sunčeve energije ili iz toplih izvora na površini Zemlje. Ova energija danas se koristi u industriji, poljoprivredi i turizmu, kao i u domaćinstvima koja imaju centralna grijanja i centralizovanu pripremu tople vode i sl.

Određenim transformacijama primarnih oblika energije danas se dobija glavni dio toplotne energije (na primjer, sagorijevanjem iz hemijske energije goriva i sl.).

Potrebna toplotna energija može se dobiti i pomoću električne energije, koja se u otpornim i indukcionim pećima pretvara u toplotnu energiju.

Mehanička energija se u manjem obimu dobija direktno iz ljudskog i životinjskog rada. Za obavljanje korisnog mehaničkog rada većeg obima mehanička energija se uglavnom obezbjeđuje raznim transformacijama iz sljedećih energetske oblika:

- električne energije
- toplotne energije i
- potencijalne i kinetičke energije.

Pošto se mehanička energija ne može prenositi na daljinu (obično ne veću od nekoliko metara od izvora), najveći dio mehaničke energije se dobija iz električne, koja se prenosi do motora i drugih uređaja u kojima se električna energija pretvara u mehaničku.

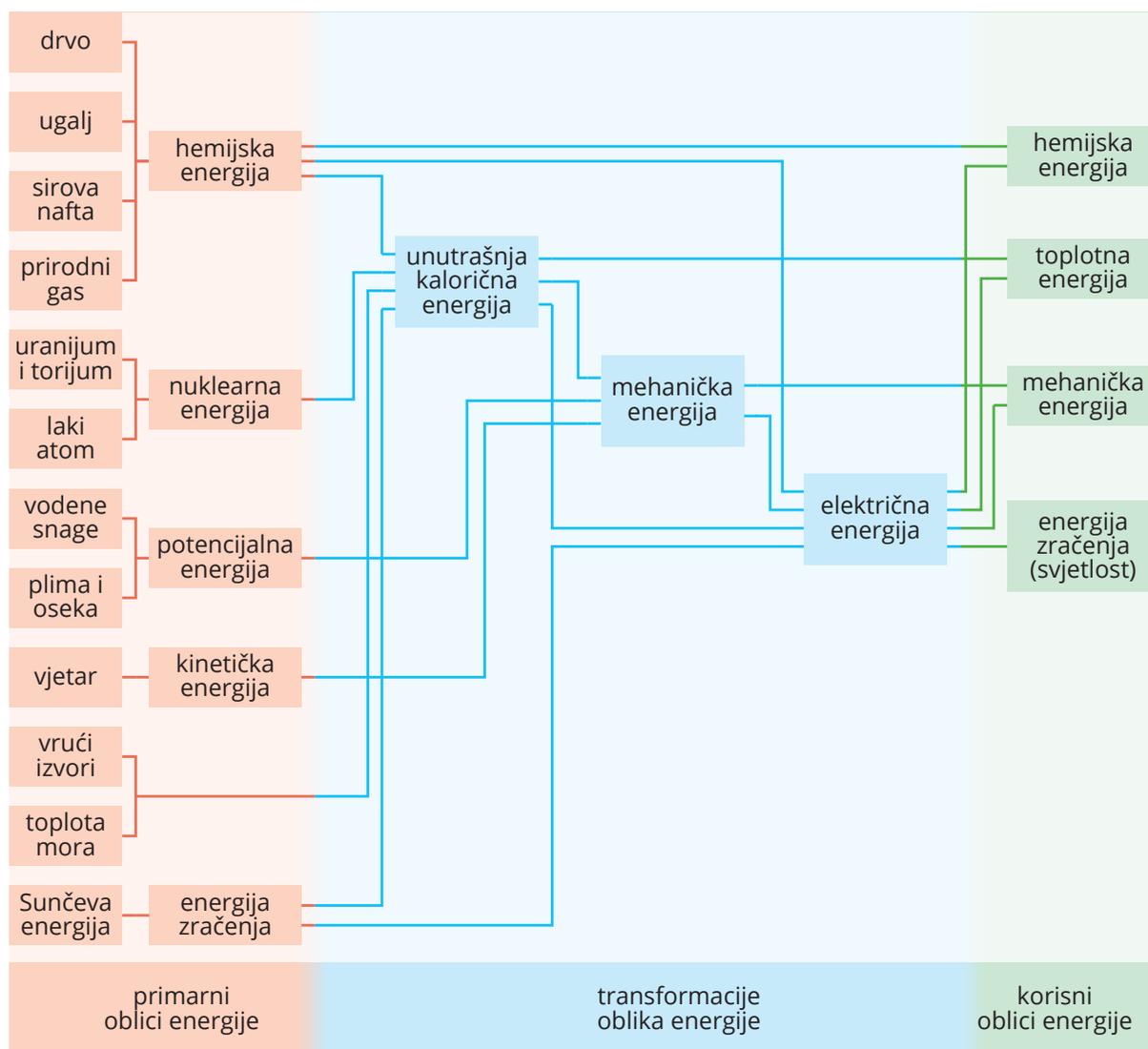
Potencijalna i kinetička energija koristile su se od davnina za dobijanje mehaničke energije, i to pomoću vodeničnog točka (potencijalna) i pomoću vjetrenjača (kinetička energija vjetra). Danas se uglavnom kinetička energija vjetra transformiše u mehaničku, ali ne da bi se koristila kao takva, već da bi se dalje transformisala u druge oblike energije, prije svega električnu.

Hemijska energija se javlja u više oblika, kao primarna (u drvetu, biomasi, fosilnim gorivima i sl.) i kao sekundarna (pri određenim transformacijama, hemijskim postupcima i reakcijama i sl.). Za dobijanje potrebne hemijske energije danas se uglavnom upotrebljavaju koks (vještačko čvrsto gorivo) i električna energija, ili obje vrste zajedno. Umjesto koksa može se upotrebljavati prirodni gas, razni destilati nafte, katrana i sl.

Svjetlost se može dobiti na razne načine: direktno od primarne energije (Sunce), transformacijom primarne energije u svjetlost (npr. transformacijom hemijske energije drveta i fosilnih goriva i njihovim sagorijevanjem, iz gasa i nafte i sl.) i dr. Kao energija za rasvjetu danas se isključivo upotrebljava električna energija. Veliki napori se čine u pravcu što većeg, boljeg i energetske efikasnijeg iskorišćavanja različitih savremenih uređaja (svjetiljki, LED sijalica...) za pretvaranje električne energije u svjetlost.

Kada se govori o energetskim transformacijama, neophodno je istaći, i veoma pažljivo voditi računa o tome, da su sve energetske transformacije praćene **energetskim gubicima** usljed nepovratnosti navedenih procesa, kao i da svaka energetska transformacija ima svoj, manji ili veći, stepen korisnog dejstva.

Različiti oblici primarnih, transformisanih i korisnih oblika energije i njihove međusobne povezanosti šematski su, radi bolje preglednosti, prikazani na slici 1.11.



Slika 1.11. Primarni, transformisani i korisni oblici energije

1.2.3. Konvencionalna i nekonvencionalna energija



Prema **učestanosti** primjene, odnosno s obzirom na nivo korišćenja, tj. tehničko-ekonomsku isplativost, prirodna energija se može podijeliti na:

- konvencionalnu (ogrijevno drvo, ugalj, sirova nafta i prirodni gas, vodne snage, nuklearna goriva i topli izvori) i
- nekonvencionalnu (energija vjetra, Sunčeva energija, uljni škriljci i bituminozni pijesak, biomasa, geotermalna energija, energija plime i oseke, energija talasa, toplota mora).

Konvencionalna energija se dobija tehnički i tehnološki poznatim i riješenim postupcima, koji su dostupni na tržištu i koji su u ekonomskom smislu prihvatljivi/konkurentni.

Konvencionalni izvori energije jesu:

- drvo (ogrijevno drvo), ugalj, sirova nafta, prirodni gas, uljni škriljci i bitumenozni pijesak
- vodne snage
- geotermalna energija (toplota koja se pojavljuje na površini u obliku vrućih izvora) i
- nuklearna goriva – **fisija** (uran, torijum).

Nekonvencionalna energija se dobija tehnički i tehnološki još nedovoljno razvijenim postupcima ili trenutno ekonomski neisplativim i nekonkurentnim rješenjima.

Nekonvencionalni izvori energije jesu:

- Sunčevo zračenje
- vjetar
- morski talasi
- **biomasa**
- plima i oseka
- geotermalni izvori
- unutrašnja toplotna energija mora
- toplota okoline dobijena primjenom toplotnih pumpi
- **fuzija** lakih atoma i dr.

Većini konvencionalnih i nekonvencionalnih izvora osnova je u energetskej aktivnosti Sunca.

Važno je istaći da je granica između konvencionalnih i nekonvencionalnih izvora promjenjiva, odnosno podložna promjenama, i da zavisi od trenutnog stanja i razvoja tehničko-tehnoloških postupaka i ekonomičnosti trenutnih rješenja transformacija.

1.2.4. Obnovljivi i neobnovljivi oblici energije

S obzirom na prirodnu **obnovljivost** (vremensku mogućnost njihovog iscrpljivanja) primarna energija se može podijeliti na obnovljivu energiju i neobnovljivu energiju.

Obnovljivi izvori svoj naziv duguju činjenici da se njihova energija troši u količini koja je manja od brzine kojom se stvara u prirodi. U obnovljive izvore energije spadaju:

- Sunčevo zračenje
- vjetar
- vodne snage
- morski talasi

fisija

lančana nuklearna reakcija cijepanja (razdvajanja, dijeljenja) atomskog jezgra uz oslobađanje velike količine nuklearne energije.

biomasa

živa ili donedavno živa materija biljnog ili životinjskog porijekla koja se može koristiti kao gorivo ili za industrijsku proizvodnju.

fuzija

spajanje lakših atomskih jezgara u teže pri jako visokim temperaturama i pritiscima, pri čemu dolazi do oslobađanja velikih količina nuklearne energije.



Biljni i životinjski otpad, tradicionalno upotrebljavan u nerazvijenim područjima Zemlje, ubraja se u konvencionalne izvore, dok se njegova savremena primjena u razvijenom svijetu ubraja u nekonvencionalne izvore (biomasa i otpad).

obnovljivi izvori energije

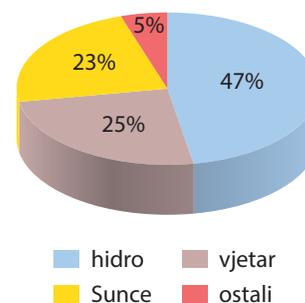
energetski resursi koji se koriste za proizvodnju električne energije ili toplotne energije, a čije se rezerve konstantno ili ciklično obnavljaju. Kod njih se energija troši u količini koja ne premašuje brzinu kojom se stvara u prirodi.

- plima i oseka
- geotermalni izvori
- gorivne ćelije
- vodonik
- biomasa
- toplota mora...

Obnovljivi izvori energije su neiscrpnjivi. Oni se stalno obnavljaju pod uticajem Sunčevog zračenja, odnosno odgovarajućih prirodnih procesa. Tako, fotosinteza izaziva obnavljanje biomase; promjene atmosferskih prilika izazivaju vjetrove; vjetrovi uzrokuju morske talase; padavine obnavljaju vodne snage; gravitacije Mjeseca i Sunca izazivaju plimu i oseku i dr. Danas je jedan od osnovnih motiva za nagli razvoj obnovljivih izvora energije njihov relativno mali negativan uticaj na životnu sredinu u poređenju s konvencionalnim izvorima.



Obnovljiva energija se veoma brzo širi u elektroenergetskom sektoru. Globalni kapacitet obnovljive energije porastao je u 2019. godini na oko 2537 GW. Novoinstalirani kapaciteti u 2019. porasli su za 177 GW. Već nekoliko godina zaredom povećanje kapaciteta za proizvodnju obnovljive energije nadmašilo je zajedno neto instalacije fosilnog goriva i nuklearne energije. Procentualno učešće pojedinih izvora energije u ukupnim instaliranim svjetskim kapacitetima obnovljivih oblika energije u 2019. dato je na slici 1.12.



Slika 1.12. Kapaciteti obnovljive energije po izvoru energije

Pod pojmom izvora energije koji se **ne obnavljaju** (tzv. iscrpljivi oblici energije) podrazumijevaju se svi potencijalni nosioci nekog vida energije koji su jednom stvoreni ali se zasad ne mogu obnoviti, ili je za njihovo obnavljanje potreban veoma dug period. Zovu se neobnovljivi jer se eksploatacijom trajno smanjuju njihove rezerve.

U neobnovljive izvore energije spadaju:

- fosilna goriva (ugalj, nafta, prirodni gas, uljni škriljci, bitumenozni pijesak)
- nuklearna (fisiona) goriva i
- unutrašnja toplota Zemlje koja se sama pojavljuje na površini i ona koja se ne pojavljuje na površini (već se mora na neki način *izvući* na površinu).

Problemi s neobnovljivim izvorima energije prvenstveno su u njihovoj količini i rasprostranjenosti. Zalihe fosilnih goriva su ograničene i brzo nestaju. Takođe, zbog koncentracije energetske resursa na mali broj oblasti u svijetu, korišćenje neobnovljivih goriva stvorilo je značajne probleme državama koje zavise od uvoza fosilnih goriva.

Drugi problem je zagađenje čovjekove okoline. Sagorijevanje fosilnih goriva, naročito onih baziranih na nafti i uglju, predstavlja osnovni uzrok

globalnog zagrijavanja i promjena klimatskih uslova. Ove pojave, koje su uglavnom izazvane ljudskim aktivnostima, predstavljaju jednu od najozbiljnijih opasnosti za Zemljin ekološki sistem.

Između primarnih oblika energije koji se obnavljaju i onih koji se ne obnavljaju postoje razlike u pogledu:

- a) konstantnosti
 - b) mogućnosti uskladištenja i
 - c) mogućnosti transporta.
-
- a) Potencijalne mogućnosti oblika energije koji se obnavljaju mijenjaju se s vremenom, tj. njihova **snaga** je funkcija vremena. Te promjene mogu biti: vrlo brze (npr. snaga vjetra – brzina se može znatno promijeniti i tokom nekoliko minuta); brze (npr. snaga plime i oseke – maksimalna i minimalna kota postižu se najčešće u toku 12 sati); spore (npr. snaga vode – najčešće se može smatrati da se količina vode u vodotoku ne mijenja tokom dana) i vrlo spore (npr. snaga toplote mora – temperature se bitnije mijenjaju s godišnjim dobima).
 - b) Većinu oblika energije koji se obnavljaju nije moguće u značajnijem obimu akumulirati ili uskladištiti (energiju vjetra, plime i oseke, Sunčevu energiju i sl.), pa je takve oblike energije potrebno iskoristiti u času kad se pojavljuju.
 - c) Primarni oblici energije koji se ne obnavljaju mogu se transportovati i upotrijebiti prema potrebama a da ne dođe do gubitaka, tj. sa njima se može, po potrebi, ostvariti i konstantnost snage. Uskladištenje onih oblika energije koji se u svom primarnom obliku mogu transportovati (drvo, fosilna i nuklearna goriva) moguće je bez većih poteškoća. Međutim, nijedan od primarnih oblika energije koji se obnavljaju nije moguće transportovati u prirodnom obliku.

globalno zagrijavanje pojava koja predstavlja narušavanje prirodne ravnoteže i zadržavanje veće količine toplote u Zemljinoj atmosferi, što za posljedicu ima povećanje prosječne temperature Zemljine atmosfere i okeana, kao i prateće klimatske efekte.

snaga fizička veličina koja opisuje brzinu obavljanja mehaničkog rada.



1. Opiši različite oblike energije.
2. Protumači pojam *potencijalna energija* i navedi primjer.
3. Protumači pojam *kinetička energija* i navedi primjer.
4. Objasni akumulisanu i prelaznu energiju.
5. Objasni primarne, transformisane i korisne oblike energije.
6. Navedi oblike i razlike između konvencionalnih i nekonvencionalnih oblika energije.
7. Objasni pojmove *obnovljiva* i *neobnovljiva energija* i navedi primjere.

1.3. Upotreba raznih oblika energije

Živimo u svijetu energije. Sve što nas okružuje zasnovano je na njenom korišćenju. Nema nijedne čovjekove djelatnosti koja se može obavljati ako nije prisutna određena količina energije. Kada je čovjek uspio da shvati značaj energije i ovlada njenom upotrebom, došlo je do prave prekretnice u istoriji čovječanstva i njegovom daljem razvoju.

Ljudi su hiljadama godina koristili energiju sopstvenih mišića. Kasnije su počeli pripitomljivati životinje s kojima su obavljali razne poslove: vuču kola, pluga, poljoprivredne poslove, dizanje tereta, pokretanje primitivnih mašina i dr. Tek poslije mnogo vremena čovjek je u svom okruženju otkrio i druge savremenije i, njemu pogodnije, korisne oblike energije.

Mnogobrojni energetske izvori i tehnologije za njihovo eksploataciju omogućili su da se energija i mašine koje ta energija pokreće efikasno koriste kako bi se zamijenio ljudski rad.

Ljudi stalno koriste neki oblik energije, čak i kada spavaju. Srce, pluća i drugi organi troše hemijsku energiju koja se unosi hranom.

Kada se koristi neko prevozno sredstvo (automobil, autobus, voz, avion i dr.), troši se energija goriva koje sagorijeva u motorima ovih prevoznih sredstava.

Kada se uključi grijalica, troši se električna energija koja se pretvara u toplotnu energiju.

Kada se uključi sijalica, električna energija se pretvara u potrebnu svjetlosnu energiju.

Kada u peći sagorijevaju drva, hemijska energija uskladištena u cjepanica oslobađa se i pretvara u toplotnu energiju (toplotu). Isto se dešava s ugljem, naftom, gasom...

Hidroelektrane i termoelektrane transformišu primarne izvore energije u električnu energiju. Vodovi prenose i distribuiraju električnu energiju da bi se efikasnije i efektivnije koristila.

Sunce emituje ogromnu količinu energije zračenja koju šalje na planetu Zemlju, gdje ju koriste ljudi, životinje i biljke...

Nuklearna energija se transformiše u električnu energiju u nuklearnim elektranama. Energija zračenja iz radioaktivnih izvora koristi se u bolnicama za razne medicinske tretmane.

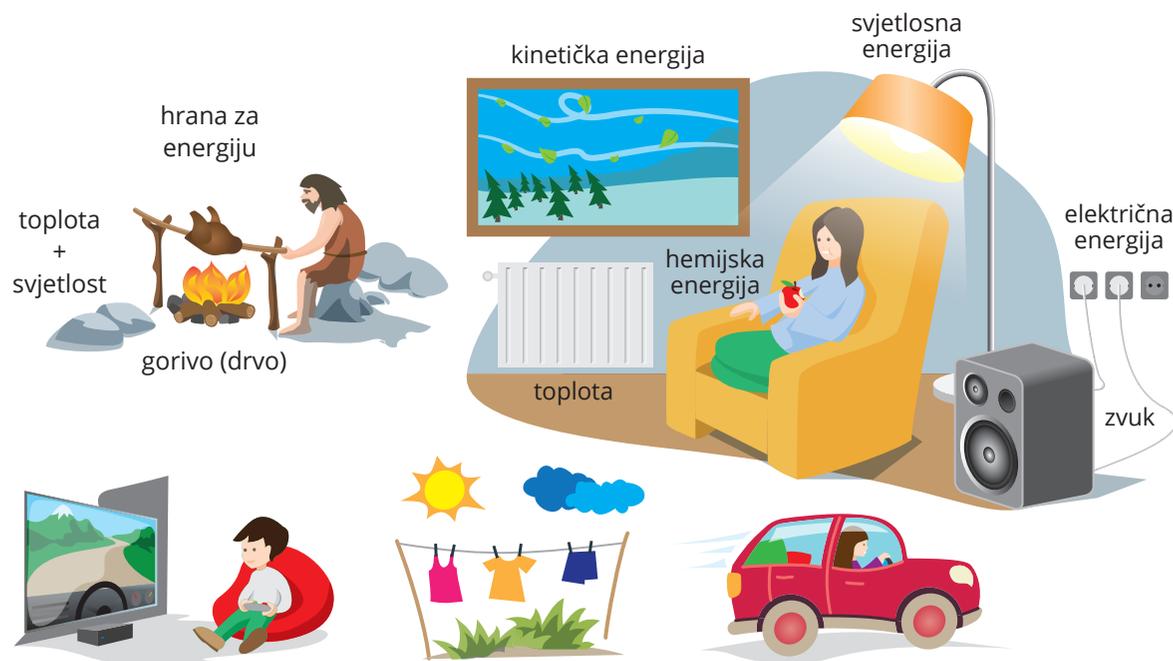
Mnogobrojni primjeri iz svakodnevnog života ukazuju na postojanje velikog broja različitih korisnih oblika energije, njihovu raznolikost upotrebu i korišćenje, kao i veliku i značajnu ulogu za normalan život i rad ljudi i poboljšanje životnog standarda. Neki od njih su dati na slici 1.13.



Energija je potrebna svim živim bićima, prije svega da bi opstali i da bi se mogli kretati i razvijati. Živa bića dobijaju energiju iz hrane koju uzimaju. Biljke dobijaju energiju od Sunčeve svjetlosti, životinje i ljudi jedu biljke ili životinje dobijajući na taj način potrebnu energiju... Mašine i uređaji dobijaju energiju sagorijevanjem goriva (nafte, uglja, gasa...) ili korišćenjem nekog od korisnih oblika energije.



Među prvim primjerima svakako je bilo uvođenje mašina za fino pređenje, koje su zamijenile velik broj radnika u tekstilnoj industriji; zatim pojava traktora, koji je zamijenio rad tovarnih životinja; uvođenje robota, koji su zamijenili ljudsku radnu snagu pri opasnim i teškim poslovima; uvođenje automatike, informacionih i komunikacionih tehnologija i sl.



Slika 1.13. Primjeri korišćenja raznih oblika energije

U jednom periodu razvoja čovječanstvo je za podmirenje svojih energetske potrebe, skoro bez ikakvih ograničenja, nemilice koristilo, prema tadašnjem uvjerenju – neograničene i jeftine, raspoložive rezerve postojećih energetskih izvora, prije svega fosilnih goriva.



Nakon energetskih kriza u drugoj polovini 20. vijeka čovječanstvo je shvatilo pravu vrijednost i značaj energije, kao i njenu ulogu u cjelokupnom životu. Važno je bilo i saznanje da je vrijeme jeftine energije prošlo. Neophodno je voditi računa o tome da sve aktivnosti na rješavanju ovih problema iziskuju značajno vrijeme, velik i mukotrpan rad, istraživanja i velika novčana sredstva.

Ograničenost rezervi i brzo trajno nestajanje većine postojećih izvora energije usloveli su vrtoglavo povećanje cijena svih vrsta goriva i velike poremećaje u snabdijevanju energijom. Ovo je uzrokovalo veliko povećanje svih životnih troškova i značajan negativan uticaj na razvoj životnog standarda u mnogim zemljama, naročito u zemljama u razvoju.

Način na koji čovječanstvo koristi energiju jedna je od osnovnih karakteristika ekonomije i čitave civilizacije. Ključni elementi i pokazatelji razvoja civilizacije jesu napredak od zaprežne snage do parne snage, potom motora s unutrašnjim sagorijevanjem i na kraju električne snage.



1. Navedi neke djelatnosti u kojima čovjek koristi energiju.
2. Objasni (na primjerima) korišćenje raznih oblika energije.
3. Nabroj osnovna ograničenja za veću upotrebu energije u zadovoljenju čovjekovih potreba.

1.4. Uloga i značaj energetike za razvoj društva

Energetika je nauka koja se bavi izučavanjem energije, njenih izvora i svega što je u vezi s tim.

Kao veoma važna privredna djelatnost, energetika se bavi proučavanjem i iskorištavanjem različitih izvora energije, proizvodnjom, transportom, pretvaranjem i raspodjelom energije, kao i njenim korišćenjem, praktično u svim oblastima ljudske djelatnosti.

U svom istorijskom razvoju energetika je uvijek imala određeni, više ili manje važan, značaj za razvoj društva:

- **lokalni/ograničeni značaj/karakter**, dok je društvo/država bilo slabo razvijeno ili na početku bržeg tehničkog i tehnološkog razvoja;
- **državni regionalni značaj**, u periodu brzog razvoja društva i svih njegovih djelatnosti;
- **međunarodni (globalni) značaj**, danas, u integrisanom i veoma uzajamno povezanom i uslovljenom razvoju čitavog svijeta.



Istraživanja su pokazala da postoji dobra korelaciona zavisnost između potrošnje energije po stanovniku u nekoj zemlji i nekih društvenih i ekonomskih pokazatelja, kao što su društveni proizvod, nacionalni dohodak društva i sl.



Kao ilustracija značaja energije za dalji tehnički razvoj svijeta može poslužiti podatak da je samo u toku dvadesetog vijeka ukupna godišnja potrošnja svih oblika primarne energije u svijetu porasla više od deset puta.



Danas je energetika dobila veoma važan međunarodni/globalni značaj. Ovome su doprinijeli, prije svega, sve veći zahtjevi za energijom, kako zbog povećanja broja stanovnika, tako i zbog tehničko-tehnološkog razvoja i povećanja kvaliteta i standarda života. Za ovaj trend razvoja energetike značajan je i sve ozbiljniji uticaj proizvodnje i potrošnje energije na životnu sredinu, kao i velike ekonomske posljedice promjena koje su se desile i koje se dešavaju na svjetskom tržištu energije.

Jedna od važnih činjenica u vezi s energijom i njenim korišćenjem jeste da je prošlost pokazala da moć imaju oni koji kontrolišu izvore energije i tehnologiju njihove eksploatacije, i da svijetom vladaju oni koji kontrolišu energetske resurse. U više navrata u prošlosti borba za energetske izvore izazivala je velika politička i vojna previranja, nestabilnost i ratove širom svijeta.

Očigledno je da je energetska razvoj povezan i s pozitivnim i s negativnim ishodima. S jedne strane, opšte je poznato da je adekvatno i pouzdano snabdijevanje energetske uslugama (toplotnom, svjetlosnom i pokretačkom energijom) preduslov za **održiv ekonomski razvoj** u kontekstu globalne ekonomije. Osim toga, poboljšani pristup energetske uslugama u bliskoj je vezi s povećanim blagostanjem i standardom ljudi.

održivi razvoj

razvoj društva koji raspoloživim resursima zadovoljava ljudske potrebe, ne ugrožavajući prirodne sisteme i životnu sredinu, čime se osigurava dugoročno postojanje ljudskog društva i njegovog okruženja.



Da bi se usporio visok rast koncentracije gasova sa efektom staklene bašte, međunarodna zajednica je početkom devedesetih godina prošlog vijeka usvojila Okvirnu konvenciju Ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama i Protokol Konvencije iz Kjotoa za njenu implementaciju (koji je stupio na snagu 2005).



Svjetski savjet za energetiku (*World Energy Council*) kao osnovne ciljeve razvoja energetike u XXI vijeku navodi:

- a) **Pristupačnost** – energija mora biti dostupna po cijenama koje su prihvatljive za sve kategorije korisnika. Ona mora omogućiti proizvodnju, transformaciju i distribuciju energije, odnosno stvoriti osnovu za normalan rad, dalji razvoj i održavanje energetske sistema.
- b) **Raspoloživost** – kontinualno snabdijevanje energijom u dugom vremenskom periodu i sa zadovoljavajućim kvalitetom usluga.
- c) **Prihvatljivost** – usklađenost društvenih ciljeva i ciljeva zaštite životne sredine (nestajanje šuma, degradacija zemljišta, povećanje kisjelosti na regionalnom nivou, zagađenja nastala kao posljedica sagorijevanja konvencionalnih energetske izvora, efekat gasova staklene bašte i njima izazvane promjene klime, nuklearna bezbjednost, upravljanje **otpadom**, njegovim raznošenjem, skladištenjem, recikliranjem i sl.).
- d) **Koncept 4E**: energija, **ekologija**, ekonomija i efikasnost.

otpad

svaki materijal koji nije poželjan po mjerilima ljudi i koji se zato na različite načine odbacuje. To su predmeti isključeni iz upotrebe, kao i otpadne materije koje nastaju u potrošnji i koje sa aspekta proizvođača odnosno potrošača nijesu za dalje korišćenje.

ekologija

nauka koja proučava odnose među živim organizmima, kao i njihov uticaj na okolinu u kojoj žive i uticaj te okoline na njih; bavi se proučavanjem odnosa čovjeka i njegove okoline.

Budući razvoj energetike posebno stavlja akcenat na obnovljivu energiju i energetske efikasnost kao ključ očuvanja fosilnih izvora energije i izbjegavanje efekta staklene bašte (globalnog zagrijavanja).



1. Definiši šta je energetika i objasni čime se bavi.
2. Objasni značaj energije za razvoj društva.
3. Analiziraj uticaj energetike na ekonomske tokove i razvoj ostalih privrednih grana.
4. Kritički procijeni lokalni, regionalni i globalni značaj/karakter energetike.

1.5. Porast potreba za energijom i budući trendovi

Svijet ne bi mogao da opstane bez energije. Ona je pokretač svake ljudske aktivnosti, obezbjeđuje toplotu i osvjetljenje u domovima, gorivo automobilima, omogućava obradu zemlje i rad mašina... *Kroćenje* energije podiglo je životni standard ljudi na nezamisliv nivo.

Čovječanstvu je potrebno sve više energije. Kontrola nad energijom i njeno veće i efikasnije korišćenje bili su glavni preduslovi za brži razvoj cijeloga društva.



Tokom istorije razvijale su se razne metode i tehnike za eksploataciju različitih izvora energije i za njihovo korišćenje pri obavljanju raznih aktivnosti. Ljudi su naučili kako da termičkom obradom hrane smanje štetne uticaje bakterija i parazita koje namirnice sadrže. Savladavši upotrebu vatre, mogli su držati opasne divlje životinje na odstojanju, grijati se i paliti osušenu travu i otpatke, olakšavajući time rast novim biljkama i sl.

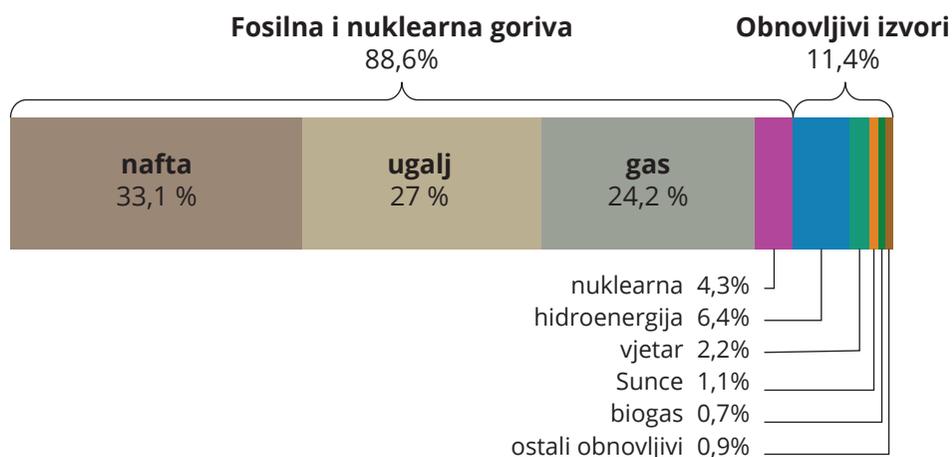
Iz cjelokupne istorije upotrebe energije vidi se da je povećanje životnog standarda uvijek bilo povezano s povećanim korišćenjem energije. Uočavajući značaj problema kontinuiranog snabdijevanja energijom, čovjek se počeo sa znatno većom pažnjom odnositi prema energiji, naročito ističući ekološke probleme koji nastaju u toku transformacije i korišćenja različitih oblika energije. Usljed globalnih problema izazvanih nedostatkom energije i zagađenjem okoline, dolazi do promjene shvatanja i razmišljanja u vezi s obezbjeđenjem potrebne energije. Danas su **energija, ekonomija i ekologija** jedinstveni, veoma povezani i isprepletani problemi razvoja čitavog čovječanstva.

Zbog izraženih energetske probleme čovječanstvo je u kontinuiranoj potrazi za izvorima energije kojima bi bilo u mogućnosti da na optimalan način pokrije svoje veoma brzo rastuće energetske potrebe. Naučnici upozoravaju da će čovječanstvo shvatiti u kolikoj je mjeri postalo zavisno od raznih oblika energije tek kada oni počnu da nestaju.

I pored značajnih problema, teškoća i zahtjeva javnosti, trenutno svijet podmiruje svoje energetske potrebe uglavnom neobnovljivim izvorima energije, većinom fosilnim gorivima – ugljem, naftom, prirodnim gasom i nuklearnim gorivom.



Na slici 1.14. prikazano je procentualno učešće pojedinih izvora energije u podmiranju svjetskih energetske potreba u 2019. godini. U ukupnoj energiji učešće fosilnih i nuklearnih goriva iznosilo je 88,6%, dok su svi navedeni obnovljivi izvori podmirivali 11,4%.



Slika 1.14. Učešće izvora energije u zadovoljenju energetske potreba, 2019.

Uprkos tome što svake godine proizvode sve više energije iz obnovljivih izvora, globalnim energetske miksom i dalje dominiraju ugalj, nafta i gas. Ne samo da većina proizvedene energije (84,3%) dolazi iz fosilnih goriva, nego čovjek nastavlja da sagorijeva sve više goriva svake godine. Stručnjaci koji se bave energetikom prognoziraju da će se ovakav trend, ne umanjujući nedostatke i probleme (naročito ekološke) u njihovom korišćenju, nastaviti i u bliskoj budućnosti.

Nastavljaju se stalne aktivnosti na pronalaženju i usvajanju novih savremenijih i efikasnijih tehnologija, čime će veoma brzo biti omogućeno iskorišćenje novih oblika energije i otvaranje novih mogućnosti za njihovu masovniju i efikasniju upotrebu.

Uzimajući u obzir i neravnomjeran geografski raspored izvora energije, mora se voditi računa i o potrebama uvoza pojedinih oblika energije da bi se zadovoljile sopstvene energetske potrebe. Sve države treba da teže blagovremenom snabdijevanju najnužnijim oblicima energije, kako njihov nedostatak ne bi poremetio osnovnu egzistenciju, nezavisnost i život države u cjelini.

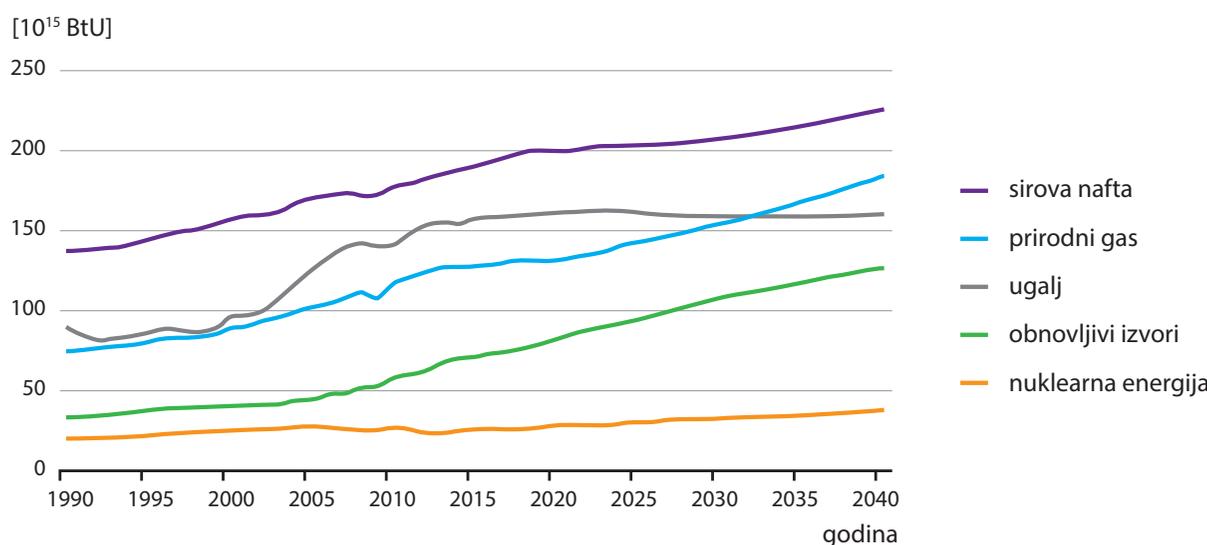
Potrebe za energijom jedne zemlje mogu se u principu zadovoljiti na dva osnovna načina:

1. stalnim **povećanjem nivoa proizvodnje** energije (ukoliko postoje sopstveni izvori) i
2. povećanjem **efikasnosti korišćenja, racionalnim korišćenjem i štednjom** energije.

I pored toga što će u budućnosti biti neophodno korišćenje novih izvora, štednja i racionalno korišćenje energije ostaju važne i osnovne poluge za prevazilaženje energetske probleme. Smatra se da ušteda, racionalnije i efikasnije korišćenje energije u svim sferama društvenog i ekonomskog života mogu da budu najjeftinija i najproduktivnija energetska alternativa s praktično neograničenim mogućnostima. Pored toga, ušteda energije može, čak i značajno, da doprinese stimulisanju inovacija, povećanju zaposlenosti, ekonomskom rastu i sl.



U publikacijama *International Energy Outlook (IEO)* objavljuju se različite energetske projekcije i prognoze za pojedine zemlje, regione i za svijet u cjelini, koje mogu veoma korisno poslužiti u pravljenju projekcija budućih potreba i blagovremenom obezbjeđivanju potrebnih količina energije. Projekcija potrošnje primarne energije u svijetu do 2040. godine, po gorivima, data je na slici 1.15. Prema ovim prognozama, u narednom periodu, svjetska energetska potrošnja će rasti u slučaju svih posmatranih energetske izvora, osim kod uglja (usljed ranije navedenih razloga).



Slika 1.15. Projekcija svjetske energetske potrošnje po izvorima energije do 2040.



1. Analiziraj dosadašnji porast potrošnje energije.
2. Opiši faktore koji dominantno utiču na porast potreba za energijom.
3. Objasni predviđeni porast potreba za energijom.
4. Navedi i objasni očekivane trendove u primjeni energije u budućnost.

2. Izvori električne energije

2.1. Osnovne osobnosti elektroenergetike i karakteristike električne energije



Elektroenergetika je disciplina u okviru nauke o elektricitetu (elektrike) u kojoj se, pored transformacije različitih izvora energije u električnu energiju, izučavaju njene unutrašnje transformacije, prenos i distribucija, kao i njene transformacije u upotrebne oblike koje čovjek koristi.

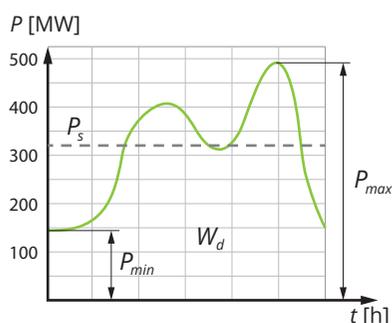
Ovaj sektor energetike je odgovoran za proizvodnju, prenos, distribuciju i isporuku električne energije potrošačima, u okviru posebne privredne oblasti koja se naziva elektroprivreda. Njen je osnovni cilj da obuhvati sve aktivnosti gazdovanja električnom energijom kako bi se obezbijedila zahtijevana isporuka potrošačima, uz neophodne nivoe sigurnosti i pouzdanosti, zadovoljavajući kvalitet i najmanje troškove.

Osobnosti po kojima se elektroenergetika razlikuje od drugih grana energetike jesu:

- **Proizvodnja prema zahtjevu** – zbog nemogućnosti da se električna energija pod ekonomski prihvatljivim uslovima akumulira u potrebnoj količini i uskladišti za kasnije korišćenje, proizvodnja, prenos, raspodjela, distribucija i transformacija električne energije u druge vidove energije praktično se vrše u istom trenutku.
- **Promjenljivost potrošnje**, a samim tim i proizvodnje električne energije tokom vremena – zbog karaktera i zahtjeva raznorodnih potrošača postoji stalna i velika neravnomjernost potrošnje električne energije i snage tokom godine, godina, sezona, mjeseci, dana, pa i časa. Radni ciklusi i aktivnosti pojedinih potrošača, ili grupe potrošača, u određenim vremenskim intervalima prikazuju se dijagramima opterećenja i trajanja, tzv. dnevnim dijagramima opterećenja (kriva $P_p = f(t)$).



Primjer promjena potrošnje nekog **konzuma** u toku dana (W_d), na kome je veoma uočljiva promjenljivost potrošnje/proizvodnje električne energije tokom 24 časa, sa maksimalnim P_{max} , minimalnim P_{min} , i srednjim P_s vrijednostima, prikazan je na slici 2.1.



Slika 2.1. Opšti oblik dnevnog dijagrama opterećenja nekog konzuma

konzum (elektrodistributivni) obuhvata pripadnu teritoriju na kojoj se preko razmatranog EDS obavlja distribucija električne energije, sa svim potrošačima električne energije lociranim na toj teritoriji.

- **Pojava gubitaka** – do gubitaka dolazi u okviru svih procesa koji se odvijaju u elektroenergetskim sistemima.
- **Raspodjela električne energije** – zavisi u velikoj mjeri od načina i prostornog razmještaja potrošnje električne energije.
- **Nemogućnost supstitucije električne energije** – ne postoji mogućnost (ili je neekonomična) supstitucije električne energije drugim energetskim izvorima (za značajan broj njenih potrošača).
- **Povezanost** sa ostalim granama privrede, što čini veoma složenim i zahtjevnim proces izrade i primjene njenih planova razvoja i dr.



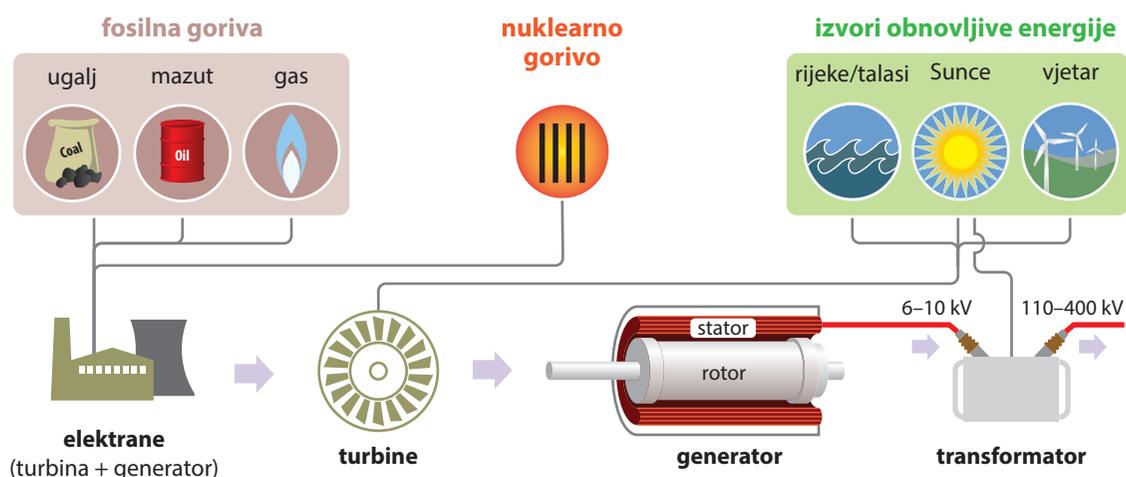
Kao najplemenitiji i najkvalitetniji oblik energije koji može zadovoljiti veliki dio energetskih potreba čovjeka, naročiti značaj je imala, ima i imaće **električna energija**.

Električna energija se proizvodi da bi zadovoljila neke ljudske potrebe, što je, po ekonomskim kriterijumima, svrstava u kategoriju robe. Međutim, mnogobrojne specifičnosti koje nijesu karakteristične za tipičnu kategoriju robe, prije svega direktna zavisnost njene proizvodnje i potrošnje, jesu razlog da se ona tretira kao specifičan tip robe.

Električna energija ne pripada grupi primarnih energija, jer se ne nalazi u prirodi. Ona ne pripada ni grupi korisnih energija, jer se ne može neposredno koristiti u električnom obliku.



Električna energija pripada **transformisanim** (veoma često nazvanim sekundarnim) oblicima energije. Posjeduje mogućnost veoma lake transformacije. Može se dobiti raznim transformacijama iz fosilnih i nuklearnih goriva ili iz raznih izvora obnovljive energije (hidropotencijal, Sunce, vjetar...) (slika 2.2). Ovako dobijena električna energija se može, pomoću raznih uređaja, relativno lako transformisati u željeni oblik korisne energije: toplotni, mehanički, hemijski, svjetlosni i sl. Takođe se lako, u transformatoru, transformiše u isti oblik (električnu energiju) ali drugih parametara (napona i struje).



Slika 2.2. Šematski prikaz procesa transformacije energetskih izvora u električnu energiju

Osnovne **prednosti** električne energije jesu:

- mogućnosti njene proizvodnje korišćenjem svih vidova energije (uglja, nafte i gasa, hidro, nuklearne energije, solarne, geotermalne i drugih obnovljivih izvora energije)
- sigurnost u snabdijevanju
- lako transformisanje
- ekonomičan prenos na velike udaljenosti i distribucija do krajnjih potrošača
- brza raspoloživost
- ekološka čistoća korišćenja i relativno mali uticaj na okolinu
- jednostavno mjerenje
- široka mogućnost automatizacije i primjene informacionih tehnologija...

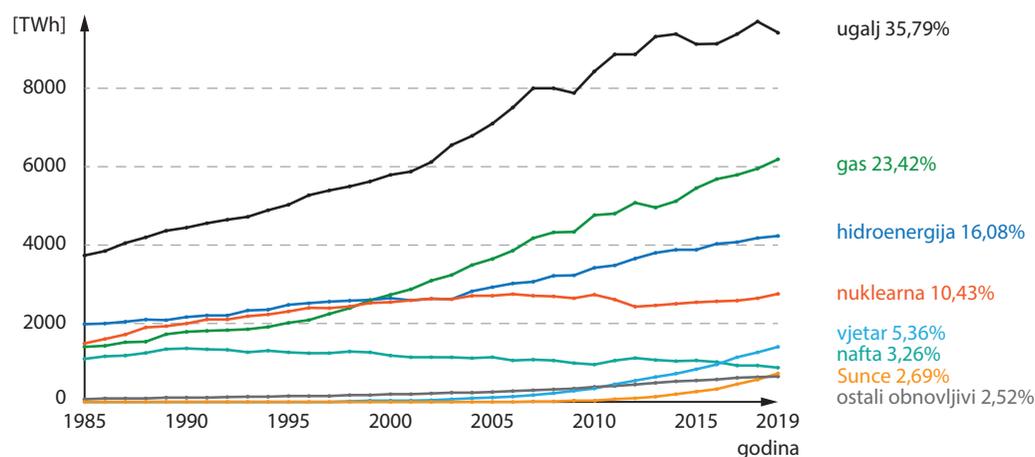
Osnovni **nedostaci** električne energije jesu:

- nemogućnost akumulacije (u većim količinama)
- nepovoljan uticaj, prvenstveno proizvodnje električne energije, na životnu sredinu.

Mnogobrojne prednosti električne energije i njene specifične karakteristike uslovile su da potrošnja električne energije u svijetu raste po veoma visokoj stopi. Zbog uslovljenosti potrošnje s proizvodnjom, da bi se izbjegli gubici, proizvodnja električne energije mora rasti po istoj stopi kao i potrošnja.



Rast bruto proizvodnje električne energije u svijetu po izvorima za period od 1985. do 2019. prikazan je na slici 2.3. Uočava se da porast proizvodnje električne energije korišćenjem nafte od kraja prošlog vijeka ima trend opadanja, dok proizvodnja električne energije iz nuklearnog goriva ima usporen rast (skoro konstantan). Proizvodnja električne energije iz ostalih izvora energije u posmatranom periodu uglavnom ima rastući trend, pri čemu je ovaj trend kod uglja, i djelimično gasa, veoma neravnomjeran u različitim godinama posmatranog perioda, dok je kod obnovljivih izvora posljednjih godina porast veoma izražen.



Slika 2.3. Rast svjetske proizvodnje električne energije za period od 1985. do 2019.



1. Objasni pojam *elektroenergetika*.
2. Navedi specifičnosti koje izdvajaju elektroenergetiku od ostalih grana energetike.
3. Navedi prednosti električne energije.
4. Opiši i objasni uslovljenost proizvodnje i potrošnje električne energije.

2.2. Elektroenergetski sistem (EES)

2.2.1. Funkcija i struktura elektroenergetskog sistema



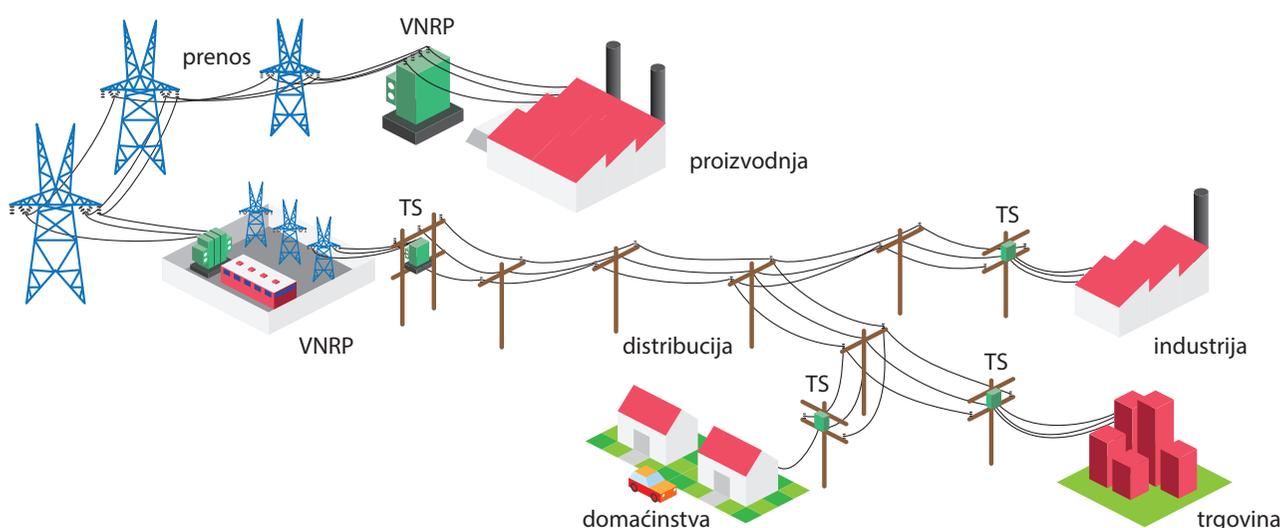
Specijalni tehničko-ekonomski sistem za realizaciju elektroenergetike, odnosno sistem u okviru koga se izvode sve elektroenergetske transformacije i električna energija proizvodi, prenosi, transformiše, distribuira i troši naziva se **elektroenergetski sistem (EES)**.

Osnovni zadaci koji se postavljaju elektroenergetskim sistemima jesu da potrošačima obezbijede **dovoljno snabdijevanje**, tj. potrebnu snagu i dovoljnu količinu električne energije, i da snabdijevanje potrošača bude **sigurno, kvalitetno i ekonomično**, a sve to uz **racionalnu upotrebu** električne energije.

U tehničkom smislu, EES je složeni dinamički sistem elektroenergetskih objekata koji su nosioci procesa proizvodnje, prenosa, distribucije i potrošnje. Ovaj sistem se sastoji od skupa elektrana, visokonaponskih transformatorskih i razvodnih postrojenja, elektroenergetskih prenosnih i distributivnih mreža i potrošača međusobno povezanih tako da djeluju kao jedinstvena funkcionalna cjelina. Jedan od mogućih načina prikazivanja EES-a pomoću jednostavne principske šeme dat je na slici 2.4.



U stručnoj literaturi veoma se često može naći i opis da je EES složeni skup međusobno povezanih i uzajamno zavisnih uređaja i opreme. U njemu se električna energija proizvedena u elektranama, nakon transformacija u visokonaponskim razvodnim postrojenjima, prenosi preko prenosne mreže i distribuira preko distributivne mreže do potrošača.



Slika 2.4. Jednostavna principska šema EES-a i njegovih podsistema



Elektrane su postrojenja u kojima se oblici primarne energije (nuklearna, hemijska, unutrašnja kalorična, kinetička i potencijalna) ili energija Sunčevog zračenja pretvaraju u električnu energiju.

Proizvedena električna energija se pomoću elektroenergetskih mreža prenosi od elektrane do potrošača. Elektroenergetske mreže (prenosne, distributivne i potrošačke) strukturno se sastoje iz čvorova i grana. Svaka čvorna tačka ima visokonaponsko razvodno postrojenje (VNRP) koje može biti s transformacijom napona (trafostanica – TS, za povezivanje mreža različitih naponskih nivoa) ili bez transformacije napona (razdjelno postrojenje – RP, za povezivanje mreža istih naponskih nivoa).

Prenosna mreža ima zadatak da električnu energiju proizvedenu u elektranama i transformisanu u njenom VNRP-u na visoki napon prenese do distributivnih podсистema. Distributivna mreža električnu energiju dovedenu do prenosno-distributivnih transformatorskih postrojenja i transformisanu na distributivne napone distribuira do potrošačkih čvorova. Potrošačkom mrežom se električna energija dovodi od distributivno-potrošačkih razvodnih postrojenja (u kojima se preko transformatora spušta napon na napon korisnika) do potrošača koji dovedenu električnu energiju transformišu u neki od korisnih oblika energije.



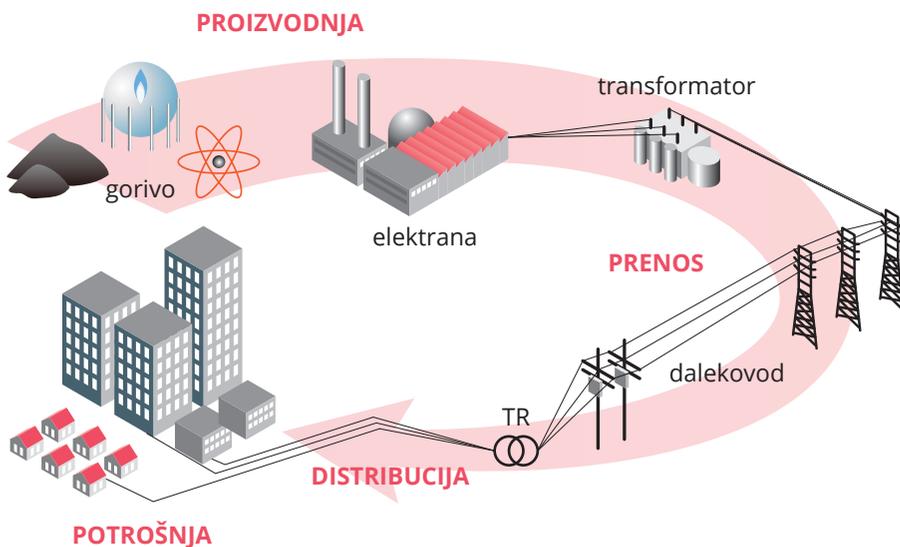
Tehnološki proces u EES-u počinje obezbjeđivanjem dovoljnih količina primarnih oblika energije, nastavlja se proizvodnjom električne energije i završava prenosom i raspodjelom/distribucijom električne energije do konačnih potrošača, gdje se ona troši (potrošnja).

Kao složeni (ili veliki) dinamički sistem, EES se može razdvojiti na četiri funkcionalno nezavisna, ali međusobno spregnuta i veoma zavisna podсистema. Povezanost tih podсистema određena je smjerom toka električne energije (slika 2.5). Ti funkcionalno odvojeni podсистemi jesu:

- podсистem **proizvodnje**, u kome se u elektranama (izvorima električne energije) proizvodi električna energija;
- podсистem **prenosa**, koji obuhvata prenosnu mrežu, koja se sastoji od nadzemnih elektroenergetskih vazdušnih i kablovskih vodova i interkonektivnih transformatora (prenosnih trafostanica – TS ili VNRP) koji povezuju mreže različitih visokih naponskih nivoa, i koji služi da prenese električnu energiju od elektrana do distributivne mreže;
- podсистem **distribucije**, koji obuhvata distributivne mreže i distributivne transformatore (distributivne trafostanice), u kome se električna energija dobijena iz prenosne mreže distribuira do potrošača;
- podсистem **potrošnje**, u kome se troši električna energija.



Elektroenergetski sistemi su najveći, najuticajniji, najneophodniji i najrasprostranjeniji od svih tehničkih sistema, što ih, po pravilu, čini i najsloženijim i najskupljim tehničkim sistemom. Oni se među sobom mogu veoma razlikovati po veličini, geografskoj rasprostranjenosti, unutrašnjoj organizaciji, strukturi proizvodnih kapaciteta, konfiguraciji i dužinama prenosnih i distributivnih mreža, broju naponskih nivoa, načinu eksploatacije i upravljanja, tipu vlasništva, načinu finansijskog poslovanja i sl. Današnji EES-i su isključivo trofazni sistemi naizmjenične struje učestanosti 50 Hz (60 Hz u SAD).



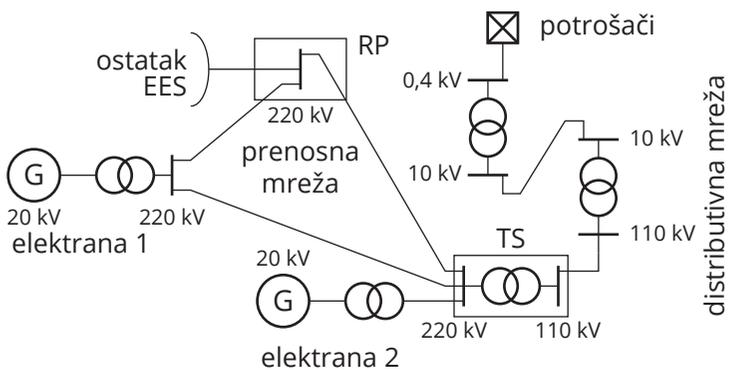
Slika 2.5. Prikaz toka energije u elektroenergetskom sistemu

Svaki od ova četiri podsistema, sam za sebe, takođe predstavlja velik i složen dinamički sistem, čije su funkcije uže i više specijalizovane od funkcija elektroenergetskog sistema, posmatranog kao jedinstvene velike cjeline.

Radi različitih razmatranja i analiza EES se prikazuje različitim šemama. U zavisnosti od toga šta se želi prikazati i dalje raditi sa korišćenom šemom, s koliko detalja se želi prikazati razmatrani EES, postoje različite vrste šema spoja.

Na različitim šemama se prikazuje koliko ima generatora, transformatora i odvoda; način njihovog međusobnog spoja; predviđeni aparati u svakom odvodu i način njihovog spajanja; prostorni raspored; predviđena mjerenja; zaštita, signalizacija i upravljanje i sl.

Kao osnovna šema koristi se **jednopolna šema** spoja, na kojoj se jednopolno prikazuju samo glavni strujni krugovi. Jednostavni šematski prikaz jedne od mogućih varijanti jednopolnog prikazivanja dijela EES-a dat je na slici 2.6, gdje su oznake: G – proizvodnja električne energije – elektrana (generator); TS – trafostanica s transformacijom napona; RP – razvodno postrojenje (bez transformacije napona); ☒ – potrošač; Ⓞ – transformator.



Slika 2.6. Jednopolna šema dijela elektroenergetskog sistema

2.2.2. Proizvodnja električne energije

Podsistem proizvodnje (elektrane ili električne centrale) prvi je u lancu podсистema u okviru EES-a u kome se vrši transformacija različitih oblika energije u električnu energiju.

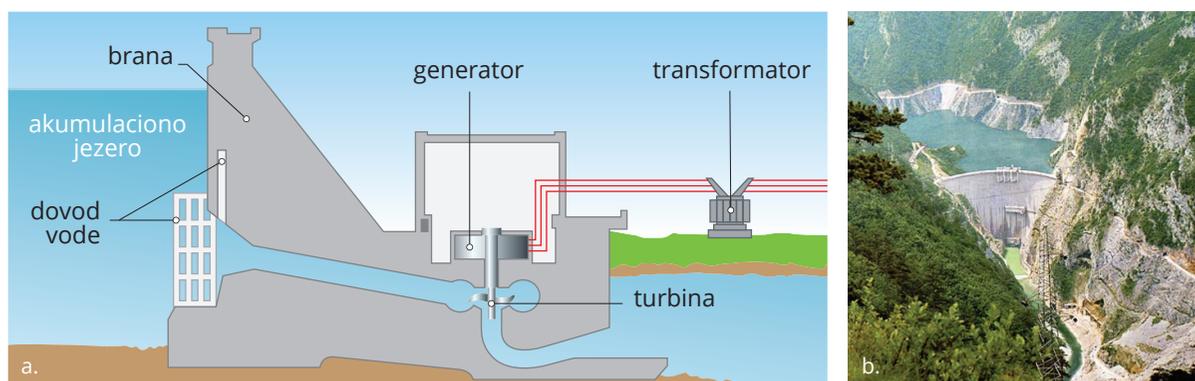


Elektrane su elektroenergetski objekti u kojima se proizvodi električna energija.

Njihov je osnovni zadatak da u svakom trenutku zadovolje potrebe potrošača za električnom energijom i da obezbijede neophodan nivo rezerve za slučaj ispada pojedinih kapaciteta ili za slučaj neplaniranih i nepredviđenih zahtjeva potrošača.

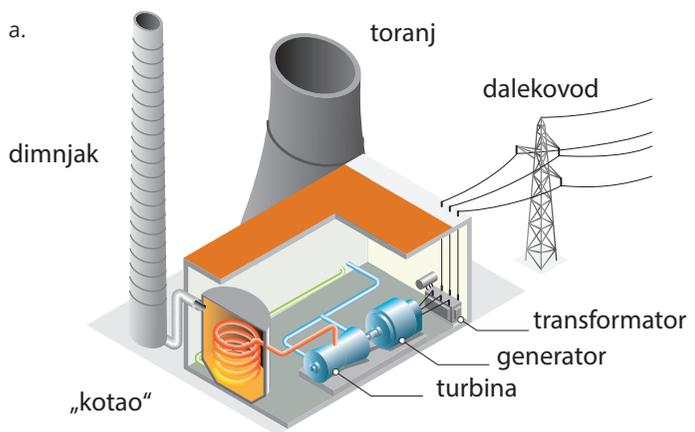
U savremenim elektroenergetskim sistemima najviše su zastupljene hidroelektrane (slika 2.7) i termoelektrane (slika 2.8), a u posljednje vrijeme sve češće su zastupljene tzv. *nekonvencionalne elektrane*. Detaljan opis raznih vrsta elektrana biće dat u narednim poglavljima.

Osnovni djelovi hidroelektrana (slika 2.7.a) jesu: **brana**, koja akumulira vodu u **akumulaciono jezero**, organi za **dovod vode** od akumulacije do **turbine**, turbina u kojoj se energija vode pretvara u mehanički rad – obrtanje vratila, **generator** u kome se energija obrtanja vratila turbine pretvara u električnu energiju, **transformator** za podizanje napona i ostala elektroenergetska oprema. Na slici 2.7.b dat je izgled dijela osnovnih djelova HE Piva.



Slika 2.7. Osnovni djelovi hidroelektrana (a) i izgled HE Piva (b)

Osnovni djelovi termoelektrana (slika 2.8.a) jesu: **mašinska zgrada** u kojoj se najčešće nalazi **kotao** ili drugi uređaj za proizvodnju medija za pogon turbine, **turbina** u kojoj se toplotna energija pretvara u mehanički rad, **generator** u kome se mehanička energija pretvara u električnu energiju i **transformator**, koji može biti i van zgrade i koji služi za transformaciju napona na prenosni napon, **dimnjak** za odvod produkata sagorijevanja i **rashladni toranj/tornjevi** za hlađenje vode. Na slici 2.8.b prikazani su pojedini djelovi TE Pljevlja.



Slika 2.8. Osnovni dijelovi termoelektrane (a) i izgled TE Pljevlja (b)

Osnovnu elektroenergetsku opremu u elektranama čine: sinhroni generator s pobudom, u kome se mehanička energija, dobijena transformacijom raznih oblika energije, transformiše u električnu energiju; transformator za transformaciju električne energije na različite naponske nivoe radi njene predaje prenosnoj mreži; prekidači i drugi komutacioni uređaji; sabirnice; kablovi; odvodnici prenapona; pomoćna, zaštitna i mjerna oprema i uređaji i dr.

Zbog tehničkih ograničenja i ekonomičnosti **nazivni naponi** generatora u elektranama su relativno niski (najčešće između 10 i 25 kV). Kako su gubici u prenosu manji pri višem nego pri nižem naponu, da bi oni bili što manji, elektrane se na prenosnu mrežu priključuju preko energetske transformatora – podizача napona. Ovi transformatori su sa svom potrebnom opremom i uređajima smješteni u visokonaponskom razvodnom postrojenju (VNRP) elektrane. Oni transformišu napon generatora u željeni visoki prenosni napon (i više od 1500 kV).

nazivni (naznačeni, nominalni) napon napon kojim je mreža označena i na koji se odnose njene radne karakteristike (efektivna vrijednost međufaznog napona).

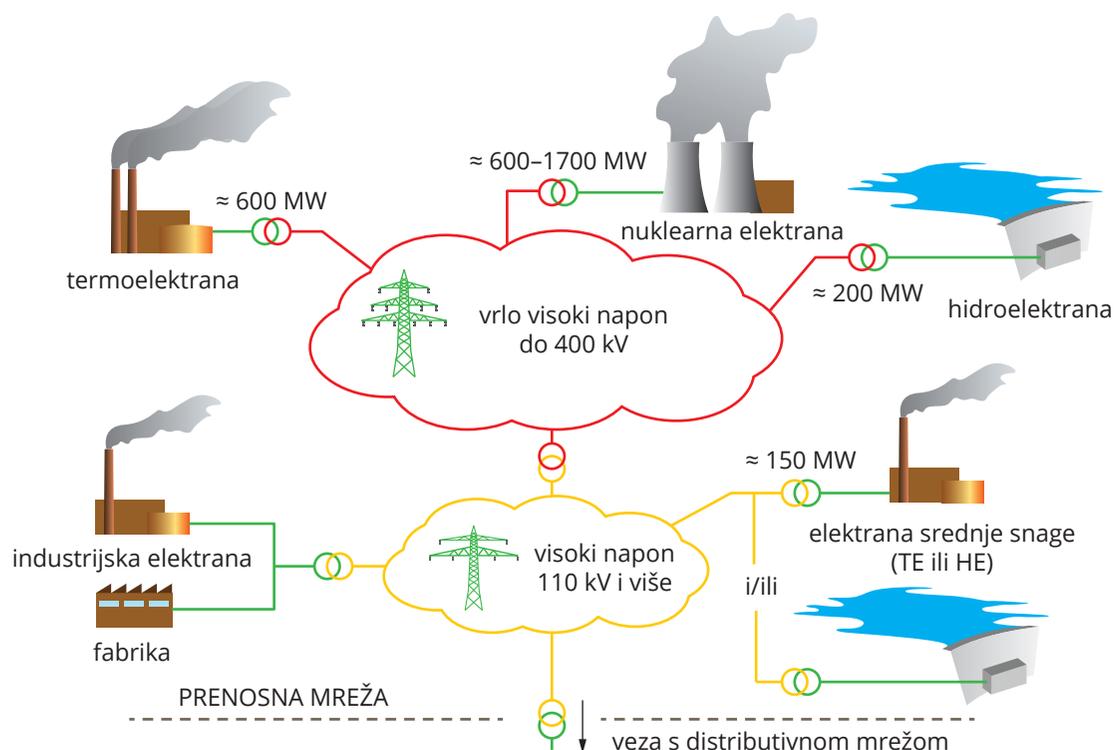
2.2.3. Prenos električne energije

Električna energija se, radi optimizacije rada EES-a i ekonomičnosti, najvećim dijelom proizvodi daleko od mjesta gdje se koristi, što je uslovljeno lokacijom primarnih izvora energije.

Podsistem prenosa ima zadatak da električnu energiju proizvedenu u raznim vrstama elektrana i transformisanu u njihovim visokonaponskim razvodnim postrojenjima (VNRP) na visoki napon (koji može biti i veći od 1500 kV) prenese do distributivnih podsistema (slika 2.9). Prenosne mreže čine elektroenergetski vodovi visokog napona (visokonaponski vazdušni vodovi i visokonaponski podzemni vodovi – kablovi), visokonaponska elektroenergetska razvodna postrojenja s transformatorima, komutacioni uređaji (prekidači, rastavljači, rastavni prekidači, zemljospojnici), odvodnici prenapona, mjerna, zaštitna i pomoćna oprema i uređaji i sl. Pretežno se u sistemu prenosa električne energije koriste nadzemni elektroenergetski vodovi. Tokovi snaga u vodovima prenosne mreže su u principu promjenljivi.



Gubici u prenosu su definisani Džulovim zakonom, koji govori o pretvaranju električne energije u toplotnu. Toplotna energija W oslobođena u provodniku kroz koji protiče električna struja srazmjerna je s kvadratom jačine te električne struje I , električnim otporom tog provodnika R i vremenom proticanja t ove struje, tj. $W = I^2 R t$ [J].



Slika 2.9. Prikaz podsistema prenosa s pripadajućim VNRP i elektranama

U svijetu postoje dva tipa prenosnih električnih mreža: mreže naizmjenične i mreže jednosmjerne struje.

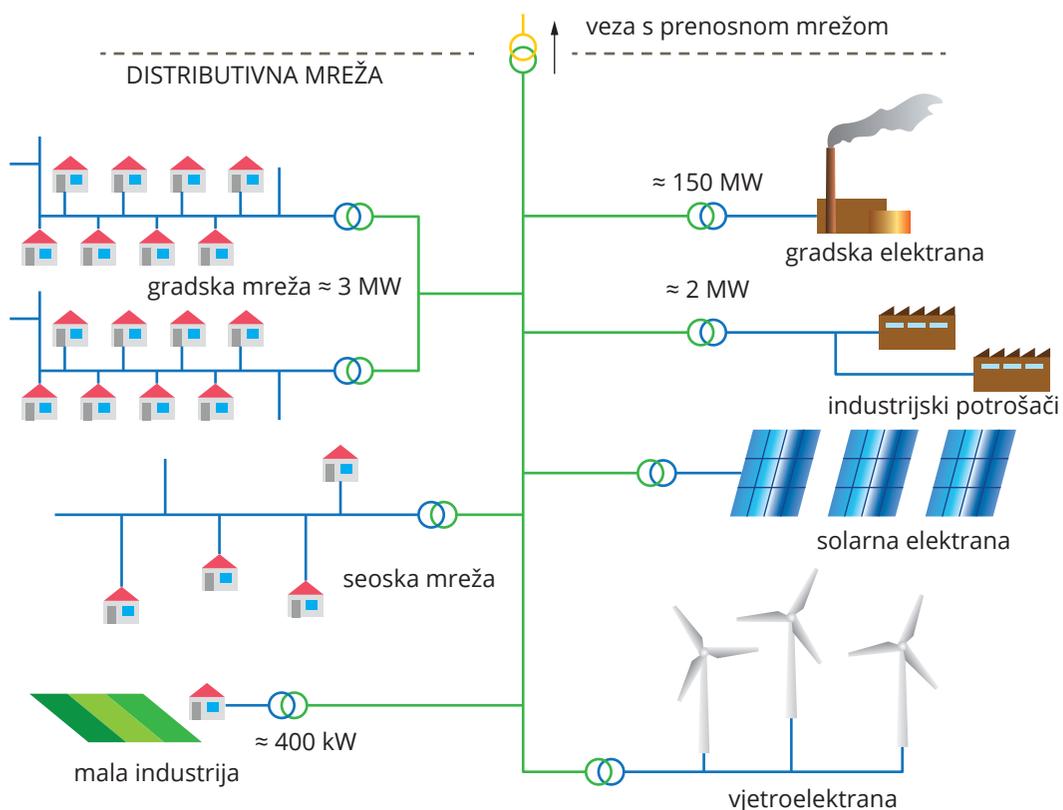
Optimalan način proizvodnje, prenosa i potrošnje električne energije aktuelnim tehnologijama zasad predstavljaju trofazni sistemi s naizmjeničnim naponom. Na savremenom nivou razvoja ispravljačkih postrojenja pokazuje se da je za rastojanja do 500 km naizmjenična struja superiornija, a za rastojanja preko 700 km prenos jednosmjernom strujom je ekonomičniji. Razlog korišćenja jednosmjerne struje za prenos električne energije je taj što prenos velikih snaga na velika rastojanja naizmjeničnom strujom ispoljava određene slabosti u vezi s problemima stabilnosti.

Prenosnom mrežom se energija prenosi do transformatorskih stanica smještenih u blizini industrije i domaćinstava, u kojima se transformiše sa visokih (prenosnih) napona na niže (distributivne) napone. Krajnje tačke prenosne mreže predstavljaju napojne tačke, odnosno **izvore napajanja** elektrodistributivnog sistema.

2.2.4. Distribucija električne energije

U podsistemu distribucije (elektrodistributivna mreža, elektrodistributivni sistem – EDS) električna energija dovedena do prenosno-distributivnih transformatorskih postrojenja i transformisana na distributivne (niže) napone distribuira se do tzv. potrošačkih čvorova. Klasični EDS sastoji se od elektrodistributivnih vazdušnih i kablovskih vodova, niza transformatorskih stanica s transformatorima za sniženje/spuštanje napona, komutacionih uređaja na visokonaponskoj i niskonaponskoj strani i pomoćnih

uređaja i opreme. Tokovi snage i energije u klasičnom konceptu EDS-a su jednosmjerni – od prenosne mreže prema potrošačima. U okviru tzv. novog, aktivnog koncepta EDS-a, prikazanog na slici 2.10, postoje i takozvani distribuirani izvori energije (solarne elektrane, vjetroelektrane i sl.). Distribuirani izvori su izvori električne energije koji se koriste za proizvodnju električne energije na lokaciji potrošača, odnosno u blizini potrošača (na teritoriji ili u samoj blizini potrošačkih konzuma), i koji se najčešće priključuju na distributivnu mrežu.



Slika 2.10. Prikaz podsistema distribucije EES-a sa distribuiranom proizvodnjom

Prenosno-distributivna transformatorska postrojenja za distributivnu mrežu predstavljaju tzv. distributivne izvore napajanja. Distributivne mreže mogu biti izgrađene od vazdušnih i/ili kablovskih vodova. U ruralnim predjelima preovladavaju vazdušni vodovi, dok u urbanim sredinama skoro isključivo se, naročito u posljednje vrijeme, koriste kablovski vodovi.



Do pojave **distribuirane proizvodnje** (male hidroelektrane i elektrane koje koriste obnovljive izvore energije koje se priključuju direktno na distributivnu mrežu) tokovi snaga (energije) u distributivnim vodovima su bili nepromjenljivi, isključivo od prenosne mreže ka potrošačima. Uvođenjem distribuiranih izvora tokovi snaga i u distributivnim mrežama su postali promjenljivi, o čemu se pri elektroenergetskim proračunima i analizama mora voditi računa.

2.2.5. Potrošnja električne energije

Podsistem potrošnje je složena cjelina koju čini velik broj raznorodnih prijemnika priključenih u potrošačkim čvorovima na potrošačku mrežu. To je mreža kojom se električna energija dovodi od distributivno-potrošačkih razvodnih postrojenja, u kojima se, preko transformatora spuštača napona, napon spušta na napon korisnika, do potrošača, koji dovedenu električnu energiju pretvaraju u neki od njemu potrebnih korisnih oblika energije.

Ovaj podsistem čine individualni potrošači: domaćinstva, zanatske radnje, administrativne prostorije, trgovinske radnje, industrijski pogoni, manje fabrike i sl. Nakon što se električna energija prenese do krajnjeg potrošača, ona mora proći kroz jedinstveno mjesto za kontrolu njene potrošnje – **brojilo**, koje je smješteno u priključnom ormariću, i na osnovu čijeg očitavanja se formira račun za utrošenu električnu energiju.

Osim kroz brojilo, električna energija prolazi i kroz uređaje za zaštitu korisnika od kvarova u instalacijama ili u nekom od potrošačkih uređaja, koji su takođe smješteni u priključnom ormariću. Potrošačke mreže treba da osiguraju visok stepen zaštite, jer su u direktnom *kontak*tu s korisnicima.

Razdvajanjem srodnih potrošača, potrošači električne energije se grupišu u kategorije potrošnje: domaćinstva (ukupna potrošnja električne energije u individualnim stambenim objektima, stanovima, zgradama i poljoprivrednim domaćinstvima); industrija, zanatstvo, trgovina (ukupna komercijalna potrošnja); poljoprivreda (potrošnja poljoprivrednih preduzeća i sl.); komunalna potrošnja (potrošnja javnog osvjjetljenja, vodovoda, kanalizacije i sl.); saobraćaj (potrošnja električnih lokomotiva u javnom željezničkom saobraćaju) i ostala potrošnja.

Zahtjevi podsistema potrošnje (konzuma) promjenljivi su, kako u toku dana, tako i u toku nedjelje, mjeseca, godišnjeg doba i godine. EES je dužan da praktično u svakom trenutku prati zahtjeve i promjene potrošačkog podsistema i da blagovremeno i efikasno reaguje na njih.



Individualni potrošači su relativno male tehničko-tehnološke cjeline. Često se teritorijalno grupišu u veće tehničko-tehnološke cjeline, tzv. potrošačka područja, kao što su: stambena naselja, kvartovi grada, industrijske zone, mješovite stambeno-industrijske zone i sl.



1. Definiši šta je elektroenergetski sistem (EES).
2. Objasni strukturu i osnovne karakteristike elektroenergetskih sistema.
3. Objasni podsistem proizvodnje električne energije.
4. Objasni podsistem prenosa električne energije.
5. Objasni podsistem distribucije električne energije.
6. Objasni podsistem potrošnje električne energije.

2.3. Izvori električne energije

2.3.1. Razvoj i osnovne karakteristike izvora električne energije

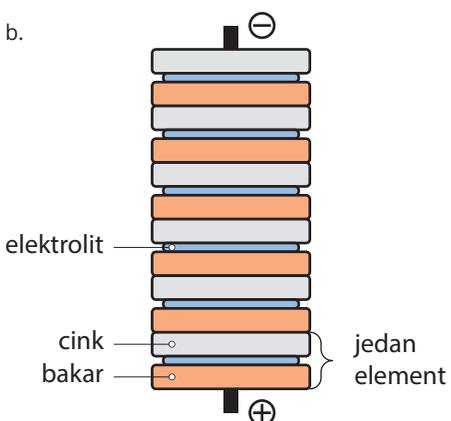
Električni izvori pretvaraju druge vrste energije u električnu energiju.



Izvori električne energije ili elektrane su postrojenja u kojima se neki od primarnih oblika energije pretvara u električnu energiju.



Italijanski fizičar Alesandro Volta (Alessandro Volta) 1799. godine publikovao je rezultate svojih eksperimentalnih istraživanja u kojima je objavio da je napravio prvu električnu bateriju (slika 2.11), tzv. Voltin elektrostatički stub (*voltaic pile*), koji je bio napravljen od više redno spojenih elemenata sastavljenih od elektroda od bakra i cinka razdvojenih elektrolitom.



Slika 2.11. Voltin elektrostatički stub: a. slika, b. skica

Ovaj uređaj predstavlja preteču moderne električne baterije, to jest prvi električni izvor. To je u osnovi elektrohemijska baterija, koja se sastoji od naizmjenično poređanih ploča bakra i cinka, a kao elektrolit se koristi vodeni rastvor sulfatne kiseline ili kuhinjske soli.

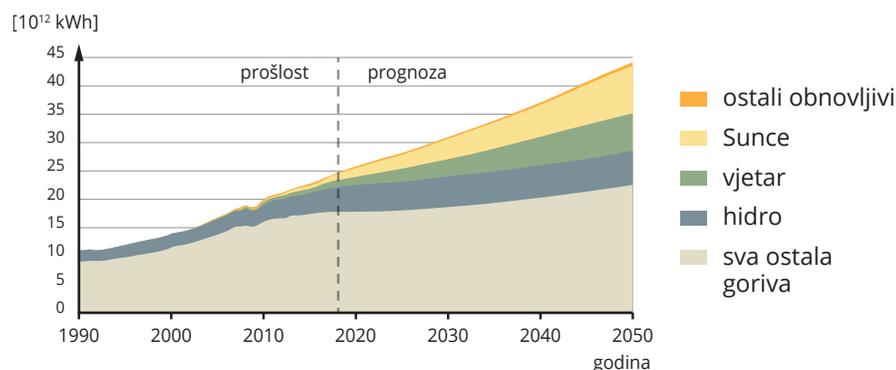
Nakon ovih otkrića dolazi do intenzivnih istraživanja i pronalazaka različitih postupaka i postrojenja kojima je bilo moguće transformisati neki od primarnih energetske izvora i dobiti veću količinu električne energije.



Zbog mnogobrojnih, ranije navedenih i analiziranih, prednosti električne energije, rast proizvodnje električne energije bio je veoma izražen u prošlosti. Predviđanja naučnika su da će se taj trend nastaviti, i najvjerojatnije uvećati, u budućnosti. Radi ilustracije ovog trenda, na slici 2.12. prikazana je proizvodnja električne energije u svijetu u prošlosti (od 1990), s prognozom rasta proizvodnje do 2050, uz navođenje energetske izvora koji su to omogućili ili će omogućiti.

Elektrane treba da zadovolje potrebe potrošača u EES-u, tj. potrošnju električne energije po snazi, kvalitetu i po količini, proizvodeći potrebne količine električne energije u periodima kada je potrošač traži. Pod potrošnjom se podrazumijevaju neto potrebe svih potrošača električne energije, kao i gubici koji nastaju u sopstvenim uređajima, u razvodnim postrojenjima, u prenosnim i u distributivnim mrežama.

Elektroenergetski dio elektrana sastoji se od generatora s pobudom, transformatora, razvodnog postrojenja i električnih kola s potrebnim uređajima i opremom.



Slika 2.12. Istorija i prognoza proizvodnje električne energije u svijetu, 1990–2050.

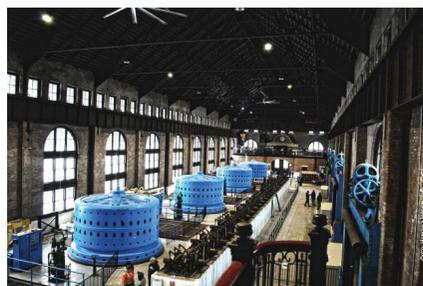
U zavisnosti od stepena tehničko-tehnološkog razvoja i trenutno raspoloživih i ekonomski isplativijih i opravdanih načina za korišćenje transformacija različitih oblika energije u električnu energiju, koristile su se i različite vrste izvora električne energije. U savremenoj literaturi uglavnom se svi izvori električne energije svrstavaju u dvije osnovne vrste:

- hidroelektrane i
- termoelektrane.

Hidroelektrane pripadaju postrojenjima koja koriste vodu kao obnovljivi izvor energije. Imale su dominantnu ulogu u početnom stadijumu razvoja elektrifikacije u mnogim zemljama. Kao i većina obnovljivih izvora energije, hidroenergija je indirektna energija Sunčeve energije.



Prva hidroelektrana na svijetu, koja je proizvodila električnu energiju na osnovu Teslinog sistema trofazne naizmjenične struje, izgrađena je 1895. na Nijagarinim vodopadima. Iste godine je puštena u pogon i prva hidroelektrana u Evropi (HE Jaruga na rijeci Krki), koja je koristila isti sistem i princip rada (slika 2.13).

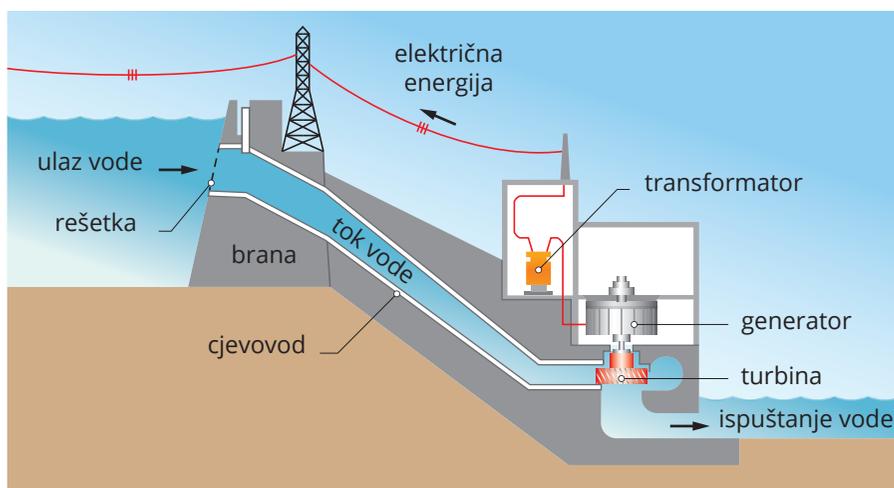


Slika 2.13. Hidroelektrana na Nijagarinim vodopadima i HE Jaruga na rijeci Krki

Hidroelektrane su postrojenja koja potencijalnu energiju vode transformišu prvo u kinetičku energiju, zatim kinetičku energiju u energiju pritiska / mehaničku energiju i konačno mehaničku energiju pretvaraju u električnu energiju.

Osnovni djelovi hidroelektrane navedeni su u poglavlju 2.2.2. Njihov opšti prostorni raspored i princip rada prikazani su na slici 2.14.

Voda iz akumulacionog bazena ili vodotoka ulazi kroz rešetke u dovodne organe, koji je dovode do mašinske zgrade u kojoj se nalazi vodna turbina. Voda pada na lopatice turbine, koje se usljed njenog pritiska pomjeraju okrećući vratilo na kome se nalaze. Na vratilu se nalazi generator, čijim se okretanjem proizvodi električna energija, koja se nakon transformacije na viši – prenosni napon, predaje prenosnoj mreži i ide dalje u EES. Nakon prolaska kroz turbinu i predaje energije lopaticama, voda se odvodnim organima vraća u vodotok ili akumulaciju.



Slika 2.14. Princip rada hidroelektrane

Osnovne **prednosti** hidroelektrana jesu:

- energent koji troše (voda) obnovljiv je i nikada neće biti potrošen
- električna energija se proizvodi na, po prirodu, manje opasan i štetan način nego u termoelektranama
- pri proizvodnji se ne stvara otpad i nema oslobađanja opasnih gasova;
- niski proizvodni troškovi i dug životni vijek
- mogu raditi smanjenim kapacitetom kada je potreba za električnom energijom manja, a za to vrijeme akumulirati energiju s povećanjem nivoa vode u akumulaciji.

Nedostaci:

- neujednačen dotok vode tokom godine, zavisnost od vremenskih prilika
- relativno štetan uticaj akumulacija na ekosistem...

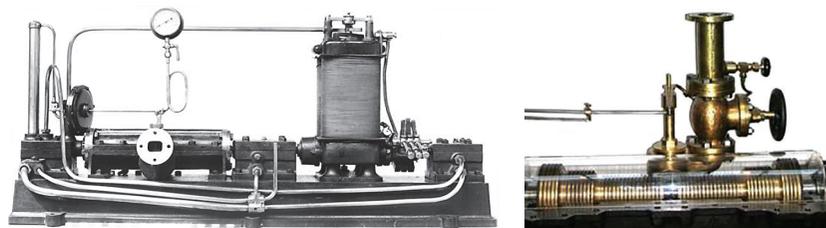


Termoelektrane su postrojenja koja za proizvodnju električne energije koriste toplotu dobijenu transformacijom iz različitih energetske izvora.

Pri tome se za dobijanje toplotne energije mogu koristiti neobnovljivi izvori energije (npr. fosilna goriva: uglj, nafta, prirodni gas...; nuklearna goriva i sl.) ili obnovljivi energetske izvori (Sunčevu zračenje, geotermalna energija, toplota mora i sl.). Učešće termoelektrana u podmirenju svjetskih potreba za električnu energijom danas je više od 3/4.



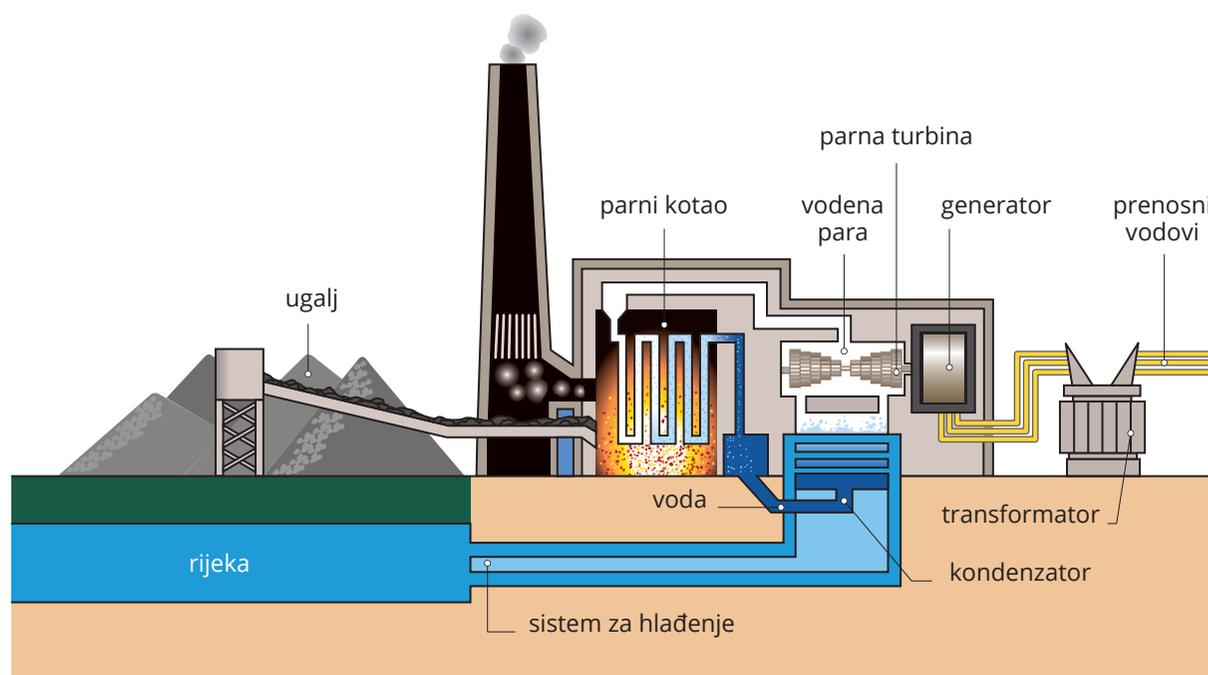
Parna turbina je patentirana 1791, dok je modernu parnu turbinu osmislio Englez Čarls Aldžernon Parsons (Charles Algernon Parsons) 1884. godine (slika 2.15).



Slika 2.15. Prva Parsonsova parna turbina (1884)

parna turbina mehanička sprava (toplotni motor) koja izdvaja toplotnu energiju iz pare pod pritiskom i pretvara je u koristan mehanički rad.

Osnovni djelovi termoelektrane navedeni su u poglavlju 2.2.2. Opšti prostorni raspored osnovnih djelova i princip rada termoelektrane prikazani su na slici 2.16.



Slika 2.16. Osnovni princip rada termoelektrane

Ako termoelektrana kao pogonsko gorivo koristi ugalj, on se s deponije (u komadima ili mljeven) ubacuje u parni kotao, gdje sagorijeva oslobađajući velike količine toplote. Voda koja se ubacuje u kotao preuzima dio te energije, zagrijava se i isparava. Vodena para se dovodi u parnu turbinu, gdje, usljed postojanja kondenzatora koji se hladi rashlađenom vodom, ekspandira i predaje svoju energiju lopaticama turbine, koje okreću vratilo turbine. Na vratilu se nalazi generator u kome se proizvodi električna energija, koja se odvodi u VNRP, gdje joj se, u transformatoru, podiže napon do prenosnog napona. Ova energija se zatim prenosnom mrežom isporučuje EES-u. Nakon predaje energije lopaticama turbine izrađena para se vodi u uređaje za rashlađivanje, nakon čega se ili vraća ponovo u sistem ili se ispušta u okolinu, a za dalji proces se dovodi hladna voda iz okoline.

Ako se kao pogonsko gorivo koristi neko drugo gorivo, proces se razlikuje samo u načinu dobijanja vodene pare. U tim slučajevima razlika je samo u uređaju kojim se para dobija.

Osnovne **prednosti** termoelektrana jesu:

- relativno jeftina električna energija proizvedena u njima
- mogućnost drugih primjena (npr. grijanje, topla voda i sl.).

Nedostaci:

- velika količina otpada koji ostaje sagorijevanjem fosilnih goriva, naročito uglja
- odlaganjem pepela na zemljište stvaraju se jalovišta koja se ne mogu koristiti za uzgoj biljnih vrsta
- male preostale zalihe goriva i njihova neravnomjerna raspodjela u svijetu
- veliko zagađenje čovjekove okoline (uzročnici veoma opasnih po biljni i životinjski svijet kisjelih kiša, izazivanje efekata staklene bašte i **ozonskih rupa** i sl.)
- kod nuklearnih termoelektrana: postojanje radioaktivnog otpada i problemi sa njegovim skladištenjem, kao i negativan odnos javnosti prema njima i strah od moguće nuklearne nesreće i sl.

Prema nivou korišćenja, odnosno učestanosti primjene, a uzimajući u obzir njihove tehničke mogućnosti za proizvodnju električne energije i ekonomsku opravdanost njihovog korišćenja u današnjim uslovima, svi izvori električne energije dijele se na:

- konvencionalne (klasične, tradicionalne, industrijske...) i
- nekonvencionalne (alternativne, nove, eko...).

ozonska rupa

ustaljeni termin koji se koristi da označi vrstu promjene u visokim i razrijeđenim slojevima atmosfere, gdje je prirodno značajno prisustvo molekula ozona. Ozonska rupa je mjesto u atmosferi na kome je došlo do smanjenja, prореđenja ili čak i nestajanja ozona iz ovog sloja.



1. Šta su izvori električne energije?
2. Navedi prednosti i nedostatke hidroelektrana.
3. Navedi prednosti i nedostatke termoelektrana.

2.3.2. Konvencionalni izvori električne energije

Konvencionalni (ponegdje se koriste i nazivi: klasični, tradicionalni, industrijski...) izvori električne energije su oni za koje je tehničko-tehnološki način dobijanja električne energije dobro poznat i koji se danas najčešće i koristi. Neophodan je uslov da je dobijanje električne energije na ovaj način ekonomično i konkurentno. U ove izvore danas se ubrajaju:

- hidroelektrane (velike)
- termoelektrane (na fosilna goriva) i
- nuklearne (fisione) termoelektrane.

2.3.2.1. Hidroelektrane

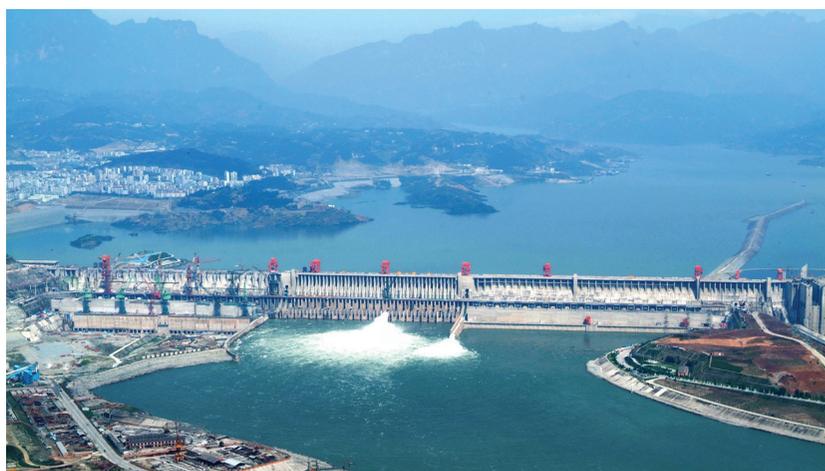


Hidroelektrane su postrojenja u kojima se potencijalna energija vode (obnovljivi izvor energije) najprije pretvara u kinetičku energiju strujanja vode, zatim u mehaničku energiju obrtanja vratila vodne turbine i na kraju u električnu energiju u električnom generatoru.

U širem smislu, hidroelektrane (HE) čine i sve građevine, objekti i postrojenja koja služe za prikupljanje, dovođenje i odvođenje vode, kao i za pretvaranje, transformaciju i razvod električne energije, za smještaj i upravljanje cijelim sistemom.



Najveća hidroelektrana na svijetu, snage 22,5 GW (HE Tri klanca, Kina), data je na slici 2.17.



Slika 2.17. Najveća hidroelektrana na svijetu, HE Tri klanca, Kina

Kod hidroelektrana radno tijelo je **voda**. Energija vode (hidroenergetski potencijal) u stvari je transformisana energija Sunčevog zračenja i ona, pošto se u određenim vremenskim intervalima obnavlja, pripada obnovljivim energetske izvorima.

Izgradnja same hidroelektrane zavisi od niza uslova: u prvom redu od konfiguracije i geološkog sastava terena, mogućnosti postizanja i koncentracije pada, iskorišćenja cijelog vodotoka rijeke, pogonskih zahtjeva, zahtjeva vodoprivrede, riječnog brodarstva, poljoprivrede, turizma, sporta itd. Zbog toga svaka hidroelektrana predstavlja za sebe posebno i specifično rješenje, i za izgradnju svake hidroelektrane treba provesti poseban postupak i potrebne analize.

U literaturi se, u zavisnosti od parametara koji se pri konkretnim analizama smatraju dominantnim, mogu naći različite klasifikacije hidroelektrana. Najčešće se sreću podjele:

- prema načinu korišćenja vode
- prema smještaju samih postrojenja
- prema efektivnom (raspoloživom) padu vode
- prema veličini akumulacionog bazena
- prema kapacitetu – instalisanoj snazi
- prema tipu korišćenih turbina
- prema udaljenosti mašinske zgrade od brane
- prema smještaju mašinske zgrade
- prema ulozi u EES-u...

Veoma često se koristi podjela hidroelektrana prema načinu korišćenja vode, na:

Akumulacione hidroelektrane (slika 2.18), koje imaju akumulaciju (rezervoar) u kojoj se voda akumulira za vrijeme kišnih razdoblja (ili u periodu smanjene potrošnje) da bi se koristila u sušnim periodima i kada je to neophodno.

Akumulacione hidroelektrane se grade na vodocima gdje je, uz ekonomski podnošljive troškove, pregrađivanjem rijeke i zaustavljanjem toka (brana) moguće stvoriti veće akumulaciono jezero/bazen uzvodno od brane. Voda u akumulaciji predstavlja rezervoar energije, i posjeduje potencijalnu energiju koja je rezultat visinske razlike gornje kote jezera i tačke montaže turbine. Ova energija se transformiše u kinetičku energiju vode koja se pri udaru u lopatice turbine pretvara u energiju pritiska, čijim se djelovanjem na lopatice turbina dobija mehanička energija koja pokreće turbine. Na osovini turbine nalazi se generator, čijim se obrtanjem proizvodi električna energija. Kod ovih vrsta elektrana obično postoje velike godišnje varijacije u količini dotoka vode i u nivou vode u akumulacionom jezeru.



Slika 2.18. Akumulacione hidroelektrane: HE Hoover Dam (SAD) i HE Piva

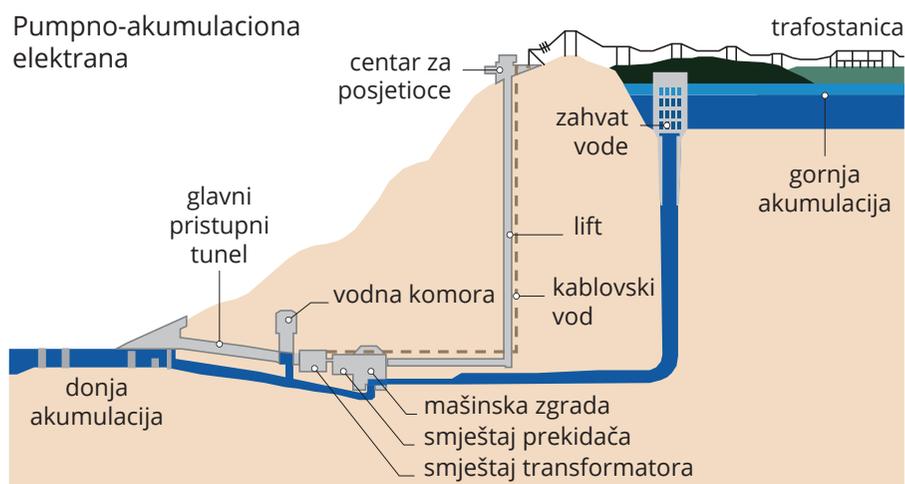
Protočne hidroelektrane (slika 2.19), koriste vodu u skladu sa njenim prirodnim dotokom.

To su elektrane kod kojih, iz bilo kojih razloga, ne postoji mogućnost stvaranja akumulacionog bazena, nego se sva voda koja normalno dotiče vodotokom mora u trenutku dotoka iskoristiti propuštanjem kroz turbinu ili prelići neiskorišćena preko brane. One, po pravilu, imaju malu visinsku razliku ispred i iza mjesta zahvatanja vode, pa ne koriste potencijalnu energiju razlike nivoa, već samo kinetičku energiju koju posjeduje vodeni tok. Snaga ovih elektrana zavisi od trenutnog protoka vode jer one mogu proizvesti energiju samo u skladu s režimom prirodnih dotoka vode, tj. samo u skladu s prirodnim uslovima i proticajima.



Slika 2.19. Protočna hidroelektrana

Reverzibilna hidroelektrana ili pumpno-akumulaciona hidroelektrana (slika 2.20) po konstrukciji je slična akumulacionoj hidroelektrani. Ona ima dva akumulaciona bazena – gornji i donji. U turbinskom režimu rada voda iz gornjeg akumulacionog bazena se vodi na lopatice turbine, i postrojenje radi kao ranije objašnjena akumulaciona hidroelektrana – proizvodi električnu energiju, obično u periodima vršnih opterećenja (više tarife). U pumpnom režimu rada (za vrijeme postojanja viškova električne energije ili u periodu niže tarife) reverzibilnim turbinama se voda iz donjeg akumulacionog bazena pumpa nazad u gornji bazen, i tada postrojenje radi kao potrošač. U ovom režimu se postrojenje koristi da bi se iz donjeg akumulacionog bazena prebacila voda u gornji bazen, odakle se po potrebi može koristiti za proizvodnju električne energije. Energetski/bilansno su neefikasne jer je potrošnja energije u pumpnom režimu veća od proizvodnje u turbinskom režimu. Međutim, pogodnost im je što se voda može pumpati u gornji bazen u periodu niskih opterećenja (jeftinije energije) a proizvoditi električna energija u periodu vršnih opterećenja (skuplja energija). Njihova osnovna primjena je za pokrivanje vršnih opterećenja i za bolje iskorišćenje raspoloživih hidropotencijala.



Slika 2.20. Princip rada pumpno-akumulacione hidroelektrane

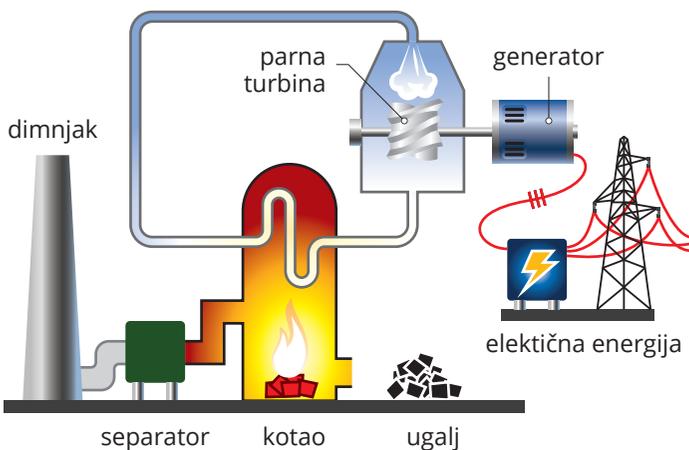
2.3.2.2. Termoelektrane na fosilna goriva

Termoelektrane na fosilna goriva (slika 2.21) jesu postrojenja za proizvodnju električne energije u kojima se energija toplote dobijene sagorijevanjem fosilnih goriva pretvara u električnu energiju.

Osnovni princip njihovog rada je objašnjen u poglavlju 2.3.1.

U zavisnosti od toga šta se smatra dominantnim parametrom, termoelektrane se mogu podijeliti prema radnom fluidu koji koriste; prema pogonskoj mašini; prema agregatnom stanju goriva; prema načinu hlađenja; prema tome da li pored električne energije proizvode i toplotnu energiju za korisnike toplote i sl.

Energetske i tehničke karakteristike svake termoelektrane omogućavaju optimalno određivanje njihove uloge i načina njihovog korišćenja u popunjavanju površine ispod zadatog dijagrama opterećenja (krive trajanja opterećenja). Pri tome se mora voditi računa i o ostalim eksploatacionim karakteristikama, kao što su: vrijeme potrebno za stavljanje u pogon i izlazak iz pogona (zaustavljanje), brzina i mogući opseg promjene opterećenja i sl.



Slika 2.21. Termoelektrana na uglj: slika i princip rada

U klasičnim termoelektranama na fosilna goriva vrši se višestruko pretvaranje energija, i to:

- Prvo se hemijska energija goriva, sagorijevanjem u ložištima, pretvara u toplotnu energiju. Taj proces se odvija sa visokim stepenom iskorišćenja.
- Drugi korak je pretvaranje toplotne energije u mehaničku u sistemu parni kotao – turbina. Ovaj proces se odvija sa niskim stepenom iskorišćenja.
- Sljedeća konverzija je pretvaranje mehaničke energije u električnu u sinhronoj mašini, koja se odvija sa visokim stepenom iskorišćenja.

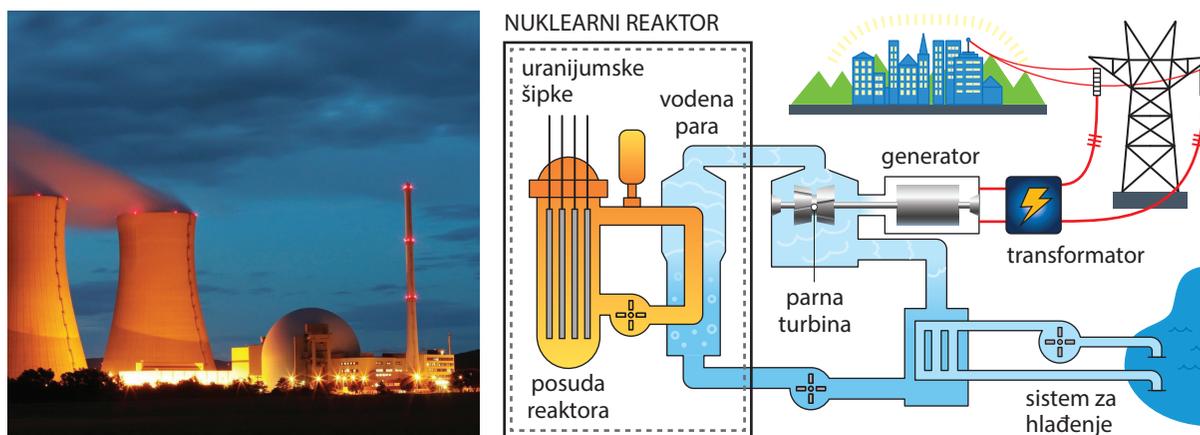
Navedeni princip važi za najčešće korišćene konvencionalne termoelektrane, koje za proizvodnju električne energije koriste proces sagorijevanja fosilnih goriva.

2.3.2.3. Nuklearne fisione termoelektrane



Nuklearne fisione termoelektrane su postrojenja u kojima se toplotna energija, koja se oslobađa u nuklearnim reaktorima prilikom raspadanja (fisije) atoma nuklearnog goriva, koristi za proizvodnju pare, koja pokreće parnu turbinu spojenu na električni generator u kome se proizvodi električna energija.

Na slici 2.22. dat je opšti izgled i šema nuklearne elektrane. Osnovni princip dijela njihovog rada je objašnjen u poglavlju 2.3.1.



Slika 2.22. Nuklearna termoelektrana: slika i princip rada

Nuklearna elektrana je vrsta termoelektrane u kojoj se izvor energije (toplota), umjesto u kotlu, dobija u nuklearnom reaktoru fisijom nuklearnog goriva. Termički proces u nuklearnoj termoelektrani u principu je isti kao kod parne kondenzacione termoelektrane (na uglj). Novi element u elektrani je nuklearni reaktor, koji zamjenjuje parni kotao, i u kome se, na kontrolisani način, odvija proces raspadanja čestica i kontinuirano oslobađanje ogromne fisiske energije.

U nuklearnoj fisionoj elektrani atomi nuklearnog goriva (najčešće urana U_{-235}) dijele se u lakše elemente u procesu koji se zove nuklearna **fisija** (razdvajanje, dijeljenje). Kao rezultat toga procesa dobija se ogromna količina oslobođene energije u obliku toplote, koja se dalje koristi kao kod klasičnih termoelektrana. Praktično korišćenje fisiske nuklearne energije moguće je postići preko lančane reakcije fisije, samo u strogo kontrolisanim uslovima.



Danas je, i pored velikih problema i otpora javnosti, u pogonu i u izgradnji znatan broj nuklearnih termoelektrana u mnogim zemljama. Prema podacima Međunarodne agencije za **atomsku energiju** (*International Atomic Energy Agency IAEA, Viena*) u maju 2020. godine u 31 državi u svijetu radila je 441 nuklearna elektrana. Njihova ukupna snaga na pragu iznosila je 390.220 MWe. Do kraja maja 2020. ukupno 188 nuklearnih elektrana prestalo je raditi. U 19 država svijeta grade se još 54 nuklearne elektrane (reaktori).



Prva nuklearna termoelektrana, koja je uključena u električnu mrežu, stavljena je u pogon 1954. godine u gradu Obninsku (SSSR). Snaga joj je bila 5 MW, gorivo 5–6% obogaćeni uran, moderator grafit, a rashladni medij voda.

atomska (nuklearna) energija
energija koja se dobija pri raspadanju atomskog jezgra.



1. Definiši konvencionalne izvore električne energije.
2. Navedi osnovne karakteristike konvencionalnih izvora električne energije.
3. Opiši velike konvencionalne hidroelektrane.
4. Opiši konvencionalne termoelektrane na fosilna goriva.
5. Opiši konvencionalne nuklearne termoelektrane koje koriste fisione procese.
6. Kritički analiziraj razne tipove konvencionalnih elektrana.

2.3.3. Nekonvencionalni izvori električne energije

Pod nekonvencionalnim (novim, alternativnim, neindustrijskim...) izvorima energije podrazumijevaju se izvori za koje se zna da sadrže određene nosioce energije, ali je njihova transformacija u korisne oblike energije, na današnjem stepenu razvoja tehnike i tehnologije, ekonomski još nekonkurentna proizvodnji energije iz konvencionalnih izvora. Kod nekih od ovih izvora još nije dovoljno poznata mogućnost i način njihovog korišćenja i transformacije.

Kada je riječ o mogućnosti proizvodnje električne energije na današnjem stepenu tehničko- tehnološkog razvoja, u nekonvencionalne izvore električne energije ubrajaju se:

- solarna energija (neposredno korišćenje Sunčevog zračenja)
- energija vjetra (kinetička energija)
- hidropotencijal (male hidroelektrane, energija plime i oseke, energija morskih talasa)
- geotermalna energija (u unutrašnjosti Zemlje, koja se ne pojavljuje na površini)
- unutrašnja toplotna energija mora i okeana (razlika temperature površine i dubine)
- bioenergija – biomasa (hemijska energija)
- nuklearna energija (fuzija)
- magnetno-hidrodinamički generatori – MHDG
- gorivne ćelije
- energija vodonika i sl.



Neophodno je napomenuti da je podjela na konvencionalne i nekonvencionalne izvore energije promjenjiva kategorija. Svaki energetski izvor, kada zadovolji postavljene kriterijume u pogledu tehničkih mogućnosti za proizvodnju električne energije i ekonomske opravdanosti njihovog korišćenja, može se prebaciti iz kategorije nekonvencionalnih u kategoriju konvencionalnih izvora.

Ako se u međuvremenu pronađe neki novi izvor energije, on će u početnom stadijumu svog razvoja i primjene pripadati prvo kategoriji nekonvencionalnih izvora energije, s mogućnošću da u budućnosti, ako zadovolji postavljene uslove, pređe u kategoriju konvencionalnih izvora.

I nekonvencionalni izvori električne energije dijele se na nekonvencionalne hidroelektrane i nekonvencionalne termoelektrane.

U nekonvencionalne hidroelektrane spadaju:

- male hidroelektrane (mHE)
- elektrane na plimu i oseku
- elektrane na morske talase.

U nekonvencionalne termoelektrane ubrajaju se:

- solarne elektrane
- geotermalne elektrane
- elektrane koje koriste unutrašnju toplotnu energiju mora i okeana
- bioelektrane (elektrane koje koriste bioenergiju)
- magnetno-hidrodinamički generatori (MHDG)
- nuklearne termoelektrane (fuzija)
- elektrane na čvrst komunalni otpad i sl.

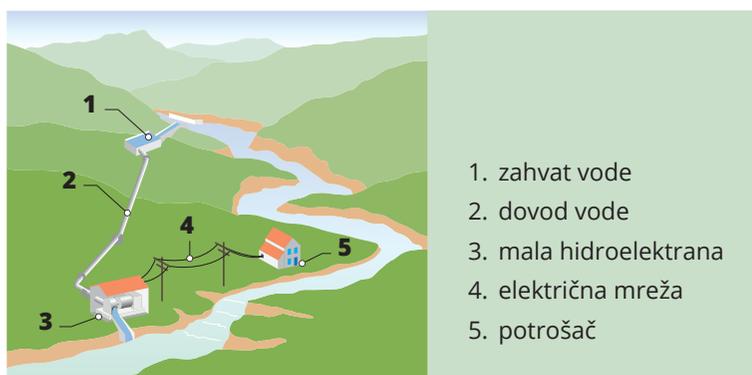
Nekonvencionalni izvori električne energije obuhvataju i fotonaponske solarne elektrane, koje koriste direktno pretvaranje energije Sunčevog zračenja (obnovljivi izvor energije) u električnu energiju putem fotonaponskog efekta (fotonaponskih PV ćelija) i vjetroelektrane, koje takođe koriste obnovljivi izvor energije – energiju vjetra, koja je posljedica dejstva Sunca.

2.3.3.1. Male hidroelektrane

Male hidroelektrane (mHE) su hidroenergetski sistemi manjih snaga, uglavnom izgrađeni na manjim vodotocima, odnosno na manjim rijekama, potocima, raznim kanalima, pa čak i sistemima za navodnjavanje. U njima se energija ovih vodotoka pretvara u korisnu energiju, čime se obezbjeđuje relativno čista i pouzdana proizvodnja električne energije. One su pretežno protočne elektrane, pa stoga i ne zahtijevaju značajne zemljane i građevinske radove i investicije koje obično traži izgradnja velikih brana i akumulacija.

Osnovna razlika između velikih i malih hidroelektrana je u instalisanoj snazi, pri čemu je granična snaga koja dijeli ove hidroelektrane različita od zemlje do zemlje. Bez obzira na velika odstupanja u pojedinim zemljama sa stanovišta gornje granice instalisane snage mHE od 1,5 MW do 30 MW), u posljednje vrijeme najčešće se kao standard prihvata vrijednost ukupnog instalisanog kapaciteta do 10 MW (prihvaćen u EU – ESHA).

Mala hidroelektrana nije jednostavno samo smanjena verzija velike hidroelektrane. Da bi se zadovoljili osnovni zahtjevi koji se pred nju stavljaju, za njenu izgradnju potrebni su specifična oprema i uređaji, prije svega u smislu jednostavnosti, visine investicija i troškova rada i održavanja, načina rada, maksimuma pouzdanosti i sigurnosti, kao i lakom korišćenju i održavanju od strane lica koja za to nijesu specijalizovana. Principijelne šeme i fotografija male hidroelektrane prikazane su na slici 2.23.



Slika 2.23. Najčešći raspored osnovnih elemenata i slika male hidroelektrane

Kao prednosti malih u odnosu na velike hidroelektrane mogu se navesti i:

- smanjeni troškovi distribucije električne energije
- nema troškova prenosa
- smanjen negativan uticaj na okolinu i ekosistem
- manje početne investicije
- vrlo mali broj negativnih karakteristika i osobina
- jeftinije održavanje
- velika mogućnost automatizacije; uglavnom rade bez posade i sl.

2.3.3.2. Elektrane na plimu i oseku

Elektrane koje koriste energiju plime i oseke (obnovljivi izvor energije) za pogon turbina, predstavljaju posebnu vrstu akumulacionih hidroelektrana. Plima i oseka (morske mijene) nastaju pod dejstvom Sunca i Mjeseca na vodu u morima i okeanima. Morske mijene su periodično dizanje (plima) i spuštanje (oseka) morske i okeanske površine i premještanje velikih vodenih masa prouzrokovano gravitacionom silom kojom Mjesec i Sunce djeluju na vodene mase i Zemljinom rotacijom.

Zbog toga što promjene oseke i plime izazivaju kretanje fluida, tj. vodene mase (kinetička energija), moguće je izvršiti pretvaranje te energije u električnu energiju pomoću posebnih elektrana. Ovakvi tipovi elektrana nijesu česti jer njihova izrada, održavanje i postizanje isplativosti trenutno traži značajna novčana sredstva. Danas su samo visokorazvijene i bogate zemlje razvile nekoliko takvih elektrana, iako dosta zemalja ima prirodni potencijal za njihovo korišćenje.



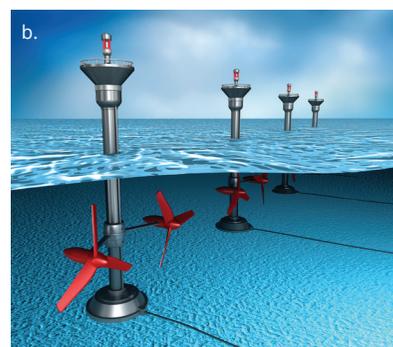
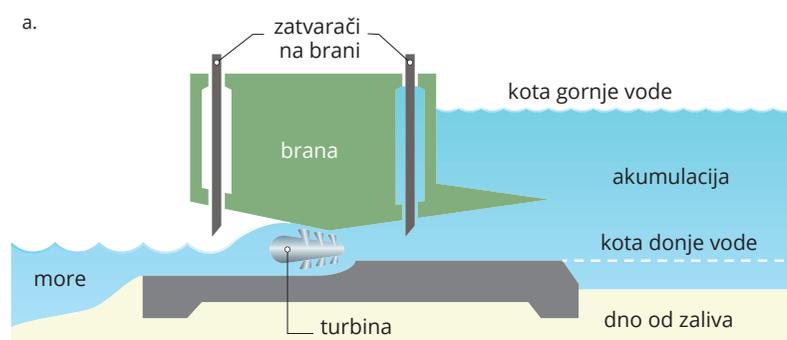
Prema podacima iz 2019, globalni potencijal malih hidroelektrana u svijetu procenjuje se na 229 GW, dok su instalirani kapaciteti za proizvodnju električne energije korišćenjem male hidroelektrane iznosili oko 78 GW. Uprkos pojavi novih rješenja i privlačnosti korišćenja mHE kao i porastu instaliranih kapaciteta mHE (10% za period 2016–2019), i dalje je veći dio svjetskog potencijala mHE neiskorišćen (oko 66%). Kina je lider u oblasti mHE sa 54% od ukupnog svjetskog instaliranog kapaciteta, i otprilike 28% ukupnog svjetskog potencijala.

Tehnologija koja se koristi za konverziju veoma je slična tehnologiji koja se koristi u konvencionalnim hidroelektranama. Međutim, elektrane na plimu i oseku nikada ne mogu raditi konstantno, nego samo do pojave iduće plime i oseke.

Danas se uglavnom sreću dvije mogućnosti korišćenja energije plime i oseke:

- putem plimnih brana (slika 2.24.a) ili
- iskorišćavanjem plimnih tokova (slika 2.24.b).

Kod **plimnih brana** brana služi za sprečavanje ulaska vode u bazen/akumulaciju i za skupljanje i postepeno ispuštanje vode kada se plima počne povlačiti. Otvaranjem zatvarača/zapora i postepenim propuštanjem vode kroz otvor na turbini proizvodi se električna energija. Energija se može proizvoditi u jednom ili u oba smjera.



Slika 2.24. Iskorišćenje energije plime i oseke pomoću: a. plimnih brana, b. plimnih tokova

Plimni tokovi su velike količine vode koje teku okeanima usljed promjene položaja vode – gibanja plime i oseke. Taj efekat se najčešće primjećuje u plitkim djelovima gdje postoje prirodna suženja na kojima se brzina vode značajno povećava. Sama tehnologija korišćenja ove energije slična je tehnologiji za pretvaranje energije vjetra, uz neke bitne razlike. Nažalost, ta tehnologija je još u svojim začecima, dosta je skupa i dostupna je samo razvijenim zemljama.

Energija plime i oseke ima potencijal za proizvodnju električne energije samo u određenim djelovima svijeta, odnosno tamo gdje su morske mijene izrazito naglašene. Razlika u visini plime i oseke mijenja se u zavisnosti od lokacije. Smatra se da je za ekonomičnu proizvodnju potrebna minimalna visina 7 m. Procjenjuje se da na svijetu postoji oko 40 mjesta pogodnih za izgradnju ovih elektrana. Povoljnost ovih elektrana jeste dobijanje čiste i obnovljive energije.

Glavni nedostaci su veliki troškovi izgradnje, malo pogodnih lokacija za izgradnju, velik uticaj na okolinu, ograničeno radno vrijeme na periode kada su povoljni uslovi za rad i sl. Veliki kapitalni troškovi s dugim vremenom izgradnje ovih elektrana (do deset godina) čine korišćenje energija plime i oseke trenutno komercijalno neatraktivnim.



Prva postrojenja ove vrste bila su u obliku vodenica na morske mijene. Potom su se razvile elektrane s branama izgrađenim na pogodnim mjestima u primorskim oblastima.

2.3.3.3. Elektrane na morske talase

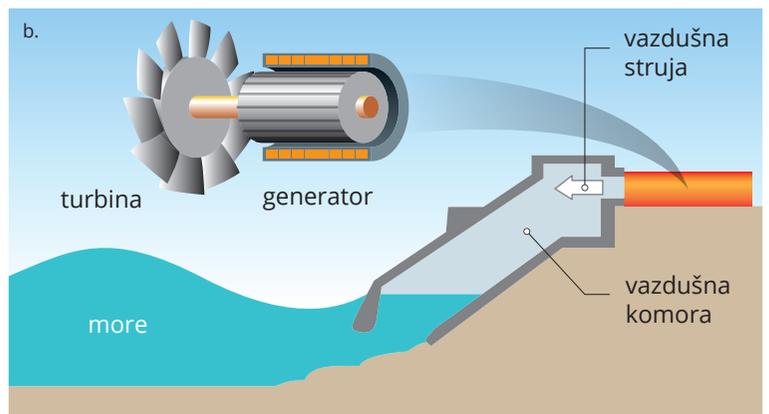
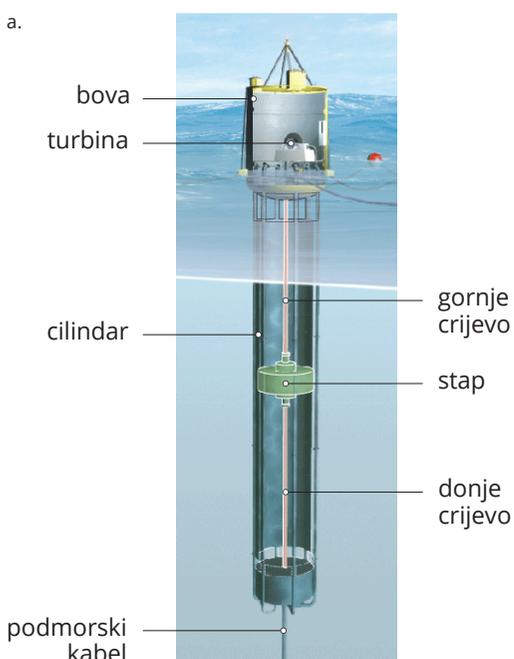
Elektrane na morske talase jesu one koje koriste energiju talasa (obnovljivi izvor energije) za proizvodnju električne energije. Osnovni uzrok nastanka energije talasa je djelovanje vjetra (posljedica dejstva Sunca) na površinu mora i okeana. Pošto se snaga talasa razlikuje od dnevnih mijena plime i oseke i stalnih cirkularnih okeanskih struja, za njeno korišćenje mora se odabrati povoljna lokacija na kojoj su talasi dovoljno česti i dovoljne snage.

Gibanjem vjetra preko površine mora dolazi do pojave talasa. Visina talasa je određena brzinom vjetra, trajanjem duvanja vjetra, dometom (udaljenost preko koje vjetar pobuđuje talase), dubinom i topografijom morskog dna i sl. Generalno, veći talasi su jači, ali snaga talasa je takođe određena i njegovom brzinom, talasnom dužinom i gustinom vode.

Princip pretvaranja energije talasa u električnu energiju je relativno prost: prvo se energija talasa pretvara u strujanje vazduha koje pokreće turbinu. Talasi se dižu u komoru, a rastuće sile vode tjeraju vazduh iz komore. Ovako pokrenut vazduh okreće turbinu, koja pokreće generator, a ovaj proizvodi električnu energiju. Ovo pretvaranje je isplativo samo ako je amplituda talasa velika.

Ako se kao kriterijum koristi lokacija, ove elektrane se mogu podijeliti na:

- elektrane na talase **na otvorenom moru** (slika 2.25.a) i
- elektrane na talase **na morskoj obali** ili u neposrednoj blizini obale (slika 2.25.b).



Slika 2.25. Elektrane na talase: a. na otvorenom moru, b. na morskoj obali



Energija talasa naglo opada s dubinom vode, tako da u dubini od 50 m iznosi svega 2% od energije neposredno ispod površine. Snaga talasa varira u zavisnosti od položaja na Zemlji, od 3 kW/m na Mediteranu do 90 kW/m na sjeveru Atlantika. Energija talasa varira tokom vremena (više i većih talasa ima u zimskom periodu) i ima slučajni karakter. Procjenjuje se da talasi generišu ukupno oko 2700 GW snage, od kojih samo oko 500 GW može biti iskorišćeno zahvaljujući današnjoj tehnologiji.



Kinetička energija talasa može se početi efikasno transformisati u električnu energiju kada je visina talasa veća od 1 m. Važni energetske parametri o kojima treba voditi računa, pored parametra snage po dužnom metru, jesu: amplituda, frekvencija i oblik talasa. Bitno je istaći da su talasi vrlo predvidljivi, mogu se predvidjeti do pet dana unaprijed.



Transformacija energije talasa trenutno nije široko primijenjena komercijalna tehnologija (cijena veoma visoka) iako su postojali pokušaji njenog korišćenja još od 1890.

Prednosti izgradnje elektrana u neposrednoj blizini obale jesu: lakša izgradnja jer se koriste klasični građevinski uređaji i oprema; lakše održavanje postrojenja jer nisu potrebni ronionici i brodovi; lakša i brža kontrola i zamjena oštećenih djelova; mogu služiti i kao lukobran i sl.

Prednosti gradnje elektrana na otvorenom moru jesu: bolja iskorišćenost talasnog potencijala; mogućnost napajanja ofšor (*off-shore*) objekata; mogućnost napajanja raznih vrsta senzora (autonomni energetske sustavi) i sl.

Tehnička ograničenja ovih konstrukcije jesu:

- izbor pogodne lokacije
- mali koeficijent iskorišćenja turbine zbog stohastičke prirode talasa
- nizak stepen iskoristivosti; neotpornost na koroziju, mehanička oštećenja i sl.

2.3.3.4. Sunčeve (solarne) termalne elektrane

Energija Sunčevog zračenja je praktično neiscrpna. Ova obnovljiva energija, koja ima velik broj prednosti u odnosu na sve ostale korišćene i perspektivne energetske izvore, predstavlja osnovni izvor života na Zemlji.

Sunčeva energija je zračenje svjetlosti i toplote sa Sunca koju ljudi koriste od davnina upotrebom raznih tehnologija koje se neprekidno razvijaju i usavršavaju. Solarna energija je odmah upotrebljiv, čist i obnovljiv ekološki resurs, što je velika prednost nad fosilnim gorivima.

Primjena solarne energije može biti direktna i indirektna. Indirektna/sekundarna primjena solarne energije javlja se kao: korišćenje energije vjetra koji nastaje djelovanjem energije Sunca na atmosferu i okeane; korišćenje energije vode koja nastaje transformacijom solarne energije (čijim djelovanjem na površinu planete i nastaje tzv. ciklus prirodnog kruženja vode); korišćenje fosilnih goriva i biomase, razmjena termalne energije plićih i dubljih slojeva vode u okeanima koji apsorbiraju energiju Sunca, energija talasa... Direktno Sunčevo zračenje, zajedno sa svojim sekundarnim efektima, čini većinu raspoložive obnovljive energije na Zemlji (slika 2.26).

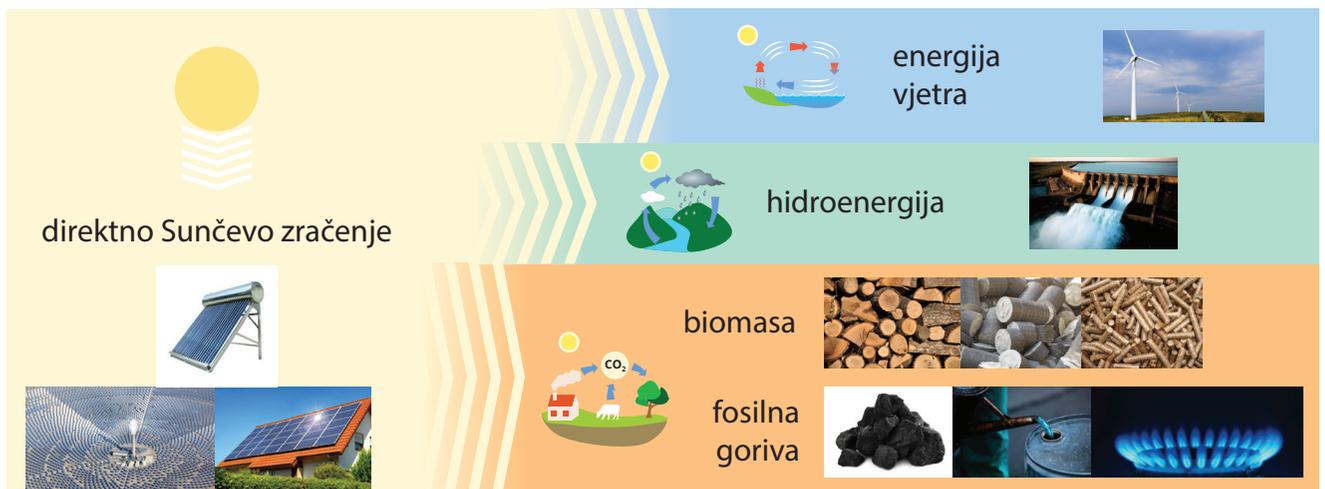
Direktno pretvaranje Sunčeve energije u druge oblike (naročito u električnu energiju) vrši se relativno lako i jednostavno, znatno lakše nego pretvaranje bilo kog drugog oblika energije.



Sunce je zvijezda u čijem se jezgri, kao u fuzionom reaktoru, dešava nuklearna fuzija. To je proces u kome se svake sekunde oko 3 tone mase pretvara u energiju zračenja koja se emituje u okolinu. Tokom ove reakcije vrši se pretvaranje vodonika u helijum uz oslobađanje ogromne količine energije ($3,86 \cdot 10^{20}$ MW). Procjenjuje se da godišnje Sunce na Zemlju šalje 25 puta više energije nego što iznose rezerve svih fosilnih goriva na Zemlji.



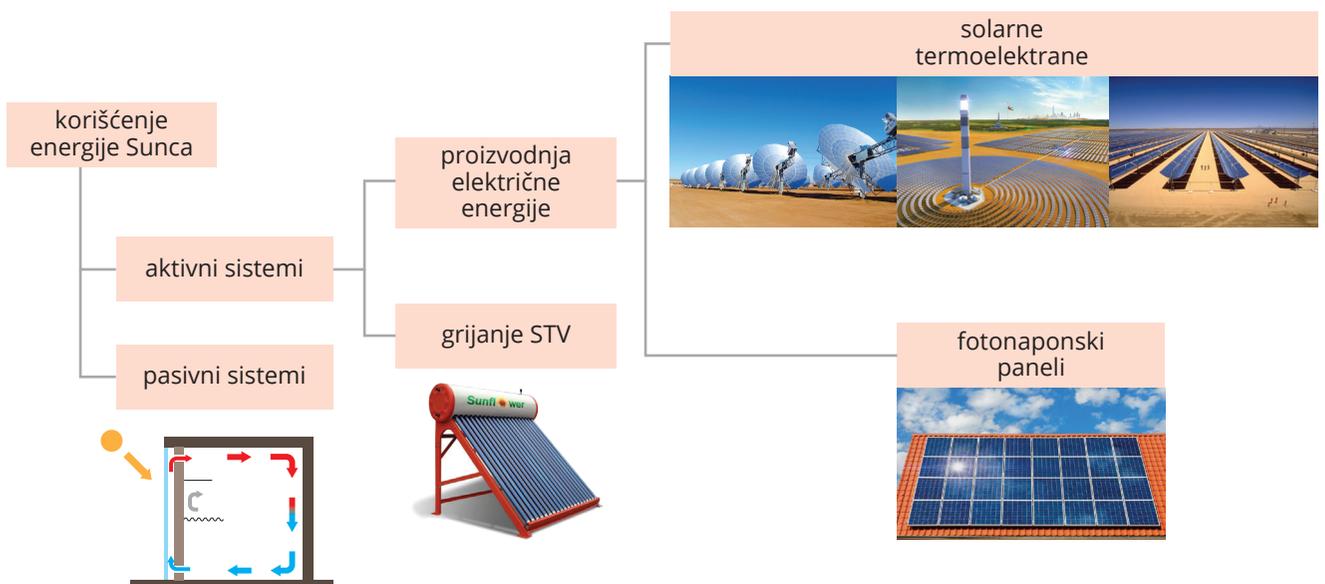
Količina Sunčeve energije koja dolazi do Zemljine površine dvostruko je veća od ukupne energije koju će čovječanstvo ikada dobiti iz svih neobnovljivih izvora: uglja, nafte, prirodnog gasa i iskopanog urana zajedno.



Slika 2.26. Efekti direktnog Sunčevog zračenja

Postoje mnogobrojni načini za korišćenje ogromne energije direktnog Sunčevog zračenja na Zemlji. Većina njih se može svrstati u dvije osnovne kategorije (slika 2.27):

- 1) Pasivni sistemi, koji se najčešće koriste u stambenim, poslovnim i servisnim prostorima. Principi pasivne primjene solarne energije zasni-vaju se na tzv. *pametnom dizajnu*, gdje svi građevinski elementi imaju dobru izolaciju, prozori su s dobrim energetske performansama, povećana je eksploatacija dobitaka od Sunca tokom zimskog perioda, adekvatnije zasjenčavanje i ventilacija tokom ljetnjeg perioda i sl. Zahvaljujući razvoju tehnologije, ovi sistemi omogućavaju da se akumulira veća količina solarne energije kroz prozore, zidove, krovove itd. bez potrebe za korišćenjem dodatnih uređaja.
- 2) Aktivni sistemi, koji se koriste ili za grijanje sanitarne tople vode (STV) ili za proizvodnju električne energije (u solarnim termoelektranama ili elektranama koje koriste fotonaponski efekat – PV ćelije). Oni u prvi plan stavljaju instalacionu opremu.



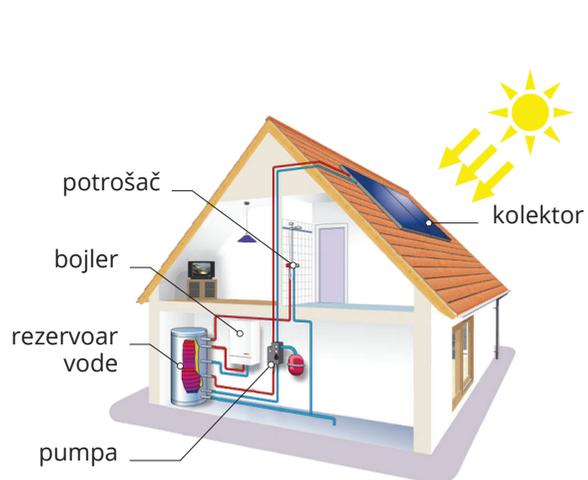
Slika 2.27. Načini korišćenja energije Sunca

I pored postojanja više različitih načina korišćenja Sunčevog zračenja, najčešće se, u zavisnosti od tehnološkog postupka pretvaranja, oni mogu podijeliti u dvije osnovne velike grupe:

- direktno pretvaranje energije Sunčevog zračenja u toplotnu energiju, koja se kasnije koristi za dobijanje električne energije (osnovni princip rada termoelektrana);
- direktno (neposredno) pretvaranje energije Sunčevog zračenja u električnu energiju korišćenjem fotonaponskog efekta, odnosno solarnih fotonaponskih (PV) ćelija.

Osnovni princip rada solarne termalne konverzije korišćenjem solarnih kolektora prikazan je na slici 2.28. Sunčeva energija se u kolektorima predaje vodi. Zagrijana voda odlazi u rezervoar, koji ima vezu i s bojlerom i/ili s kotlom koji ga dopunjavaju toplom vodom kada nema Sunca. Ovako dobijena topla voda koristi se za različite potrebe domaćinstava.

Postoje dva glavna tipa vještačkih sakupljača Sunčeve energije: pomoću ravnih kolektora i pomoću paraboličnih ogledala/koncentratora u kojima se energija Sunčevog zračenja koncentriše u jednu tačku/žihu, u kojoj se nalazi centralni prijemnik/rezervoar vode.



Slika 2.28. Princip solarne termalne konverzije

Princip rada i izgled izvedene solarne termalne elektrane koja koristi direktno pretvaranje energije Sunčevog zračenja u toplotnu energiju prikazani su na slici 2.29. Energija Sunčevog zračenja sakuplja se pomoću pokretnih ogledala (**heliostata**) u parni generator / centralni

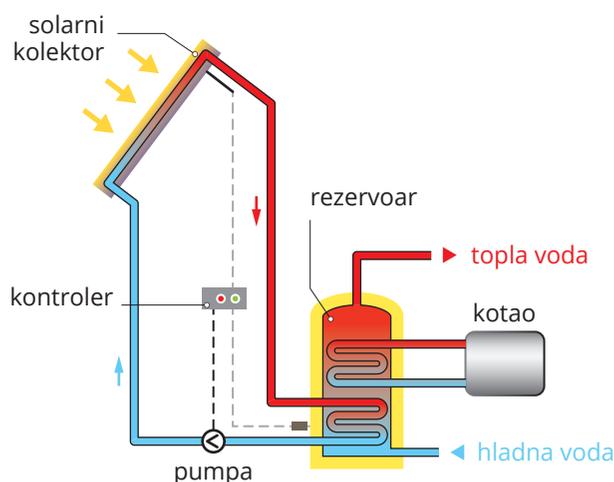


Prvi solarni zagrijači vode pominju se još u 19. vijeku, kada je za te svrhe korišćeno metalno bure, izloženo direktnom zračenju Sunca, obojeno crnom bojom da bi apsorbavalo maksimalnu moguću energiju Sunčevog zračenja.

Prvi komercijalni solarni zagrijač vode patentirao je Clarence Kemp (1891) u Baltimoru (SAD). Prvo zagrijavanje kuće energijom akumulisanom solarnim zagrijačima vode smještenim na krovu kuće zabilježeno je 1896. godine u Kaliforniji (SAD).



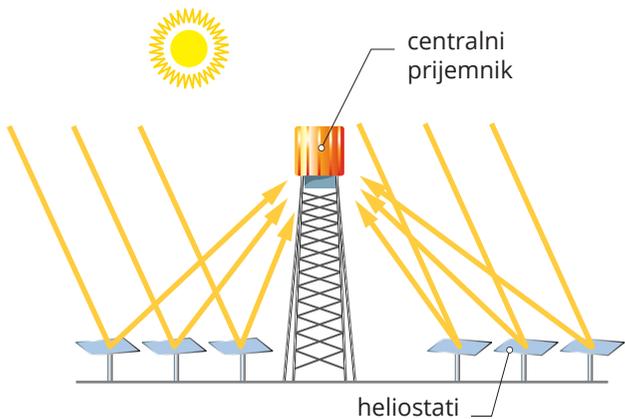
Zbog relativno malog stepena iskorišćenja, za oba načina je karakteristična potreba za velikim površinama izloženim Suncu ukoliko se želi dobiti značajnija količina sakupljene energije. Na primjer, u područjima koja primaju velike količine energije Sunca velika površina solarnog kolektora, kao osnova garaže za dva automobila, neophodna je za sakupljanje energije svakodnevno potrebne jednoj osobi tokom dana. U područjima s manjom količinom Sunčevog zračenja neophodne površine su znatno veće.



heliostati

uređaji/ogledala koji prikupljaju energiju Sunca, prateći njegovu putanju, i koncentrišu je u jednu tačku/žihu ogledala, gdje se dobija temperatura od nekoliko stotina do nekoliko hiljada °C koja se koristi za zagrijavanje vode i dobijanje potrebne pare.

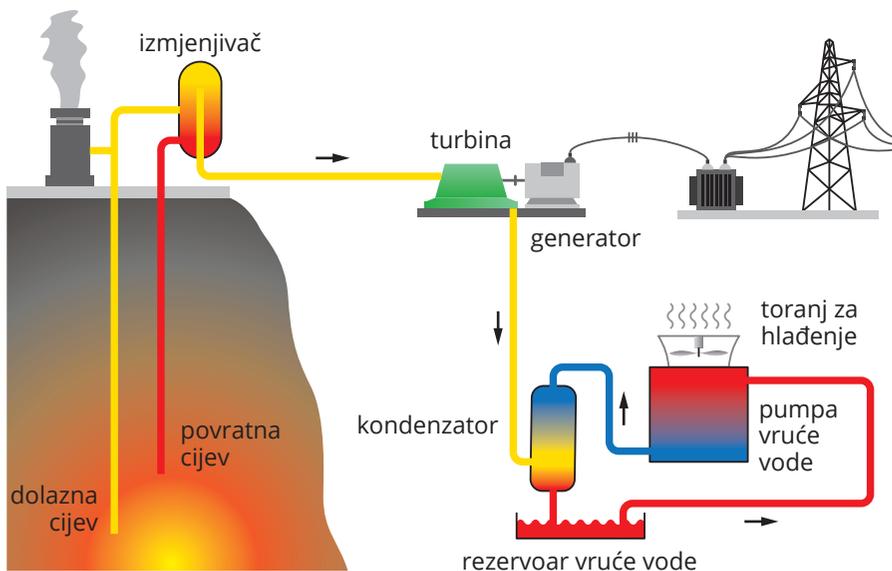
prijemnik na prijemnom tornju, gdje se predaje vodi, koja se pretvara u paru potrebnu za pokretanje turbine. Parna turbina pokreće generator u kome se proizvodi električna energija.



Slika 2.29. Princip rada i izgled izvedene solarne termalne elektrane

2.3.3.5. Geotermalne elektrane

Geotermalna elektrana je tip termoelektrane kod koje se para potrebna za proizvodnju električne energije crpi direktno iz unutrašnjosti Zemlje. Dalji postupak s parom isti je kao kod konvencionalne termoelektrane: para se dovodi do parne turbine, koja pokreće rotor električnog generatora koji proizvodi električnu energiju. Nakon turbine, para odlazi u kondenzatorsko postrojenje gdje se kondenzuje, da bi se tako dobijena voda vratila nazad u geotermalni izvor ili okolinu. Princip rada geotermalne elektrane prikazan je na slici 2.30.



Slika 2.30. Princip rada geotermalne elektrane

Geotermalna energija predstavlja toplotnu energiju akumulisanu u fluidima i stijenskim masama Zemljine kore, procesima koji su vladali za vrijeme stvaranja Zemlje, kao i procesima koji su se odvijali, a i danas se odvijaju, u unutrašnjosti Zemlje.



Istorijat korišćenja geotermalne energije je veoma star. Još su antički narodi koristili geotermalne izvore za kupanje i grijanje, kao i u medicinske svrhe. Iako se geotermalna energija na ovaj način koristila vjekovima, prva upotreba geotermalne energije u industriji dogodila se tek u 18. vijeku, a prvi pokušaj proizvodnje električne energije iz geotermalne energije zabilježen je tek u 20. vijeku.

Temperatura zemljine unutrašnjosti raste s dubinom. Na dubini od 80 do 100 km temperatura stijena iznosi od 600 do 1200 °C. Toplota neprestano struji od izvora u Zemljinoj unutrašnjosti prema površini. Geotermalna energija predstavlja praktično neiscrpan energetski izvor.

Na slici 2.31 predstavljeno je više različitih geotermalnih izvora i izgled jedne izvedene geotermalne elektrane u toku rada.



Slika 2.31. Geotermalni izvori i geotermalna elektrana u pogonu

I pored velike količine raspoložive energije (praktično neiscrpan izvor energije), relativno niskih proizvodnih troškova, zanemarive štetne emisije u okolinu i prednosti njenog korišćenja, geotermalna energija još nema univerzalni značaj, jer je njena primjena vezana za mali broj povoljnih lokaliteta, brojne tehničke probleme i visoku cijenu izgradnje.

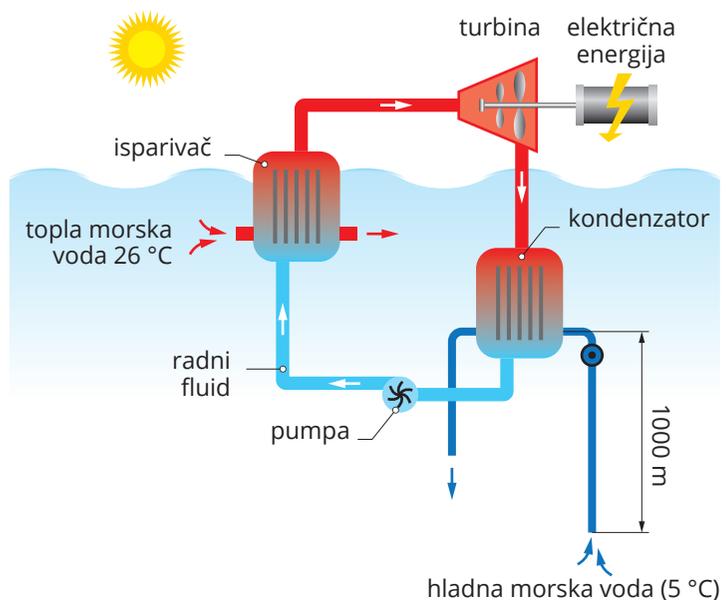
Zbog prisustva velike količine gasova i raznih agresivnih hemijskih supstanci, u geotermalnim fluidima se javljaju problemi korozije, erozije i taloženja hemijskih spojeva, što dovodi do propadanja cjevovoda i turbine, kao i do znatnog skraćivanja radnog vijeka i efikasnosti postrojenja. Efikasna zaštita od ovih uticaja znatno povećava cijenu dobijene energije, a samim tim i smanjuje konkurentnost korišćenja ove energije.

2.3.3.6. Elektrane koje koriste toplotnu energiju mora i okeana



Okeani i mora pokrivaju Zemljinu površinu više od 70%, što ih čini najvećim svjetskim solarnim kolektorom ali, istovremeno, i sistemom za skladištenje energije. Voda u morima i okeanima, zavisno od dubine, ima različitu temperaturu, gustinu i sadržaj toplote u jedinici zapremine. Oko ekvatora za nekoliko stotina metara razlike temperature između površine i dubine mogu iznositi i do 25 °C. Svakog dana više od 60 miliona kvadratnih kilometara tropskih mora upija značajnu količinu solarne radijacije, što predstavlja ogroman energetski potencijal. U tropima ove elektrane mogu raditi 24 časa dnevno svih 365 dana u godini.

Princip rada ovih elektrana je veoma jednostavan (slika 2.32). Topla voda s površine dovodi se u prostor s velikim vakuumom, gdje isparava ili se njena energija predaje lako isparljivom radnom tijelu. Radno tijelo (para) odvodi se u parnu turbinu, gdje ekspandira, tj. energija mu se koristi za pokretanje turbine, na čijem je vratilu generator koji proizvodi električnu energiju. Kondenzator turbine se hladi hladnom vodom dovedenom iz dubine. Na ovaj način se koristi razlika temperature vode na površini i na određenoj dubini.



Slika 2.32. Osnovni princip rada termoelektrane po OTEC postupku

Smatra se da su OTEC elektrane tehnički i ekonomski danas ostvarljive i da one mogu biti ne samo izvor električne energije već i postrojenje za proizvodnju sintetičkih goriva i vodonika. Međutim, ove elektrane se mogu koristiti samo na malom broju lokacija koje zadovoljavaju neophodne uslove (velika temperaturna razlika, strme obale, dovoljna dubina i sl.).

Osnovne prednosti elektrana sa OTEC postupkom jesu:

- u njima se proizvodi čista obnovljiva energija
- nema štetnih efekata uslovljenih sagorijevanjem goriva i proizvodnjom gasova staklene bašte
- nema zagađivanja okoline otpadnim materijama
- omogućava se smanjenje zavisnosti od neposjedovanja pogonskih goriva (prije svega nafte)
- omogućava se kod postrojenja s otvorenim ciklusom dobijanje pitke vode iz vode mora i okeana
- omogućava se dobijanje drugih goriva, kao što je vodonik
- otpadne vode iz ovih postrojenja mogu biti iskorišćene u raznim poljoprivrednim procesima, za rashlađivanje ili klimatizaciju prostora...

Najveći problemi OTEC elektrana jesu njihova veoma mala efikasnost i visoka cijena. Naime, kako ove elektrane koriste relativno male razlike



U svijetu je iskorišćavanje ovog tipa energije poznato kao OTEC postupak (*Ocean Thermal Energy Conversion*). Koncept zatvorenog ciklusa OTEC sistema prvi je izložio francuski naučnik Žak Arsen D'Arsonval (Jacques-Arsène d'Arsonval), 1881. godine. Od tada pa do danas mnoge zemlje (Japan, SAD, UK, Holandija, Indija, Francuska...) uložile su značajna sredstva u izučavanje i istraživanje mogućnosti i izradu prototipova i proizvodnih postrojenja.

između svog toplog i hladnog fluida, prema zakonima fizike, one imaju veoma mali stepen efikasnosti, obično samo nekoliko procenata. Iz tog razloga, OTEC elektrane moraju raditi veoma naporno (pumpati ogromne količine vode) kako bi proizvele čak i skromne količine električne energije.

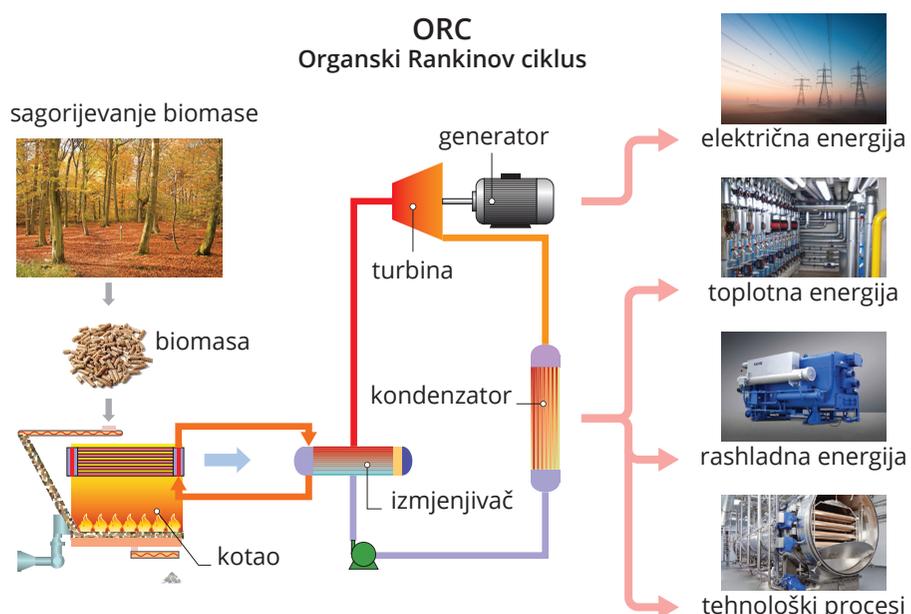
2.3.3.7. Elektrane na biomasu i otpad

Elektrane na biomasu i otpad su termoelektrane u kojima se umjesto konvencionalnih goriva (nafte, uglja i gasa) spaljuje biomasa i otpad, koji se nalaze u kategoriji obnovljivih izvora energije. Kao i u svakom termoenergetskom postrojenju, u elektranama na biomasu i otpad nalaze se četiri glavna dijela: kotao, turbina, kondenzatorsko postrojenje i pumpe.

Biomasa se smatra obnovljivim izvorom energije, koji predstavlja živu ili donedavno živu materiju biljnog ili životinjskog porijekla koja se može koristiti kao gorivo ili za industrijsku proizvodnju. Biomasa je nastala prirodnom transformacijom, fotosintezom Sunčevog zračenja kojom se neživa materija zemlje, vazduha i vode transformiše u živu materiju biljaka i drveća.

Biomasa je primarni izvor energije, i čovjek ju je koristio za gorivo otkad je ovladao vatrom. Kada se biomasa koristi za dobijanje električne energije i toplote, sagorijeva velika količina biomase koja nema homogena svojstva po cijelom volumenu, ili ima manju homogenost od uglja, nafte i gasa. Zbog toga je tehnologiju izgaranja potrebno prilagoditi specifičnim svojstvima biomase i otpada, koji nijesu tako homogena goriva. Tehnologija izgaranja je važan dio u termoenergetskim postrojenjima jer je izvor korisne energije u vidu toplote.

Jedan od mogućih načina korišćenja biomase za dobijanje različitih korisnih oblika energije dat je na slici 2.33, na kojoj su prikazani i osnovni dijelovi ovih termoelektrana.



Slika 2.33. Primjer energetskog korišćenja biomase

Da bi se povećao relativno mali stepen iskorišćenja biomase, koriste se kogeneracijska postrojenja na biomasu. Toplotu koju dobije izgaranjem, kogeneracijsko postrojenje na biomasu koristi na dva načina – za dobijanje rada i za dobijanje toplote.

I pored značajnih prednosti, neophodno je ukazati i na postojanje određenih nedostataka koji se javljaju pri različitim načinima energetske korišćenja biomase:

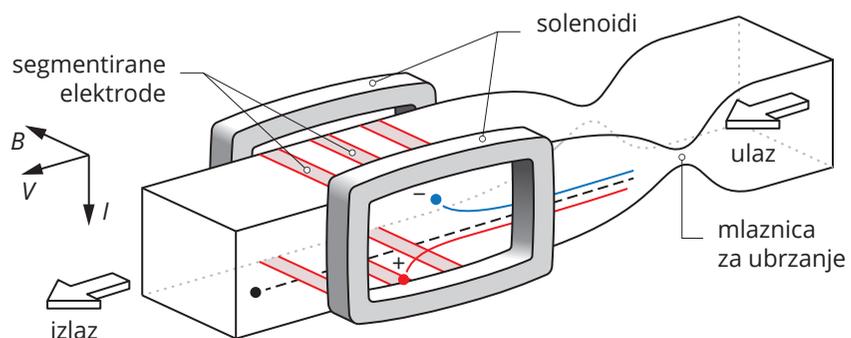
- mala gustina
- heterogenost sastava
- potrebne velike površine za obnovu utrošene biomase
- vremenska promjenljivost sastava i količinska raspoloživost
- uticaj na okolinu
- velike investicije u potrebne objekte i opremu
- relativno mala snaga jedinica
- najčešće korišćenje poljoprivrednog zemljišta za proizvodnju goriva
- kao i problemi u vezi s prikupljanjem, transportom i skladištenjem biomase.

2.3.3.8. Magnetno-hidroinamički generatori

Magnetno-hidroinamički generator (MHDG) jeste generator koji djelovanjem magnetnog polja pretvara dio unutrašnje toplotne energije radnog tijela (koje mora biti u stanju plazme) u električnu energiju.

Razlikuje se od klasičnih generatora po tome što nema pokretnih dijelova i radi na visokim temperaturama. Velika je prednost ovakvih vrsta generatora u tome što se njihovi topli izduvni gasovi mogu koristiti za dalje energetske procese (praktično rade kao kogeneracijska postrojenja).

Kod MHDG, koji radi na principu elektromagnetske indukcije, ulogu provodnika igra visokojonizovani zagrijani gas (plazma), koji se proizvodi u komori za sagorijevanje. Na slici 2.34 prikazani su osnovni elementi MHDG, strujanje plazme i princip rada.



Slika 2.34. Osnovni dijelovi MHDG



Osnovni princip rada poznat je još od Majkla Faradeja, koji je otkrio da se na krajevima provodnika koji presijeca magnetne linije polja javlja potencijalna razlika. Ako se ti krajevi spoje, kroz provodnik će proteći električna struja, koja može dalje da se koristi. Ovaj princip važi bez obzira na to da li je provodnik od čvrstog (metal, poluprovodnik i sl.), tečnog (tečni metali, elektrolit i sl.) ili gasovitog materijala (najčešće plazma).

U komori se gas, kome se, da bi se pretvorio u plazmu, dodaju alkalni metali (npr. cezijum, kalijum i sl.), zagrijava do visokih temperatura (reda veličine 2200–2900 °K). Ovako zagrijana plazma, usmjerena provodnim kanalom (mlaznica za ubrzanje), struji velikom brzinom (nekoliko hiljada m/s) između polova jakog magneta (solenoid), presijecajući linije magnetnog polja. Kao posljedica toga, među elektrodama, postavljenim u struji elektrona, dolazi do pojave razlike potencijala, odnosno: kroz kolo u kome se nalaze potrošači proteći će električna struja.

Osnovne karakteristike ovog uređaja jesu njegova relativna jednostavnost i nepostojanje obrtnih djelova. Temperatura plazme mora biti veoma visoka (viša od 2000 °C) i obično je limitirana karakteristikama materijala koji je u dodiru sa njom.

Budući da se u MHDG iskorišćava samo manji dio razlike temperature (područje u kojem dolazi do jonizacije), stepen iskorišćenja ovih postrojenja nije velik (obično do 20%). Međutim, ako se izlazni gasovi iz MHDG, koji su na izlazu još uvijek s veoma visokom temperaturom, u daljem postupku iskoristite u klasičnom konvencionalnom načinu dobijanja električne energije, npr. u parnoj turbini, stepen iskorišćenja u takvoj kombinaciji MHDG i parne termoelektrane može biti između 55 i 60%. Istraživanja su pokazala da se stepen iskorišćenja može povećati i na 65 do 70% ukoliko se koristi trostruki ciklus pretvaranja, odnosno u sistemu u kome jednovremeno rade MHDG, gasna i parna turbina.

2.3.3.9. Nuklearne elektrane (fuzija)



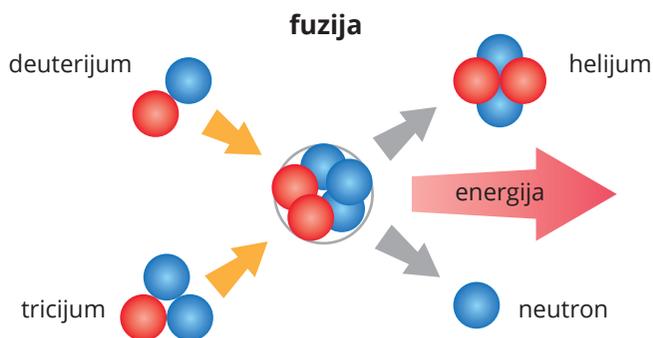
Nuklearna fuzija predstavlja termonuklearnu reakciju sinteze – spajanja lakih atomskih jezgara u nešto teže, koja se dešava pri vrlo visokim temperaturama, pri čemu se oslobađa velika količina energije.

Ova reakcija se može uporediti s procesom sagorijevanja koji predstavlja proces hemijskog spajanja slabije vezanih atoma ili molekula u hemijski jače vezane.

Reakcija nuklearne fuzije je neprekidni nuklearni proces koji se stalno dešava na Suncu. To je u stvari sinteza helijuma i vodonika koja neprekidno održava temperaturu Sunca, i predstavlja energetske izvor Sunčevog zračenja.

Gorivo nuklearne fuzijske elektrane jesu izotopi vodonika – deuterij i tricijum, koji se nalaze u vodi. Radi se, dakle, o praktično neograničenom izvoru energije. Fuzijska reakcija deuterij – tricijum (D–T) smatra se najboljom reakcijom za dobijanje energije fuzije (slika 2.35).

Da bi započela reakcija nuklearne fuzije (spajanje čestica), neophodno je jezgra atoma dovesti na dovoljno malo rastojanje (manje od prečnika atoma), pri čemu je, pošto su jezgra atoma pozitivno naelektrisana, potrebno savladati velike odbojne elektrostatičke sile.



Slika 2.35. Reakcija nuklearne fuzije

U principu, postoje dva osnovna načina pomoću kojih je moguće ostvariti navedeni proces:

- ubrzanjem čestica pomoću akceleratora/ubrivača ili
- stvaranjem veoma visokih temperatura (viših od 10 miliona stepeni) na kojima jezgra posjeduju veoma visoku energiju toplotnog kretanja (brzine).

Osnovni problemi za realizaciju ove reakcije jesu:

- zagrijavanje gasova (plazme) do neophodne, veoma visoke temperature
- njena izolacija od okruženja
- dovoljno dugo održavanje u stanju potrebnom da se reakcija izvrši.

Na Zemlji se nalaze velike količine materija (koje se uglavnom mogu dobiti iz vode) koje se mogu koristiti kao *gorivo* u ovom procesu (deuterijum, tricijum i sl.). Stoga se može pretpostaviti da će se, kada se riješe navedeni problemi, na ovaj način moći dobiti velike količine potrebne energije koje će u budućnosti zamijeniti klasične, danas korišćene, izvore energije.

2.3.3.10. Fotonaponske solarne elektrane

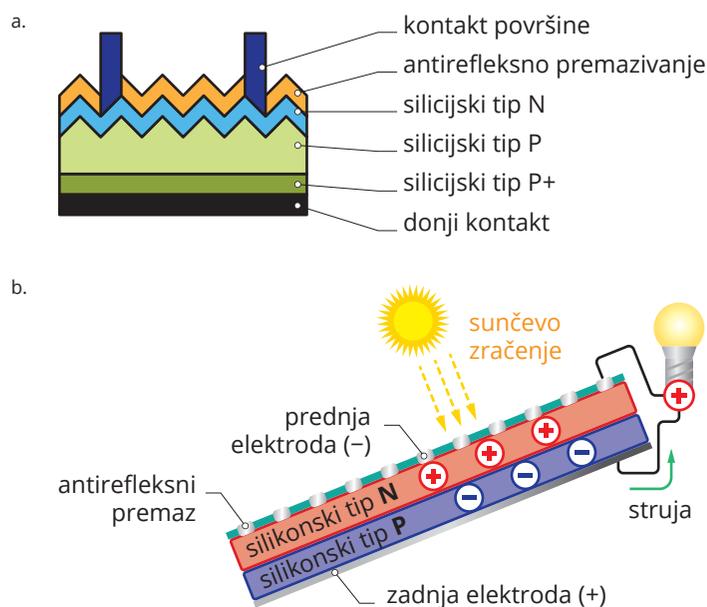
Fotonaponske solarne elektrane koriste direktno (neposredno) pretvaranje energije Sunčevog zračenja u električnu energiju putem fotonaponskog efekta, odnosno solarnih fotonaponskih (*PhotoVoltaic*) ćelija.



Još 1876. godine istraživački tim s Vilijamom G. Adamsom (William G. Adamsom) na čelu otkrio je da električna struja može proteći kroz selenijum ako se on izloži dejstvu svjetlosti, pokazujući da čvrsti materijali mogu pretvoriti svjetlost u elektricitet i bez zagrijavanja ili pokretnih djelova. Tek 1953. godine u Belovim laboratorijama (Bell Labs – SAD) napravljena je mnogo efikasnija silikonska solarna ćelija, sposobna da pretvori Sunčevu energiju u količinu električne energije dovoljnu da pokrene pojedine električne uređaje. Osnovni nedostatak za veće korišćenje silikonskih solarnih ćelija bio je njihova visoka cijena, jer je 1956. ćelija od jednog vata koštala oko 300 američkih dolara. Stoga je u početku njeno korišćenje bilo ograničeno uglavnom na istraživanja svemira i u vojne svrhe, gdje cijena nije bila primarna.

Fotonaponski efekat je emisija elektrona (fotoelektrona) ili drugih slobodnih nosilaca koja se dešava pri osvjetljenju određenog materijala svjetlošću. Prema teoriji elektromagnetizma, ovaj efekat se može pripisati prenosu energije sa svjetlosti na elektron. Osnovu fotonaponskog efekta čini svojstvo poluprovodnika da mogu direktno pretvarati svjetlost u električnu energiju, pobuđivanjem i pokretanjem elektrona određenih materijala usljed dejstva svjetlosti određene energije na njih.

Poprečni presjek silicijumske solarne ćelije (a) i šema fotonaponskog efekta (b) prikazani su na slici 2.36.



Slika 2.36. Struktura fotonaponske ćelije i šema fotonaponskog efekta

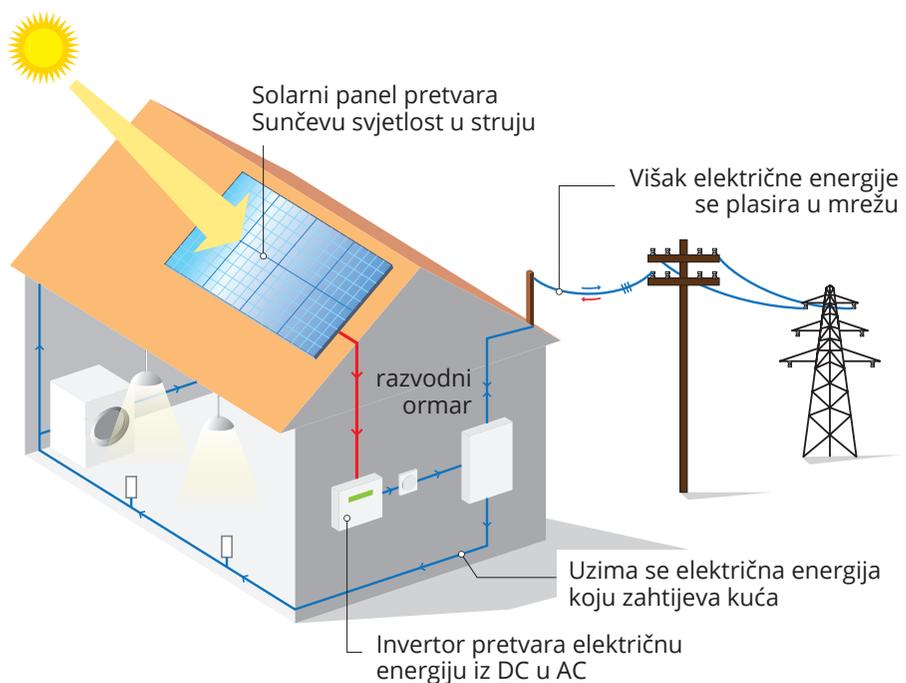
Pri osvjetljavanju fotonaponske ćelije Sunčevom svjetlošću, ona u formi fotona razdvoji parove elektrona i praznih mjesta (šupljina). Ako se ovo desi dovoljno blizu električnog polja, ono će poslati elektron na N stranu, a šupljinu na P stranu. Usljed toga se na krajevima PV ćelije javlja elektromotorna sila, utoliko veća što je osvjetljaj jači. U ovom slučaju energija Sunčevih zraka se direktno pretvara u električnu energiju.



Koeficijent efikasnosti PV ćelija još uvijek je relativno mali. On se na tržištu kreće od 12 do 19%. U laboratorijskim uslovima ide i preko 30%, u zavisnosti od materijala od koga su ćelije napravljene i tehnologije izrade. Prema trenutnim istraživanjima, ovaj koeficijent može ići i do 50%.

Primjer izvedenih instalacija male PV elektrane koja podmiruje potrebe jednog ili više domaćinstava, a u slučaju postojanja viškova predaje ih distributivnoj mreži, dat je na slici 2.37.

(DC – *direct current* – jednosmjerna struja; AC – *alternating current* – naizmjenična struja).



Slika 2.37. Mala solarna PV elektrana s uređajima za priključenje na mrežu



Primjeri izvedenih većih fotonaponskih elektrana, koje koriste direktno pretvaranje energije Sunčevog zračenja u električnu energiju korišćenjem PV ćelija, dati su na slici 2.38.



Slika 2.38. Primjeri izvedenih fotonaponskih elektrana

Osnovni problemi za značajnije korišćenje Sunčeve energije u dobijanju električne energije jesu:

- relativno mala gustina (koncentracija) Sunčevog zračenja po jedinici površine
- raspoloživost ove energije samo u jednom (vidljivom) dijelu dana;
- nizak stepen efikasnosti
- oscilacije, neravnomjernost i nepostojanost zračenja u toku dana, mjeseca i godine
- velika zavisnost od atmosferskih uslova (stanja oblačnosti, nevremena...)
- trenutno još visoka proizvodna cijena potrebnih uređaja, opreme i instalacija
- uticaj proizvodnje, transporta i instalacija djelova/elemenata i komponenti na okolinu

- relativno mala snaga sistema
- zagađenje okoline/vazduha utiče na smanjenje efikasnosti panela i kolektora
- nepostojanje ili nedovoljna potrebna regulativa za izgradnju i korišćenje ovih objekata...

Jedan od većih problema u vezi s ovim elektranama (kao i većinom nekonvencionalnih – distribuiranih elektrana) jeste njihovo priključenje na elektroenergetsku mrežu i potreba postojanja većeg broja pomoćnih uređaja i opreme.



Solarni PV instalisani kapacitet u svijetu raste s veoma visokom godišnjom stopom. Ukupni instalisani PV kapacitet na kraju 2019. godine širom svijeta iznosio je najmanje 627 GW. Kina nastavlja da predvodi s kapacitetom od 204,7 GW, slijede EU (131,3 GW), SAD (75,9 GW), Japan (63,0 GW) i Indija (42,8 GW). U Evropskoj uniji prednjači Njemačka sa 49,2 GW, a slijede je Italija (20,8 GW) i UK (13,3 GW). Sve ostale zemlje su ispod vrijednosti 10 GW.



Posmatrajući globalne instalisane kapacitete, solarni PV energetske izvori su danas, poslije hidroenergije i energije vjetra, treći najvažniji obnovljivi energetske izvor.

Intenzivna istraživanja dovela su do značajnog smanjenja cijene i stepena efikasnosti ovih ćelija i sistema, čime je i njihova primjena porasla, prije svega u pomorstvu (npr. svjetionici), željezničkom i putničkom saobraćaju (skretnice, ukrštanja, svjetla za upozorenje, semafori...), telekomunikacijama (repetitori, antene...), elektrifikaciji udaljenih naselja i vikend-naselja, kao i udaljenih individualnih kuća, svjetionika, solarne pumpe za vodu, u turizmu...

2.3.3.11. Vjetroelektrane

Vjetar se najjednostavnije može opisati kao strujanje vazdušnih masa koje nastaje usljed razlike temperatura odnosno pritisaka na površini Zemlje.



Usljed neravnomjernog zagrijavanja Zemljine površine dolazi do zagrijavanja vazdušnih masa. Topli vazduh se uzdiže na desetak kilometara u ekvatorijalnom pojasu, pa se usmjerava prema polovima i zakreće pod uticajem Zemljine rotacije, odnosno **Koriolisove sile**. Hladni vazduh popunjava nastale praznine i na taj način prouzrokuje kretanje vazduha, tj. stalne vjetrove.

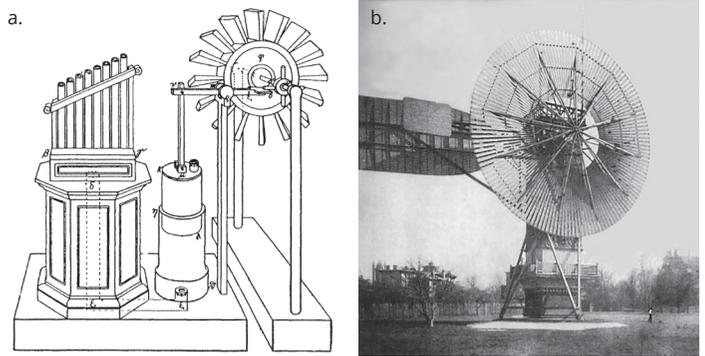
Koriolisova sila

inercijska sila koja djeluje na sve čestice u rotirajućim sistemima kada se kreću pod nekim uglom u odnosu na rotacijsku osu sistema; normalna je na brzinu kretanja i na rotacijsku osu.

I vjetar je, kao i značajan broj ostalih raspoloživih energetskih izvora, posljedica dejstva Sunca na Zemlju, i spada u obnovljive izvore energije.



Vjetar se kao energetska izvor koristio još od davnina. Kao prva primjena pomnije se Heronova vjetrenjača iz 1. vijeka nove ere, koja se koristila za pogon orgulja (slika 2.39.a). Prvi automatizovani vjetroagregat s namjenom proizvodnje električne energije (12 kW) izgradio je Čarls F. Braš (Charles F. Brush – SAD) 1888. godine (slika 2.39.b). Zbog mnogobrojnih pogodnosti vjetar je veoma brzo pronalazio primjenu u velikom broju ljudskih aktivnosti.



Slika 2.39.a. Heronova vjetrenjača (1. vijek nove ere), b. Brašova (Brush) vjetrenjača (1888)

Energija iz vjetra se koristi konverzijom iste u korisni oblik energije koji može biti:

- korišćenje vjetroagregata za proizvodnju električne energije
- korišćenje mlinova na vjetar za proizvodnju mehaničke snage
- korišćenje pumpe na vjetar za pumpanje vode
- korišćenje jedara za pogon brodova i sl.

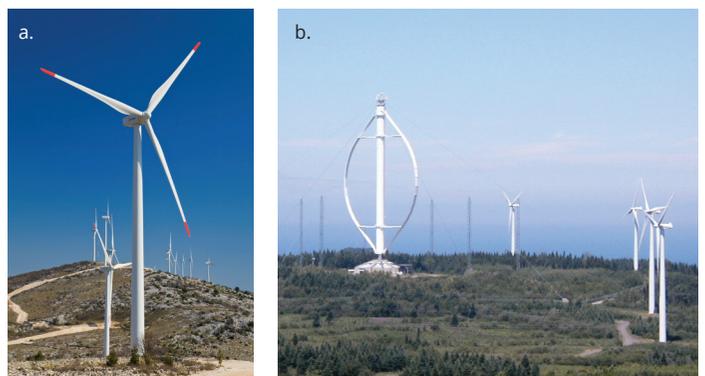
Postupak korišćenja energije vjetra za dobijanje električne energije je relativno jednostavan i odavno dobro poznat. Vjetar se dovodi u turbine u kojima se vrši konverzija njegove kinetičke energije u mehaničku energiju, kojom se okreće rotor turbine i sa njim kuplovani rotor generatora u kome se proizvodi električna energija.

Postrojenja za korišćenje energije vjetra obično se sastoje iz dva osnovna dijela:

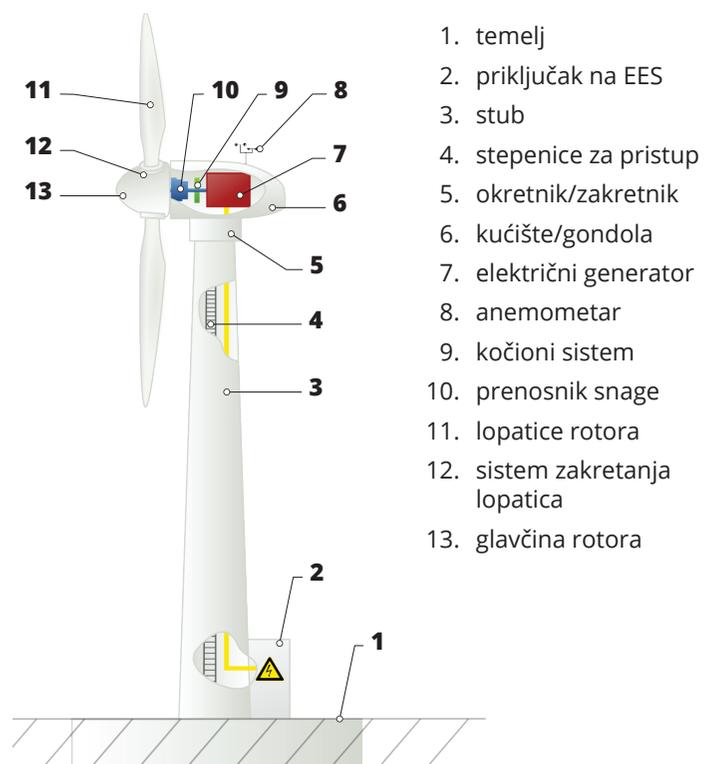
- tornja, na kome se nalazi rotaciono kolo (lopatice/elisa), i
- pokretnog kola, u kome se kinetička energija vjetra pretvara u mehaničku energiju.

Postoji više različitih tipova postrojenja za pretvaranje energije vjetra u električnu energiju. Jedna od mogućih podjela prikazana je na slici 2.40. Po njoj se ova postrojenja dijele na:

- postrojenja koja koriste turbinu na vjetar s horizontalnom osom (*Horizontal Axis Wind Turbines* – HAWT), čiji su glavni dijelovi prikazani na slici 2.41
- postrojenja koja koriste turbinu na vjetar s vertikalnom osom (*Vertical Axis Wind Turbines* – VAWT).



Slika 2.40. Različiti tipovi vjetroelektrana: a. HAWT i b. VAWT



Slika 2.41. Glavni dijelovi vjetroagregata sa horizontalnom osom

Prema mjestu izgradnje (slika 2.42) vjetroelektrane mogu biti izgrađene:

- a) na kopnu (*onshore*)
- b) na moru/okeanu (*offshore*),

a razvijaju se i noviji tipovi, npr. visinske/leteće vjetroelektrane i sl.



Slika 2.42. Vjetroelektrane: a. na kopnu (*onshore*), b. na moru (*offshore*)

Osnovne prednosti dobijanje električne energije korišćenjem vjetra jesu:

- ne troše se fosilna goriva
- ne zagađuje se okolina
- ne proizvode se štetni gasovi staklene bašte
- mogu se smjestiti na neobradivim površinama, morskoj pučini ili poljoprivrednom zemljištu, a prostor između stubova može se i dalje koristiti
- ispod stubova vjetroelektrane mogu se obavljati poljoprivredni, stočarski i slični radovi
- niski pogonski troškovi
- nema otpadnih voda ni otpadne toplote
- radi povećanja ekonomičnosti energetske transformacije, moguća je njihova kombinacija/paralelni pogon, npr. sa solarnim ili gasnim elektranama i sl.



Procenat instalisanja novih kapaciteta i porast ukupnih instaliranih kapaciteta za korišćenje energije vjetra za proizvodnju električne energije raste iz godine u godinu. U 2019. godini ukupni novi instalirani kapaciteti za korišćenje energije vjetra u svijetu iznosili su oko 60 GW, što je porast od 19%.

Kao osnovni **nedostaci** za veće korišćenje energije vjetra mogu se navesti:

- savremene tehnologije su još uvijek u fazi istraživanja i intenzivnog razvoja
- zbog nepostojanja efikasnog načina da se akumulira veća količina energije za periode bez vjetra, vjetroelektrane moraju biti povezane sa EES-om
- nepovoljan uticaj na karakteristike EES-a zbog nestabilnosti proizvodnje
- potreba postojanja paralelnih izvora električne energije (za periode kada nema vjetra)
- niska ukupna iskoristivost (oko 30%)

- niska iskoristivost maksimalne snage (zbog brze i velike promjene parametara vjetra)
- veliki troškovi izrade visokih i stabilnih tornjeva i kvalitetnih elisa;
- visoki troškovi održavanja
- značajni troškovi kvalitetne zaštite visokih tornjeva od atmosferskih pražnjenja
- najčešće znatna udaljenost pogodnih lokacija s vjetrom od mogućih potrošača
- oblik i visina stubova estetski narušavaju prostor
- stvaraju dodatnu buku
- remete kretanja i migracije ptica i životinja i sl.

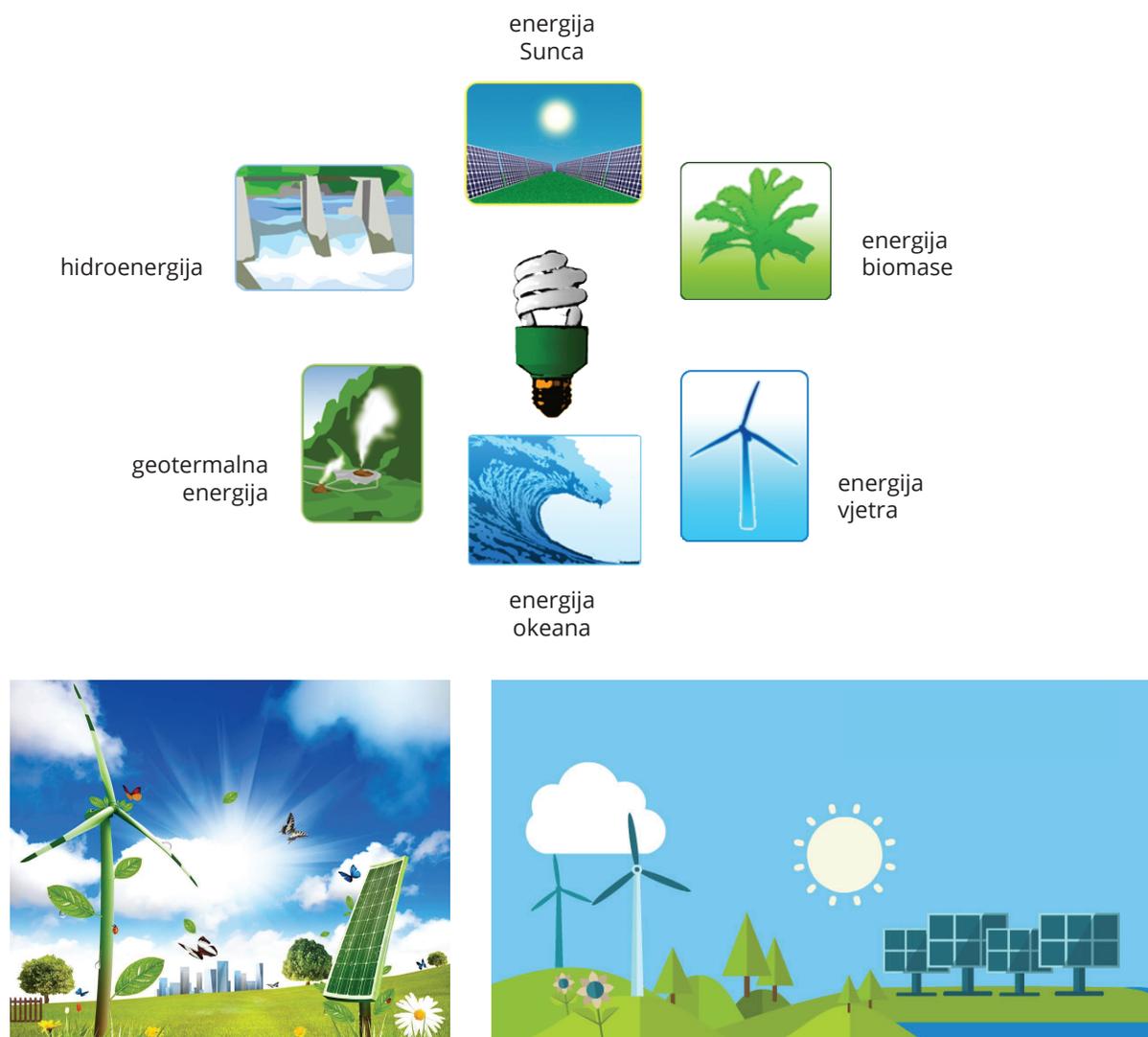


1. Definiši nekonvencionalne izvore električne energije.
2. Nabroj nekonvencionalne izvore električne energije.
3. Objasni princip rada i specifičnosti nekonvencionalnih hidroelektrana.
4. Objasni princip rada i specifičnosti nekonvencionalnih termoelektrana.
5. Objasni princip rada fotonaponskih solarnih elektrana.
6. Kritički procijeni osnovne pozitivne i negativne efekte korišćenja vjetroelektrana.

2.4. Prednosti korišćenja obnovljivih izvora za proizvodnju električne energije

Usljed relativno niske cijene konvencionalnih oblika energije (posebno fosilnih goriva) i brzog porasta potreba za energijom, došlo je gotovo do iscrpljenja pojedinih, najčešće korišćenih oblika energije, ili do zapostavljanja korišćenja određenih oblika energije.

Želeći da prevaziđe i ublaži sve veće probleme izazvane skoro isključivim korišćenjem neobnovljivih izvora energije, čovjek se okrenuo traženju i nalaženju dodatnih mogućnosti u vezi sa sopstvenim energetske rezervama i resursima, njihovom ekonomičnijom i efikasnijom eksploatacijom; radu na poboljšanju postupaka i primjene novih tehnologija (ekonomičnijih, efikasnijih i ekoloških) pri eksploataciji postojećih i budućih nalazišta; štednji, racionalnom trošenju i mogućoj supstituciji raspoloživih oblika energije; kao i sve većoj i efikasnijoj eksploataciji tzv. novih, obnovljivih i neiscrpnih izvora energije (slika 2.43).



Slika 2.43. Obnovljivi izvori energije



Iako se danas novi izvori energije koriste za proizvodnju samo malog dijela ukupne svijetu potrebne energije, zbog mnogobrojnih prednosti njihovog korišćenja ovaj udio bi trebalo znatno uvećati već u bliskoj budućnosti. Neke od njihovih najbitnijih **prednosti**:

- Ovi izvori energije imaju vrlo važnu ulogu u smanjenju emisije ugljen-dioksida (CO₂) u atmosferu, što se veoma potencira u energetskej politici Evropske unije.
- Povećanje udjela obnovljivih izvora energije povećava energetskej održivost sistema jedne zemlje, kao i njenu ekonomsku i državnu nezavisnost. U isto vrijeme pomaže u poboljšanju sigurnosti dostave energije i tako smanjuje zavisnost od uvoza energetskej sirovina, goriva kao i električne energije.
- U dogledno vrijeme se očekuje da će većina obnovljivih izvora energije postati ekonomski konkurentna konvencionalnim izvorima energije.

Takozvani tradicionalni obnovljivi izvori (kao što su velike hidroelektrane i biomasa) koriste se već duže vrijeme. Za njih su poznata tehnološka rješenja za dobijanje energije i njihovo transformisanje u korisne oblike energije. I sa stanovišta ekonomičnosti njihovog korišćenja oni su veoma konkurentni svim drugim danas korišćenim oblicima energije, a u odnosu na neke konvencionalne izvore, imaju i znatne prednosti.

Prema trenutnim istraživanjima i stanju u ovoj oblasti, od tzv. novih obnovljivih izvora energije (energija Sunca, energija vjetra, geotermalna energija, energija plime i oseke, energija talasa i sl.) konverzija energije vjetra i Sunca u korisne oblike energije čini se ekološki najprihvatljivijim rješenjem. Međutim, i kod ovih izvora postoje određeni negativni uticaji na okolinu, koji su najčešće mali i lokalnog su značaja.

Eksploatacija obnovljivih resursa energije u budućnosti će iziskivati odricanje od velikih površina korisnog zemljišta i neminovno će imati negativne posljedice, kao što su loš vizuelni utisak koji ostavljaju polja solarnih panela ili tornjevi vjetroelektrana, šum vjetrenjača, određene količine štetnih emisija kod primjene biomase i geotermalne energije, loš uticaj na ptice i sl.

Veoma je važno istaći da su za korišćenje većine poznatih novih obnovljivih izvora energije poznata i, već postoje, tehnička i tehnološka rješenja. Jedino su u ovom trenutku prilično skupa (a neka i nedovoljno efikasna), pa su i dalje potrebna dodatna istraživanja i velika ulaganja.

Ekonomsku konkurentnost pokazuje nekoliko novih tehnologija, vjetroelektrane (energija vjetra), male hidroelektrane (hidroenergija) i solarni paneli/kolektori (Sunčeva energija). Glavni problem za instalaciju novih postrojenja jeste njihova početna cijena, jer ona podiže cijenu dobijene energije u prvim godinama njene proizvodnje, čak i do nivoa potpune neisplativosti, u odnosu na ostale komercijalno dostupne izvore energije.

Nove tehnologije obnovljivih izvora energije imaju veoma važnu ulogu u smanjenju emisije CO₂ u atmosferu, pa samim tim doprinose smanjenju efekta staklene bašte, ozonskih rupa i globalnog zagrijavanja. Ove tehnologije su relativno čiste i imaju mnogo manji uticaj na okolinu od konvencionalnih energetske tehnologije. Uz dodatne napore i ulaganja u istraživanja, očekuje se njihov brzi napredak, u smislu efikasnosti i smanjenja cijena, pa će samim tim postati i mnogo atraktivnije za širu i masovniju upotrebu.

Za veće korišćenje energije iz obnovljivih izvora veoma je važna razvijena ekološka svijest stanovništva, kao i politička volja za investiranje u postrojenja za proizvodnju tzv. *čiste* ili *zelene* energije.

Što se njihove perspektive tiče, nešto više može se očekivati od masovnijeg korišćenja direktnog Sunčevog zračenja u kolektorima i koncentratorima za grijanje, pripremu tople vode, klimatizaciju i sl. Takođe, obećavajuću perspektivu imaju i fotonaponske ćelije za proizvodnju električne energije, kao i korišćenje energije vjetra, malih vodotoka, biomase i otpada, korišćenje geotermalne energije i toplote okoline primjenom toplotnih pumpi i sl. Nešto više se može očekivati i od nuklearne energije na temelju fuzije, naravno ako se ubrzo prevaziđu postojeći značajni problemi.

Pored ovih, za podmirenje energetske potreba u bliskoj budućnosti može se računati i na dodatne rezultate istraživanja u vezi s gorivim ćelijama i gorivima na bazi vodonika, koja su još u početnoj istraživačkoj fazi, ali s veoma obećavajućim ishodom.



Futuristička vizija proizvodnje električne energije predviđa gigantske solarne module u geostacionarnoj orbiti oko Zemlje. Energija dobijena od svjetlosti Sunca bila bi pretvarana u mikrotalase i antenama usmjeravana ka postrojenjima na tlu u kojima bi se vršila konverzija u električnu energiju. Sunce bi tako obasjavalo solarne kolektore u geostacionarnoj orbiti skoro 24 časa dnevno. Kako bi ovakvi kolektori bili daleko iznad atmosfere, to ne bi bilo gubitaka solarne energije. Ovakvi kolektori bi sakupljali osam puta više svjetlosti nego slični kolektori postavljeni na tlo. Veoma je zanimljiva teorija koja kaže *da bi se proizvela električna energija jednaka proizvodnji pet velikih nuklearni pojedinačne snage od 1000 MW, bilo bi neophodno da se u orbiti sastavi solarni kolektor površine od nekoliko kvadratnih kilometara, težak 5000 tona. Na Zemlji bi bilo potrebno postaviti antenu prečnika osam kilometara koja bi primala emitovane mikrotalase. Manji sistemi mogli bi biti podignuti na izolovanim ostrvima*, ali ekonomska računica ipak sugerise prednosti izgradnje jednog velikog sistema velikog kapaciteta.



Kada se govori o budućnosti većeg korišćenja energije Sunčevog zračenja i energije vjetra, vodeći računa o njihovoj nestalnosti kao energetske resursa, veoma je važno unaprijediti i načine čuvanja/akumuliranja električne energije proizvedene tokom sunčanih perioda i perioda vjetra. Izolovani rezervoari ovu energiju najčešće čuvaju u toploj vodi. Baterije i akumulatori uglavnom služe za akumuliranje viška električne energije proizvedene snagom vjetra ili PV panelima. Zasad su njihovi kapaciteti nedovoljni za veće energetske potrebe. Međutim, veoma ubrzano se radi na usavršavanju i poboljšavanju njihovih kapaciteta.



VJEŽBA: Primjeri primjene električne energije

Cilj zadatka: Nakon obavljene vježbe učenik/učenica će biti sposoban/sposobna da navede i objasni više primjera primjene električne energije za zadovoljenje čovjekovih energetske potrebe.

Nalog: Koristeći stečena znanja, istraži na internetu različite načine primjene električne energije za zadovoljenje čovjekovih energetske potrebe, objasni ih i izvrši njihovu uporednu analizu.

Nastavnik/nastavnica formira grupe. Svakoj od njih daje posebne zadatke: da pregledaju različite sajtove; izdvoje i objasne po nekoliko karakterističnih primjera primjene električne energije; izvrše njihovu analizu. Na osnovu njihove uporedne analize treba izdvojiti i komentarisati prednosti i mane upotrebe električne energije kod svakog od posmatranih primjera (koristiti stečena znanja iz ove oblasti).

Na osnovu rezultata istraživanja grupe prezentuju svoje zaključke i na različitim (analiziranim) primjerima komentarišu prednosti i nedostatke korišćenja električne energije.



1. Navedi prednosti korišćenja obnovljivih izvora za proizvodnju električne energije.
2. Analiziraj tradicionalne i nove obnovljive izvore energije.
3. Kritički procijeni osnovne probleme u korišćenju obnovljivih izvora energije.

3.

Primjena mjera bezbjednosti i zaštite na radu u elektroenergetici

3.1. Uticaj radne sredine na zdravlje i sigurnost ljudi



Pod radnom sredinom se podrazumijeva cjelokupnost materijalnih faktora i društvenih odnosa u kojima ljudi ostvaruju radne i ostale aktivnosti. Materijalni faktori obuhvataju fizičke i tehničke uslove radne sredine, a društveni odnosi predstavljaju odnose između ljudi (njihova povezanost i komunikacija) na radu.

Industrijska, a posebno naučno-tehnološka revolucija, izazvale su krupne promjene u radnoj sredini. Nasuprot ranijoj tzv. *prirodnoj sredini rada*, u postindustrijskoj proizvodnji se formira tzv. *tehnička sredina*, koja je u mnogo čemu različita od prirodne.

Veliki broj hemijskih supstanci je u svakodnevnoj komercijalnoj upotrebi, naročito u poljoprivredi, šumarstvu, hemijskoj, farmaceutskoj i drugim proizvodnim industrijama. Oko hiljadu novih hemikalija pojavi se svake godine. Većina ovih hemikalija nije dovoljno ispitana da bi se vidjeli štetni efekti, a ipak ona je u hrani, vodi, vazduhu, odjeći, u kućama i na radnom mjestu. Kao primjer može poslužiti podatak da industrija SAD proizvodi oko 560 miliona tona opasnog otpada svake godine, što je više od dvije tone po glavi stanovnika.

3.1.1. Osnovni faktori radne sredine

Pod fizičkim uslovima radne sredine podrazumijevaju se svi fizički faktori koji direktno ili indirektno uslovljavaju intenzitet procesa rada ili utiču na radnikovo psiho-fiziološko trošenje/smetnje pri radu. Fizički uslovi radne sredine djeluju:

- na cio čovjekov organizam pri radu i doprinose njegovom jačem ili slabijem trošenju, stresu i iscrpljivanju u procesu rada (vazduh, temperatura, vlažnost i sl.)
- na pojedine organe radnika, a preko njih na njegovo psiho-fiziološko trošenje (osvjetljenje, boje, buka, vibracije, potresi i sl.).



Dolazi do velike koncentracije mašina na određenom zatvorenom prostoru, vrši se proces teničke podjele rada, ostvaruju se ogromne serije proizvodnje, bitno je promijenjen položaj radnika u procesu proizvodnje, ali i njegov odnos prema drugim radnicima i sl. Radni čovjek uspostavlja veze i odnose s tehnikom i drugim ljudima. Sve ovo izaziva brojne posljedice, koje se, po svom karakteru, uglavnom mogu podijeliti u dvije grupe: one koje uslovljavaju fizički i tehnički faktori, i one koje zavise od društvenih odnosa radne sredine.



Sredina u kojoj čovjek živi i radi, na vidljive i nevidljive načine, utiče na njegovo zdravlje. Prema naučnim istraživanjima, 60–90% slučajeva obolijevanja od raka, plućnih, srčanih, neuroloških i bubrežnih bolesti, kao i ginekoloških problema, urođenih mana, pa čak i poremećaja ponašanja, izazvani su uticajima životne sredine. Životna sredina uključuje i ishranu i uslove življenja. Rizici koje izaziva životna sredina čovjeku naročito su se uvećali u posljednje vrijeme. Na nezgode, stres i bolesti koje su ljudi oduvijek imali, savremeno društvo dodalo je otrovne hemikalije i radioaktivne supstance. Tokom proizvodnje, prerade, distribucije, korišćenja i odlaganja u otpad, ove supstance predstavljaju veoma opasan rizik za okolinu i zdravlje ljudi.



Najvažniji fizički uslovi radne sredine jesu klimatski uslovi (vazduh, temperatura, relativna vlažnost, strujanje vazduha, zagađenost...) i uslovi koji djeluju na čovjeka (osvjetljenje, boja, buka, šumovi, prisustvo opasnih materija, jonizujuće zračenje, prisustvo opasnih napona, elektromagnetsko zračenje, rad na visini...). Karakter ovih faktora bitno utiče na kretanje učinka i produktivnosti rada, na radnu sposobnost, stepen zamaranja, povrede na radu i sl.

Klimatski uslovi radne sredine čine fizičke osobine vazduha koji okružuju radnu sredinu. Oni se još nazivaju i mikroklima.

Obaveza je svakog poslodavca da u svojim radnim prostorijama obezbijedi uslove za rad, koji u pogledu mikroklimе odgovaraju propisanim normativima. Mikroklima radne i životne sredine zavisi od čistoće, temperature i vlažnosti vazduha, kao i od brzine njegovog strujanja.

Sastav vazduha u radnoj sredini trebalo bi da odgovara normalnom atmosferskom sastavu (21% kiseonika, 78% azota i oko 1% rijetkih gasova). Odstupanje od ovakvog sastava vazduha predstavlja njegovu zagađenost. Zagađen vazduh u radnim prostorijama izaziva teža akutna ili hronična oboljenja radnika. Zbog toga treba vršiti provjetravanje radnih prostorija, bilo prirodnim putem (otvaranjem vrata i prozora), bilo vještački, pomoću različitih tehničkih sredstava (ventilatori, klima-uređaji i sl.).

Temperatura vazduha u radnom prostoru često ne odgovara normalnoj tjelesnoj temperaturi čovjeka. Radeći, organizam i sam stvara i oslobađa određenu toplotu u okolinu. Pri spoljnoj temperaturi višoj od tjelesne temperature, organizam se prilagođava znojenjem, intenzivirajući proces oslobađanja suvišne toplote. Ako je spoljna temperatura niža od tjelesne, on mora da gubi više toplote nego što je normalno proizvodi. Pri nižim spoljnim temperaturama intenzitet vitalnih organa opada. Zbog toga je potrebno temperaturu radne sredine stalno prilagođavati.

Tamo gdje je to moguće, koristi se i kalorična hrana za niske, odnosno obična voda i razna bezalkoholna pića za visoke temperature i sl. Smatra se da je optimalna temperatura za rad oko 18 stepeni.

Pored navedenih osnovnih faktora radne sredine, za koje se može reći da su opšti i da se manje ili više odnose na skoro svaku radnu sredinu, postoje i ostali faktori radne sredine, koji su uglavnom specifični za određene radne sredine. U njih uglavnom spadaju: osvjetljenje, buka, vibracije, prisustvo opasnih materija, jonizujuće zračenje, prisustvo opasnih napona, elektromagnetsko zračenje, rad na visini i dr. Svi oni, manje ili više, utiču na stvaranje loših uslova za obavljanje planiranih radnih aktivnosti.



1. Definiši radnu sredinu.
2. Nabroj osnovne faktore radne sredine.
3. Objasni fizičke uslove radne sredine.



Na nepovoljne mikroklimatske uslove čovjekov organizam različito reaguje. Uopšteno posmatrajući, visoke i niske temperature smanjuju radnu sposobnost ljudi. Održavanje stalne tjelesne temperature umnogome zavisi od vlažnosti vazduha. Organizam se bori da održi stalnu tjelesnu temperaturu, što ima za posljedicu fiziološki osjećaj umora. Znači, mikroklimatski uslovi rada utiču direktno i indirektno na psihološke i fiziološke funkcije čovjeka, a time i na njegovu produktivnost, odnosno na proizvodni proces u cjelini.



U radnim sredinama u kojima je intenzitet zagađivanja znatno veći, potrebno je instalirati uređaje za klimatizaciju vazduha. Ukoliko kolektivne mjere ne mogu da obezbijede higijenske uslove rada, treba koristiti i individualna zaštitna sredstva kao što su: zaštitne naočare koje štite od aerosolne prašine; gasne maske kojima se specijalnim filterima filtrira vazduh od primjesa industrijske prašine i gasova; aparati s komprimovanim vazduhom i sl.

3.2. Mogući izvori opasnosti od dejstva visokog napona

Iako korišćenje električne energije olakšava život i poboljšava njegov kvalitet, njenim nepravilnim i nepažljivim korišćenjem mogu se izazvati povrede ljudskog organizma, kao i značajna materijalna šteta.

Prilikom rada i korišćenja električnih uređaja, postrojenja i instalacija čovjek je izložen nizu opasnosti od dejstva visokog napona i jakih električnih struja. Primjenom savremenih tehničkih standarda – prilikom projektovanja, izgradnje, održavanja i korišćenja elektroenergetskih objekata i električnih instalacija – moguće je u značajnoj mjeri spriječiti ili ograničiti negativne pojave koje visoki napon i jake električne struje mogu da izazovu.

Da bi se što bolje mogle odrediti i primjenjivati odgovarajuće zaštitne mjere, nužno je dobro upoznati načine povređivanja, tj. načine na koje čovjek dolazi u dodir s djelovima postrojenja pod opasnim naponom.

Trenutak dodira provodnika pod naponom i prvo djelovanje struje koje čovjek osjeti često se naziva **strujni/električni udar**. Izraz strujni udar se odomaćio zbog čovjekove reakcije da poslije dodira predmeta pod naponom nekontrolisano brzo odmiče dio tijela, a često i cijelo tijelo. Strujni udar nastaje kada čovjek tijelom, odnosno dijelom tijela, zatvori strujno kolo dodiranjem dvije tačke koje se nalaze na različitom potencijalu, npr.: fazni provodnik i zemlju, fazni i nulti provodnik, dva fazna provodnika različitih faza i sl. To je samo jedna od mogućih opasnosti koje se javljaju kao posljedica dodira predmeta pod naponom.

Čovjek je izložen opasnosti od strujnog udara ako je u neposrednom kontaktu (dodir) s provodnikom ili ako se nalazi u blizini provodnika pod naponom. Dodir djelova električnih uređaja i instalacija pod naponom može biti:

- direktan i
- indirektan.

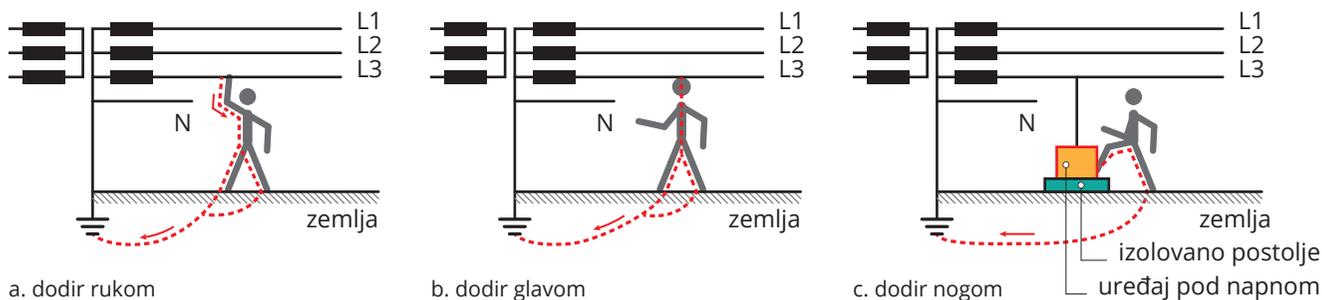
Direktan dodir djelova električnih uređaja i instalacija pod naponom

podrazumijeva svaki direktan dodir osobe s dijelom instalacije/uređaja koji je pod naponom. To može biti u normalnom pogonu – dodir jednog ili više faznih provodnika, ili u havarijskom stanju – kada djelovi uređaja u normalnom pogonu nijesu pod naponom, ali u toku kvara dođu pod napon. Postoje različiti oblici ovog načina dodira:

Direktan dodir jednog faznog provodnika pod naponom jednog električnog sistema.

U praksi se mogu sresti različiti slučajevi. Na slici 3.1.a prikazan je najčešći slučaj, dodir rukom faznog provodnika pod naponom, pri čemu čovjek stoji na neizolovanoj podlozi. Strujni krug se zatvara preko ruke, tijela i nogu. Na slici 3.1.b prikazan je dodir glavom faznog provodnika koji je pod naponom, pri čemu čovjek stoji na zemlji. Strujni krug se zatvara preko glave, tijela i nogu. Na slici 3.1.c prikazan je dodir nogom uređaja pod naponom, pri čemu se druga noga nalazi na neizolovanoj podlozi. Strujni krug se zatvara preko nogu.

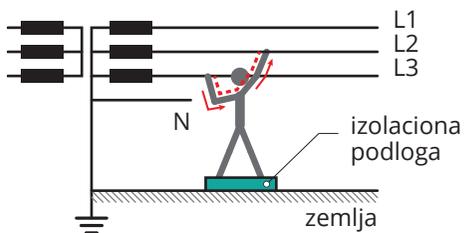
strujni/električni udar povreda izazvana tehničkom električnom strujom ili atmosferskim elektricitetom, najčešće s teškim povredama ili smrtnim ishodom. Strujni udar nastaje kad se cijelo tijelo ili dio tijela uključi u strujni krug.



Slika 3.1. Direktni dodir jednog faznog provodnika pod naponom

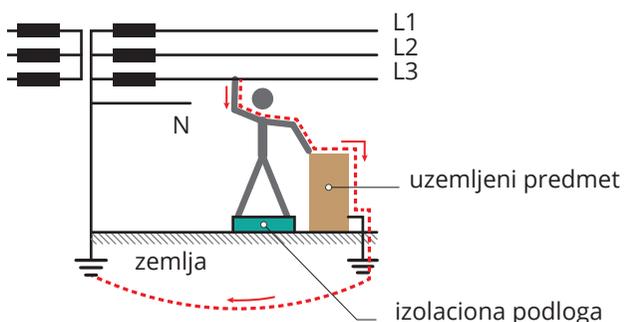
U svim posmatranim slučajevima zatvaranje strujnog kruga prikazano je isprekidanom crvenom linijom.

Direktni dodir dva provodnika pod naponom jednog električnog sistema. Na slici 3.2. prikazano je šta se dešava usljed zatvaranja strujnog kruga dodiranjem dva fazna provodnika pod naponom, pri čemu čovjek stoji na izolovanoj podlozi. Strujni krug se zatvara preko njegovih ruku.



Slika 3.2. Direktni dodir rukama dva provodnika pod naponom

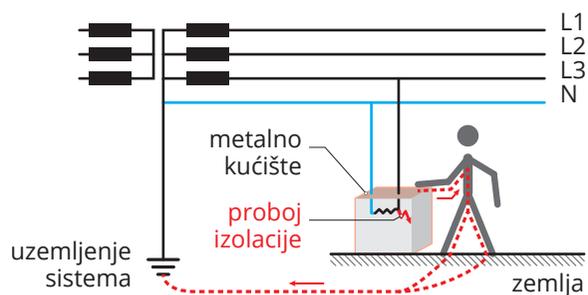
Direktni dodir jednog faznog provodnika pod naponom kod električnog sistema (mreže) sa uzemljenom (izolovanom) tačkom. Na slici 3.3. prikazan je slučaj direktnog dodira jednom rukom provodnika pod naponom, a drugom rukom uzemljenog objekta koji se nalazi u neposrednoj blizini, pri čemu čovjek stoji na izolovanoj podlozi (izolacioni pod, izolaciona obuća i sl.). Strujni krug (isprekidana crvena linija) zatvara se najkraćom putanjom između kontaktnih tačaka.



Slika 3.3. Direktni dodir rukom provodnika pod naponom i uzemljenog predmeta

Indirektni dodir djelova pod naponom podrazumijeva direktni kontakt, bez zaštitnih sredstava, s dijelom opreme koja u normalnom pogonu nije pod naponom, i samo u slučaju kvara može doći pod napon (npr.

metalni oklop motora, šporeta, oklop električnog alata i sl.). Ovaj slučaj je prikazan na slici 3.4.



Slika 3.4. Indirektan dodir djelova pod naponom koji je nastao probijem izolacije objekta

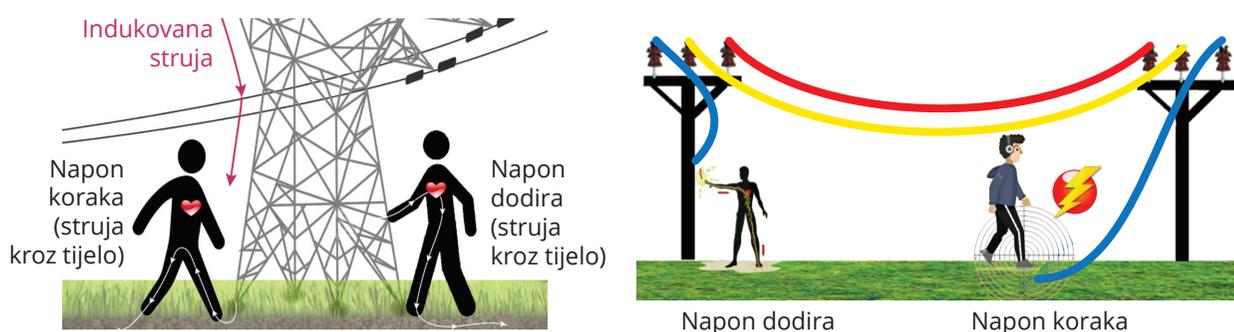
Do opasnosti od visokih napona i velikih struja može doći i u sljedećim slučajevima:

Približavanje djelovima uređaja pod visokim naponom. U cilju bezbjednosti rada u elektroenergetskim objektima, u zavisnosti od nazivnog napona, propisima su definisani dozvoljeni sigurnosni razmaci za približavanje djelovima uređaja pod visokim naponom.

Previsoki naponi dodira i koraka (slika 3.5), koji su posljedica pojave potencijala na površini zemlje pri odvođenju struje kvara ili struje atmosferskog pražnjenja preko uzemljivača.

Napon dodira je dio potencijala uzemljenja usljed zemljospoja koji može premostiti čovjek, uz pretpostavku da struja kroz ljudsko tijelo teče od ruke prema stopalu (vodoravni razmak od dostupnog dijela je 1 m).

Napon koraka je dio potencijala uzemljenja usljed zemljospoja koji može premostiti čovjek pri koraku od 1 m, uz pretpostavku da struja kroz ljudsko tijelo teče od jednog stopala prema drugom stopalu.



Slika 3.5. Napon dodira i napon koraka

Previsoki dodirni napon kao posljedica kvara na izolaciji električnih uređaja niskog napona. Kvar na izolaciji električnih uređaja niskog napona dovodi do pojave previsokih dodirnih napona na njima, koji mogu biti opasni po njihove korisnike.

Indukovani napon. Ako dođe do atmosferskog pražnjenja u zemlju u blizini posmatranog objekta/voda, na njemu će se pojaviti indukovani napon, koji je naročito opasan za postrojenja i vodove nižih nazivnih napona.

Preskok visokog napona na postrojenja sa niskim naponom. U tom slučaju provodni djelovi postrojenja sa niskim naponom dolaze na visoki napon, čime su korisnici ovih postrojenja izloženi velikim opasnostima.

Zaostali napon. Kao posljedica kvarova na pojedinim djelovima opreme i uređaja (kapacitivnog karaktera) može se na njima pojaviti zaostali napon, koji pri radu s električnim instalacijama i električnom opremom može dovesti do značajnih ozljeda.

Električni luk (slika 3.6) jeste električni proboj gasa, čiji je rezultat stvaranje plazme i električne provodljivosti gasa ili vazduha, koji su u normalnim uslovima izolatori.

On se karakteriše visokom temperaturom i velikom gustinom električne struje, pojavom užarene katodne mrlje s jakom termoelektronskom i fotoelektronskom emisijom, kao i opadajućom krivom napon–struja.



Električni luk se definiše kao trajno samostalno pražnjenje elektriciteta u gasovima ili među grafitnim ili metalnim elektrodama.



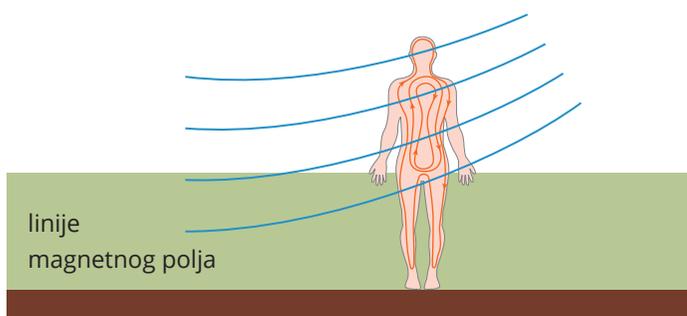
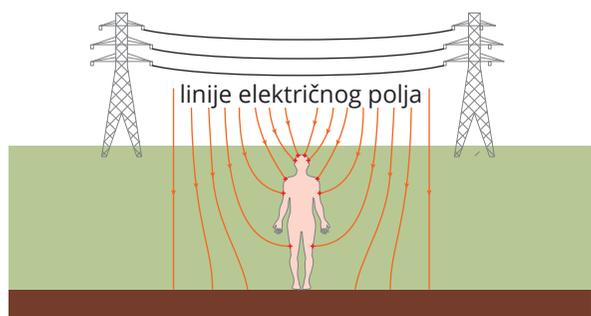
Električni luk je stalno električno pražnjenje između elektroda, dok se kod trenutog pražnjenja javlja iskrenje/iskra.



Slika 3.6. Električni luk

Statički elektricitet. Statički elektricitet je nagomilano električno naelektrisanje (naboj) u mirovanju prouzrokovano neravnotežom elektrona na površini materijala. Neravnoteža elektrona proizvodi električno polje koje može biti mjereno i može uticati na druge objekte u okolini. Statički elektricitet je jedna vrsta elektriciteta / električne energije koja, za razliku od električne struje, miruje.

Uticaj električnog i magnetnog polja na čovjeka (slika 3.7). Električna polja prouzrokuju električna pražnjenja na površini tijela. Ova polja se mogu osjetiti ispod visokonaponskih dalekovoda. Pod određenim okolnostima ljudi mogu da osjete mikrošokove u obliku statičkih šokova koji dolaze od objekata koji su izloženi jakim električnim poljima.



Slika 3.7. Uticaj električnog i magnetnog polja na čovjeka

Jake frekvencije elektromagnetnog polja *hvataju* slabe elektromagnetne tokove unutar tijela. Magnetno polje može izazvati blago treperenje ili stimulaciju nerava i mišića. Ovo se događa uglavnom na mjestima gdje su magnetna polja i do 1000 puta veća nego ona koja su pri eksperimentima nađena u domovima ili radnim prostorima.



Mnogobrojne naučne studije pokazuju da su električna i magnetna polja koja se javljaju u domovima vjerovatno štetna za zdravlje čovjeka i okoline. Studije koje se odnose na ispitivanje uticaja električnog polja pokazale su da male naelektrisane čestice (joni), koje su generisane od dalekovoda, mogu izazvati posljedice po zdravlje. Sprovedena su (ili se i dalje sprovode) mnoga istraživanja u kojima je proučavana mogućnost pojave raka ili drugih ozbiljnih bolesti usljed djelovanja električnog ili magnetnog polja.

Rezultati nekih studija upozoravaju na činjenicu da se, ukoliko je u nekim domovima magnetno polje povećanog intenziteta, povećava rizik od pojave leukemije još u djetinjstvu. Prema rezultatima brojnih istraživanja, ovo se događa u mjestima stanovanja koja su blizu visokonaponskih vodova, trafostanica, baznih stanica za mobilnu komunikacionu tehniku i sl.

Atmosferski prenaponi. Atmosferski prenaponi nastaju usljed pražnjenja elektriciteta koje je nagomilano u atmosferi/oblacima, tzv. atmosferska pražnjenja u elemente elektroenergetskih objekata ili drugih građevina, uzvišenja ili objekata (slika 3.8) ili u njihovu blizinu. Zvučni efekat atmosferskog pražnjenja naziva se grom, dok se svjetlosni efekat naziva munja.



Slika 3.8. Atmosfersko pražnjenje

Ovo su (uglavnom) osnovni izvori opasnosti koji mogu ugroziti elektro-montere-profesionalce.



Međutim, događa se da je izolacija električnog potrošača ili dijela električnog uređaja oštećena pa da i neprofesionalci (obični korisnici) mogu doći u dodir s naponom. Tako, na primjer, u dodir s naponom može se doći doticanjem metalnog dijela nekog uređaja ili alata koji koristi električnu energiju (kancelarijskog, kućnog ili bilo kojeg drugog ručno prenosivog ili stacionarnog) ukoliko se desi da je izolacija provodnika oštećena i da se dodiruje s metalnim dijelom. Može se desiti da je oštećen prekidač, utikač ili priključnica, pa da se prilikom uključivanja dodirne metalni dio koji je već pod naponom. U ovim slučajevima usljed dejstva napona može da poteče struja kroz ljudsko tijelo. Jačina ove struje zavisi od unutrašnjeg i prelaznog otpora tijela kojim je prespojen strujni krug između provodnika ili provodnika i zemlje. U slučaju da je predmet jako stegnut rukama, s uvjerenjem da nije opasan, on se ne može više ispustiti, jer mišići ne mogu tako brzo reagovati. Ako dodir potraje dovoljno dugo (reda veličine sekunde), može da nastupi i grč, koji onemogućava da se ispusti predmet pod naponom. Ovakvi slučajevi ponekad mogu prouzrokovati i smrt.



Ovim opasnostima nijesu izloženi samo monter profesionalci, već i drugo osoblje koje rukuje uređajima ili se nalazi u njihovoj blizini.



Najviše nesreća izazvanih djelovanjem električne struje (usljed nepravilnog/neopreznog rukovanja, neadekvatne zaštite i sl.) dešava se baš električarima profesionalcima, naročito monterima, koji su zaposleni u razvodnim postrojenjima i na dalekovodima visokog napona. U najvećem broju slučajeva nesreću prouzrokuju neopreznost i nepažnja. Monteri, navikli da rade u blizini visokog napona, s vremenom postanu manje oprezni i počinju zanemarivati mjere bezbjednosti, ne pridržavajući se obaveznih pravila i uputstava. Oni vrlo često rade u blizini visokog napona (ili na uređajima pod naponom) bez preduzimanja odgovarajućih zaštitnih mjera, iako je to zabranjeno. Usljed toga događa se velik broj povreda/nesreća u postrojenjima visokog napona, na dalekovodima, gradilištima i sl.

Opasnost kod visokog napona je mnogo veća, i veliki procenat povreda završava se smrću unesrećenog. Na sreću, ovakvi slučajevi su relativno rijetki. Broj nesreća kod niskog napona je znatno veći, ali je broj smrtnih slučajeva, srećom, mnogo manji. Međutim, problemi i posljedice nastale djelovanjem struja kod niskog napona ni u kom slučaju nijesu za potcjenjivanje, pogotovo na gradilištima na kojima se koriste prenosni alat i uređaji na mokrim podlogama. Velik broj strujnih udara dogodio se i na mašinama, najčešće na onim koje su se napajale preko produžnih kablova.



Mnogobrojne analize uzroka povređivanja pokazale su da je skoro uvijek prisutan tzv. *faktor čovjek*, o čemu je neophodno uvijek voditi računa.



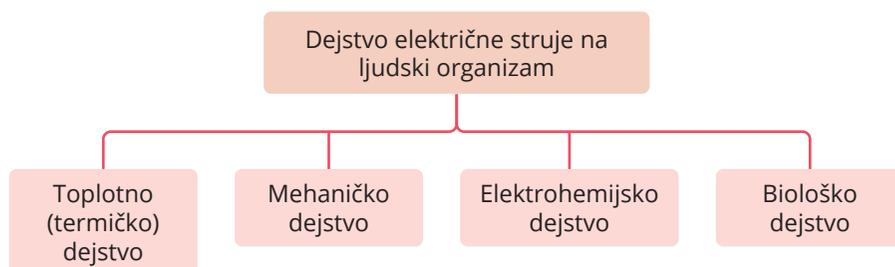
1. Navedi moguće izvore opasnosti od dejstva visokog napona.
2. Objasni direktan dodir djelova električnih uređaja i instalacija pod naponom.
3. Opiši napon dodira i napon koraka.
4. Objasni nastajanje i dejstvo električnog luka.
5. Analiziraj uticaj električnog i magnetnog polja na čovjeka.

3.3. Dejstva električne struje na ljudski organizam

3.3.1. Različita dejstva električne struje

Osnovna opasnost od električne struje nastupa kao posljedica prolaska struje kroz tijelo ili njegove djelove.

Obavljena su brojna ispitivanja i analize kako struja djeluje na čovjekov organizam. Utvrđeno je da struja na ljudski organizam najčešće djeluje na načine prikazane na slici 3.9.



Slika 3.9. Dejstva električne struje na ljudski organizam

Toplotno dejstvo je posljedica prolaska struje kroz ljudski organizam. Čovjekovo tijelo ima određeni otpor, pa se usljed proticanja struje kroz njega ono zagrijava (**Džulov zakon**), tj. oslobađa se toplotna energija. Pri tome su neminovne teške spoljašnje i unutrašnje opekotine, usljed kojih se razaraju tkiva i dolazi do teških povreda. Pri proticanju struje velikog intenziteta (struje atmosferskog pražnjenja) kroz organizam ili provodnike dolazi do oštećenja tkiva ili topljenja metala, što može izazvati veoma ozbiljne posljedice.

Mehaničko dejstvo struje na čovjeka je posljedica grčenja mišića i nekontrolisanih refleksnih pokreta koji se javljaju u trenutku prolaska struje. Usljed mehaničkog dejstva može doći do razaranja tkiva, kidanja krvnih žila, živaca, pa čak i lomova kostiju, naročito na mjestima ulaza i izlaza struje. Ovi problemi mogu nastati kada čovjek radi visoko iznad zemlje ili kada je zaposlen na nekoj mašini s velikim polugama i mnogim šiljatim djelovima. U ovakvim slučajevima može doći i do smrti, i to ne samo zbog proticanja struje kroz organizam već i zbog toga što usljed naglih pokreta

Džulov zakon

količina toplote koja se oslobodi u provodniku kroz koji protiče električna struja brojno je jednaka proizvodu kvadrata jačine električne struje, električne otpornosti provodnika i vremena proticanja te struje.

čovjek može da povrijedi glavu ili neki drugi dio tijela ili da zadobije povrede usljed pada s velike visine.

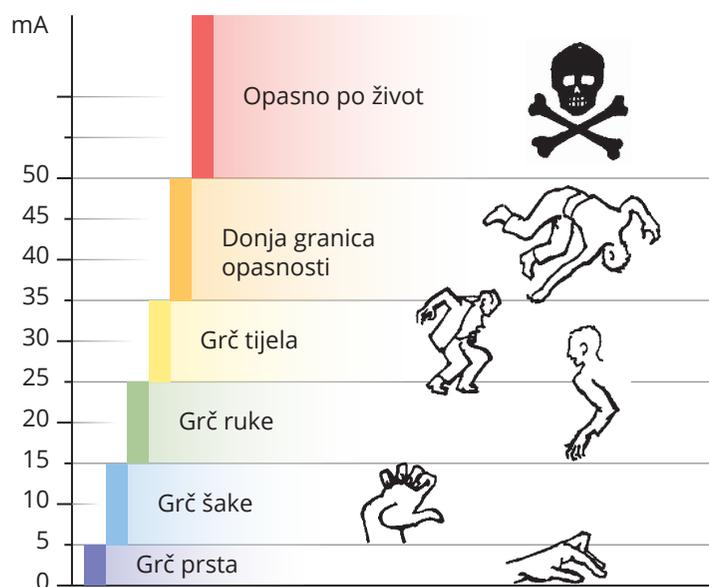
Mehaničko dejstvo je naročito izraženo u slučajevima kada struja velikog intenziteta prolazi kroz paralelne provodnike/vodove, kada se javljaju velike elektrodinamičke sile između provodnika (privlačne ili odbojne). Takođe, velike struje prilikom proticanja kroz drvo, beton, zidove i sl. mogu da, kao posljedica svog termičkog dejstva, dovedu do mehaničkih razaranja materijala i njihovog oštećenja, razaranja ili rušenja.

Elektrohemijsko dejstvo se izražava prilikom djelovanja jednosmjerne struje. Ljudski organizam se tada ponaša kao tečni provodnik (jer struja prolazi krvnim sudovima, a krv je dobar provodnik) i električna struja ga **elektrolizom** razara, nanoseći trajna oštećenja.

elektroliza
elektrohemijska reakcija razlaganja ili razgradnje hemijskih jedinjenja pod uticajem električne struje.

Biološko dejstvo. Kao posljedica biološkog dejstva može doći do grčenja mišića, prestanka disanja, prestanka/paralize rada srca, treperenja srčanih zalizaka, problema u krvotoku, oštećenja nervnog sistema i sl. Brojna istraživanja i eksperimenti su pokušali da daju odgovore na veliki broj pitanja povezanih s biološkim dejstvima električne struje na žive organizme. Iako još nijesu dobijeni svi (i kompletni) odgovori, jasno je da se prilikom proticanja struje kroz ljudski organizam javlja veliki broj negativnih i neželjenih bioloških efekata.

Fiziološko djelovanje električne struje na čovječje tijelo prikazano je na slici 3.10, gdje su dati i efekti koji se pri tome javljaju i koji zavise od jačine struje.



Slika 3.10. Fiziološko djelovanje električne struje na čovječje tijelo

Pregled fiziološkog djelovanja naizmjenične električne struje u zavisnosti od jačine struje (mA) opisan je u tabeli 3.1. Ovaj pregled je dobijen na osnovu različitih ispitivanja, kao i na osnovu analiza ozljeda u slučajevima električnih udara.

Tabela 3.1. Pregled fiziološkog djelovanja naizmjenične električne struje

Jačina struje (mA)	Fiziološko djelovanje naizmjenične električne struje
0,5–1,5	Početak djelovanja struje, lagano podrhtavanje prstiju.
2–3	Jako podrhtavanje prstiju. Moguće je voljno odvajanje od dijela pod naponom.
5–10	Dolazi do pojave grčenja mišića šake, još uvijek je moguće voljno odvajanje od dijela pod naponom.
10–20	Grčevi u mišićima, bolovi u rukama i nogama, voljno odvajanje od dijela pod naponom nije moguće. Nakon prekida strujnog kola, organizam je obično bez posljedica.
20–50	Grčevi u mišićima, veliki bolovi u rukama i nogama, otežano disanje, voljno odvajanje od dijela pod naponom nije moguće.
50–100	Grčevi u mišićima, paraliza disanja, početak grčenja srčanog mišića.
100–500	Grčenje srčanog mišića.
> 500	Opekotine na mjestima dodira, razaranje tkiva usljed toplotnog dejstva struje.

Prema **Omovom zakonu** ($I = U/R$), ukoliko je otpor veći, jačina struje će biti manja, i obrnuto, dok s porastom napona raste i jačina struje. Po tome će veće posljedice imati tijelo manjeg otpora, jer kroz njega protiče jača struja. Teorija kaže, a praksa potvrđuje, da je opasna struja preko 50 mA (0,05 A) i napon preko 65 V. Jednosmjerna i naizmjenična struja su podjednako opasne, samo što im je djelovanje različito, mada se u praksi pokazalo da je opasnije djelovanje jednosmjerne struje.

Omov zakon

Struja koja prolazi kroz provodnik između dvije tačke direktno je proporcionalna naponu na istim tačkama tog provodnika, a obrnuto proporcionalna njegovom električnom otporu.

Kod strujnog udara, zavisno od jačine struje i napona, ispoljavaju se svi navedeni oblici djelovanja, ali posljedice zavise od toga gdje, kako i koliko je proticala struja kroz tijelo.

Uvijek treba voditi računa o tome da strujna opasnost zavisi od:

- jačine električne struje
- oblika i frekvencije struje
- vremena njenog proticanja
- puta kojim struja protiče, odnosno organa koji su zahvaćeni
- otpora izolacije čovjeka
- otpora tijela i sl.

Jačina električne struje koja protiče kroz ljudski organizam zavisi od visine napona kojem je tijelo izloženo, otpora tijela i prelaznog otpora. Prelazni otpor predstavlja otpor između dijela tijela kojim se dodiruje uređaj pod naponom i samog uređaja pod naponom.

Frekvencija je važan faktor koji utiče na ponašanje organizma kod strujnog udara. Jednosmjerna struja (frekvencija nula) izaziva elektrohemijsko dejstvo na organizam. Slučajevi električnih udara izazvanih proticanjem jednosmjerne struje su dosta rijetki (rudnici, hemijska industrija). Struje visokih frekvencija su manje opasne po ljudski organizam. Najveći broj električnih udara dešava se pri frekvenciji od 50 Hz, i oni su ujedno i najopasniji.

Vrijeme trajanja strujnog udara, tj. vrijeme proticanja struje kroz ljudski organizam, veoma je važno sa aspekta oštećenja organizma. Ukoliko je dužina trajanja protoka električne struje veća, to su i posljedice dejstva na organizam opasnije.

Najopasnije je ako je struja protekla kroz krvne sudove, srce i druge vitalne organe, jer ih razara i dovodi do elektrolize krvi.

Otpor izolacije i otpor ljudskog tijela značajan su faktor kod strujnog udara.

Pod otporom izolacije podrazumijeva se zaštitna oprema (izolacione rukavice, zaštitna obuća i sl.), alat kao i podloge na kojima stoji osoba. Otpor obuće i odjeće je promjenljiv, i kreće se od 0 Ω (om) do nekoliko hiljada oma. Otpor suve odjeće može biti vrlo visok i znatno može smanjiti vrijednost struje. Otpor obuće i odjeće (osim gumene) u vlažnoj atmosferi je zanemarljiv.

Električni otpor ljudskog tijela (kreće se od 1000 do 3000 Ω) zavisi od: kože, njene debljine, mikrostrukture, vlažnosti i starosti, sastava kostiju, elastičnosti mišića, strukture krvi i limfne tečnosti, debljine krvnih sudova i dr. S porastom napona otpor čovječjeg tijela se smanjuje.

Propisima (JUS i IEC) predviđeno je da gornja granica dozvoljenog dodirnog napona iznosi 50 V pri normalnim uslovima rada (suva koža, suva ili vlažna prostorija i dovoljna električna otpornost poda prostorije). Istim propisima je predviđeno da gornja granica dozvoljenog dodirnog napona iznosi 25 V pri otežanim uslovima rada (mokra koža, mokra prostorija i pod male električne otpornosti).

3.3.2. Postupak pružanja prve pomoći

U svakoj radnoj i pomoćnoj prostoriji ili na gradilištu gdje se nalaze električna postrojenja i instalacije, ili se upotrebljavaju električni uređaji i aparati, prisutna je stalna opasnost od ozljeda usljed strujnog udara. Posljedice strujnog udara mogu biti bezazlene ili kobne, što zavisi od brojnih faktora. Osoba koja doživi strujni udar (slika 3.11) može zadobiti lakša ili teža zdravstvena oštećenja, što zavisi od brojnih ranije navedenih i objašnjenih okolnosti.

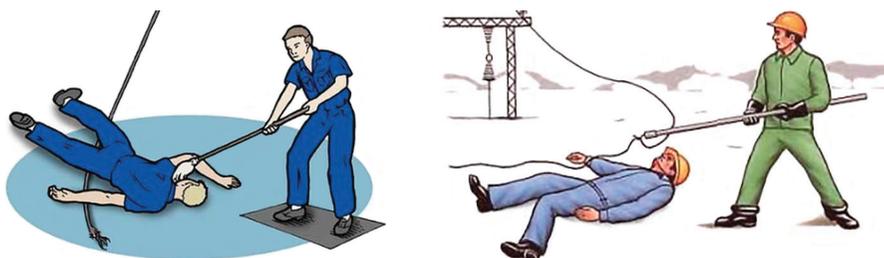
Najvažnija pri pružanju prve pomoći kod udara električne struje jeste **brzina akcije**. To znači da treba što prije osloboditi ozlijeđenog od djelovanja struje, a nakon toga odmah započeti oživljavanje ako ozlijeđeni ne diše ili mu ne radi srce. Sve preduzete mjere i aktivnosti moraju biti pravovremene, brze, stručne i bez panike. **Spasilac mora paziti i na sopstvenu sigurnost.**



Slika 3.11. Strujni udar

Postupak oslobađanja ozlijeđenog od djelovanja električne struje zavisi od okolnosti u kojima se desila nesreća, i od toga da li je struja niskog ili visokog napona. Prvo bi trebalo isključiti napon u onom dijelu postrojenja ili instalacije koji je u dodiru sa ozlijeđenim.

Ako je u pitanju struja niskog napona, trebalo bi isključiti napon pomoću prekidača, vađenjem utikača ili osigurača, eventualno prerezati vod izolovanim kliještima... Ako ni to nije moguće, unesrećeni se odvaja od dodira s naponom pomoću predmeta od izolacionog materijala. Za odvajanje unesrećenog služe kuke, motke ili kliješta izolovana za dotični napon, po mogućnosti uz upotrebu gumenih čizama i rukavica (slika 3.12). Tom prilikom spasilac stane na suhu dasku, hrpu odjeće ili složene novine, izbjegavajući da dodirne zidove, konstrukcije ili drugog pomoćnika. Ni u kom se slučaju ne smije dodirivati osoba koja je pod strujnim udarom, odnosno ne smije se rukama odvajati od napona. Tokom svih pokušaja oslobađanja iz kruga struje ozlijeđenog je potrebno zaštititi od zadobijanja novih i još težih ozljeda. Eventualni požar na mjestu nezgode ne smije se gasiti vodom.



Slika 3.12. Odvajanje unesrećenog od dodira s naponom

Ako je u pitanju struja visokog napona, nju smije isključiti samo stručno osposobljen radnik pomoću prekidača/sklopke. Prije isključenja unesrećeni se ne smije dodirivati ni pomoću izolovanih sredstava, niti mu se smije neko približavati. Nakon isključenja, isključene djelove treba uzemljiti da se poništi kapacitivni napon, pa tek onda pristupiti unesrećenom.

Poslije oslobađanja od djelovanja struje treba utvrditi zdravstveno stanje ozlijeđenog, a prije svega da li diše, krvari i da li mu radi srce.

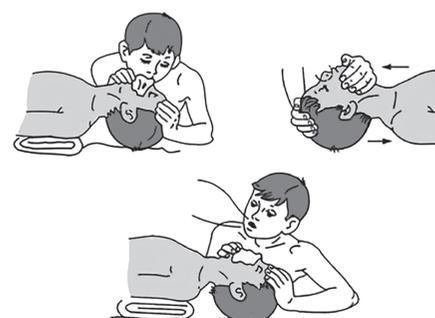
Ako ozlijeđeni krvari, prvo treba zaustaviti krvarenje. U slučaju potrebe, na samom mjestu nesreće treba započeti primjenu sljedećih metoda oživljavanja:

- vještačko disanje, u slučaju prestanka disanja
- spoljašnja masaža srca, u slučaju prestanka rada ili slabog rada srca
- kombinovane metode oživljavanja, u slučaju prividne smrti. U tim situacijama treba obavezno obavijestiti zdravstvenu ustanovu.

! Oživljavanje bi moglo uspjeti samo ako stanje prividne smrti nije trajalo duže od 10 do 15 minuta.

Od raznih metoda vještačkog disanja najbolje je primjenjivati vještačko disanje uduvavanjem vazduha pomoću usta, jer je pokazala najviše uspjeha. Vještačko disanje treba izvoditi brzo i određenim redosljedom (slika 3.13):

- Ozlijeđeni se položi na leđa i brzim manevrom srednjeg prsta provjeri se prohodnost usne šupljine u ždrijelo.
- Spasilac klekne pored glave ozlijeđenog, jednom rukom potisne vilicu ozlijeđenog naprijed i prema gore tako da donji zubi budu ispred gornjih, a usne stisnute da propuštaju vazduh, dok drugu ruku stavi na tjeme i glavu mu zabaci što više unazad.
- Duboko udahnuvši, spasilac obuhvati nos ozlijeđenog i snažno uduva kroz nosnice udahnuti vazduh. Istovremeno posmatra da li se grudni koš širi. Kad to ustanovi, odmakne svoja usta da bi ozlijeđeni izdahnuo vazduh prirodnim istežanjem grudnog koša. Ponekad se prilikom uduvavanja vazduha osjeti otpor, a grudni koš se ne širi. Tada treba pogledati disajne puteve i ako je u pitanju začepjenost nosne šupljine, treba uduvati vazduh kroz poluotvorena usta ozlijeđenog.
- Prvih desetak uduvavanja izvede se brzo i uzastopno a zatim se uduvavanje nastavi ravnomjerno u ritmu normalnog disanja.
- Vještačko disanje se mora provoditi toliko dugo dok se ne uspostavi prirodno disanje ili do dolaska doktora.



Slika 3.13. Postupci pri pružanju prve pomoći

Spoljašnju masažu srca treba započeti odmah čim prestane ili jako oslabi rad srca. To se može ustanoviti po tome što se ne može napipati puls na arterijama vrata, ruke ili bedra, a ozlijeđenom su proširene zjenice i poprima mrtvački izgled. Spoljašnja masaža izvodi se na slijedeći način:

- Spasilac položi ozlijeđenog leđima na tvrdi podlogu i klekne sa njegove desne strane.
- Tada se preklopi dlan jedne ruke preko nadlanice druge ruke i polože se na donji dio grudne kosti. Svake sekunde pritisne se tolikom snagom da grudni koš ulegne 3–5 cm. Nakon pritiska treba ruke opustiti, čime se omogućava širenje grudnog koša i punjenje srca krvlju.
- Spoljašnja masaža izvodi se 5–10 minuta i ako se za to vrijeme ne uspostavi normalan rad srca, izgledi na uspjeh oživljavanja su minimalni.

U slučaju da istovremeno prestane disanje i rad srca, treba primijeniti kombinovani metod, što znači da se naizmjenično vrši vještačko disanje i spoljašnja masaža srca. Poželjno je da oživljavanje izvode dvije osobe, od kojih jedna izvodi vještačko disanje a druga masažu srca. Izvedu se 3-4 uduvavanja vazduha, a potom 15–20 pritisaka na grudnu kost. Postupak se ponavlja dok se ne uspostavi normalan rad srca i pluća ili dok ne stigne doktor. Po završenom uspješnom oživljavanju ozlijeđeni često ostaje u nesvjesnom stanju, pa mu i dalje prijete smetnje pri disanju i radu srca. Od tih opasnosti štiti se postavljanjem u položaj na bok.

Ako je ozlijeđeni pri udaru električne struje zadobio i opekotine, plih se ne smije bušiti i ne smiju se stavljati nikakva sredstva kao sto su ulje, pasta za zube, mastilo i slično. Opekotina se može ispirati hladnom vodom najviše 15 minuta, potom treba staviti sterilnu gazu da bi se spriječila infekcija. Gaza se samo pridržava rukom jer se ne smije stezati zavojem da ne bi došlo do pucanja plika ili dodatnih bolova. Opekotine su najopasnije i najbolnije povrede.

Kada ozlijeđeni dođe svijesti, pruža mu se pomoć i za moguće druge ozljede. Nakon toga ozlijeđeni se odnosi u prostoriju u kojoj mu se obezbjeđuje mir i zaštita od hladnoće, a može mu se dati i topli bezalkoholni napitak.

Uz ozlijeđenog treba da ostanu osobe koje će do dolaska doktora moći ponovo da pruže prvu pomoć ako to bude potrebno. Dalju brigu o ozlijeđenom vodi doktor koji daje preporuke za dalje postupanje.

Kod atmosferskog pražnjenja mogu nastati mehaničke i toplotne povrede. Vrijeme kontakta je vrlo kratko (manje od 1 s). Žrtvi se može odmah pristupiti i može se dodirnuti bez opasnosti. Potrebno je procijeniti stanje svijesti, disanje i eventualne mehaničke i toplotne povrede. Ako je neopodno, odmah pružiti prvu pomoć na ranije opisani način.



1. Objasni različita dejstva električne struje na ljudski organizam.
2. Objasni postupak pružanja prve pomoći.
3. Navedi metode oživljavanja.
4. Objasni metode pomoći kod dejstva atmosferskog pražnjenja.

3.4. Lična zaštitna sredstva i zaštitna oprema i uređaji



Zaštita na radu je skup tehničkih, zdravstvenih, pravnih, psiholoških, pedagoških i drugih djelatnosti pomoću kojih se otkrivaju i otklanjaju rizici, odnosno rizične pojave koje mogu ugroziti život i zdravlje osoba na radu.

To je skup interdisciplinarnih aktivnosti koje uređuju mjere, postupke, načela i pravila zaštite na radu kako bi se osnovnim mjerama rizici na radu eliminisali ili umanjili, odnosno sveli na prihvatljivi nivo. Teži se tome da se nakon primjene osnovnih pravila zaštite na radu i utvrđenih nivoa rizika, preostali rizik svede na prihvatljivi nivo primjenom posebnih pravila i mjera zaštite na radu.



Skup mjera zaštite na radu se sprovodi radi sprečavanja uticaja štetnih faktora radnog procesa ili radne sredine na zdravstveno stanje radnika. Štetni faktori radnog procesa mogu biti fizički, hemijski, biološki i psihički (na primjer, tjelesni i psihički napor, buka, vibracije, zračenje...).



Opasnost je svojstvo nekoga radnog procesa ili sredine da može prouzrokovati oštećenje zdravlja, a **rizik** je vjerovatnoća da u nekom radnom procesu ili sredini postoji moguća opasnost za nastanak povrede ili za razvoj bolesti.

Za zaštitu korisnika od mogućih štetnih uticaja u elektroenergetici koriste se različita lična zaštitna sredstva i različita zaštitna oprema i uređaji.

Lična zaštitna sredstva i oprema za ličnu zaštitu na radu jesu sva sredstva i oprema koju zaposleni nosi, drži ili na bilo koji drugi način koristi na radu radi zaštite od jedne ili više istovremeno nastalih opasnosti i/ili štetnosti, odnosno da otkloni ili smanji rizik od nastanka povreda i oštećenja zdravlja.

Sredstva i oprema za ličnu zaštitu na radu jesu i sva pomoćna sredstva ili dodaci koji su namijenjeni za ostvarivanje navedenog cilja.

3.4.1. Lična zaštitna sredstva

Sredstva i opremu za ličnu zaštitu na radu koriste zaposleni na radnom mjestu i u radnoj okolini. Koriste se prilikom obavljanja poslova i radnih aktivnosti na kojima se opasnosti i/ili štetnosti, odnosno rizici od nastanka povreda i oštećenja zdravlja, ne mogu otkloniti. Takođe se koriste i ako

se opasnosti u dovoljnoj mjeri ne mogu smanjiti primjenom tehničkih, tehnoloških, organizacionih i drugih mjera u oblasti bezbjednosti i zdravlja na radu.

Lična zaštitna sredstva koriste se za zaštitu glave, očiju i lica, sluha, disajnih organa, ruku i šaka, stopala i nogu, tijela, zaštitu od pada i sl. Električar s ličnom zaštitnom opremom prikazan je na slici 3.14.



Slici 3.14. Električar s ličnom zaštitnom opremom

Za zaštitu glave i lica koriste se (slika 3.15): zaštitni šljemovi (a), zaštitne naočare (b) i štitnici za lice – viziri (c).



Slika 3.15. Zaštitni šljem (a), zaštitne naočare (b) i štitnici za lice – viziri (c)

Za zaštitu disajnih organa (slika 3.16) koriste se maske i sistemi za prečišćavanje vazduha.

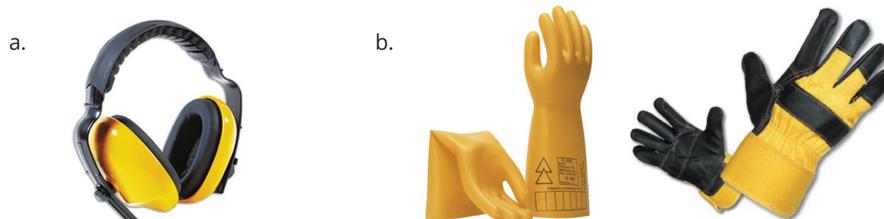


Slika 3.16. Maske i sistemi za prečišćavanje vazduha

Za zaštitu sluha (slika 3.17.a) koriste se **antifoni (zaštitne slušalice)**.

Za zaštitu ruku (slika 3.7.b) koriste se elektroizolacione zaštitne rukavice. Zaštitne rukavice mogu da se koriste kao zaštita od mehaničkih i drugih povreda ili kao zaštita pri manipulacijama u postrojenjima u kojima napon dodira i koraka nije u dozvoljenim granicama.

antifoni (zaštitne slušalice) koriste se za smanjenje (prigušenje) buke koja dopire do uha korisnika i tako smanjuje rizik od oštećenja sluha usljed prekomjerne buke.



Slika 3.17. Antifoni (zaštitne slušalice) (a), elektroizolacione zaštitne rukavice (b)

Za zaštitu tijela (slika 3.18): zaštitna odijela, bluze, pantalone i radni kombinezoni.



Slika 3.18. Zaštitna odijela, pantalone, bluze i radni kombinezoni

Za zaštitu nogu (slika 3.19.a) koristi se zaštitna obuća. U zaštitnu obuću spadaju zaštitne elektroizolacione čizme koje se nose pri manipulacijama u postrojenjima u kojima napon dodira i napon koraka nije u dozvoljenim granicama, i obuća za električare koja se nosi pri manipulacijama i drugim radovima u postrojenjima.

Za zaštitu od pada (slika 3.19.b) koriste se pojasevi sigurnosti za rad na visini, užad i sl.

a.



b.

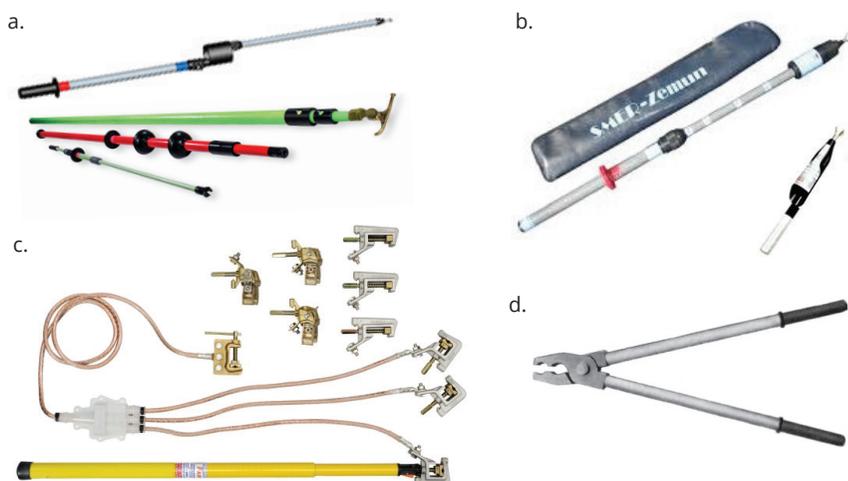


Slika 3.19. Zaštitna obuća (a) i pojasevi za rad na visini (b)

3.4.2. Zaštitna oprema i uređaji

Zaštitna oprema i uređaji za rad u elektroenergetskim objektima mogu se podijeliti u:

- **osnovnu zaštitnu opremu**, koja je, kod propisane primjene, sposobna da dugo izdrži radni napon i da omogući radnicima bezbjednost u obavljanju radnih zadataka i kada dodiruju djelove pod naponom i rade na njima. U ovu opremu (za postrojenja naznačenog napona iznad 1000 V) spadaju (slika 3.20):



Slika 3.20. Osnovna zaštitna oprema: a. izolaciona motka s tinjalicom za ispitivanje beznaponskog stanja, b. izolacione motke za pogonske manipulacije, c. prenosni uređaj za uzemljenje i kratko spajanje i d. izolaciona kliješta

- **izolacione motke za pogonske manipulacije** (operativne, mjerne, remontne)
- **izolacione motke s tinjalicom za ispitivanje beznaponskog stanja** (indikatori)
- **prenosni uređaj za uzemljenje i kratko spajanje**
- **izolaciona kliješta za skidanje visokonaponskih osigurača**
- **dopunska zaštitna sredstva i oprema**, koji ne mogu samostalno da omoguće zaštitu ali pojačavaju i dopunjavaju zaštitno dejstvo osnovne opreme. U ovu opremu se ubrajaju: zaštitna izolaciona postolja i prostirke; sredstva za ograđivanje i izolovanje djelova pod naponom; oznake upozorenja i zabrane; tablice bezbjednosti i sl. Neka od ovih sredstava prikazana su na slici 3.21.



a. gumena izolaciona prostirka



b. izolaciono postolje



c. oznaka upozorenja

Slika 3.21. Dopunska sredstva zaštite



Izolacione motke (slika 3.20) se upotrebljavaju u zatvorenim postrojenjima, a u otvorenim samo kada je vrijeme suvo. Sa njima radi kvalifikovani radnik, i to isključivo u izolacionim rukavicama. Izolacione motke se sastoje od cijevi (šupljih ili punjenih pjenom) i izolacionih štapova.

Izolaciona motka s tinjalicom (slika 3.20) za ispitivanje beznaponskog stanja ili indikator napona (iznad 1 kV) služi za utvrđivanje naponskog stanja dijelova koji su u normalnom pogonu pod naponom. Beznaponsko stanje u postrojenjima visokog napona, poslije njegovog isključenja, a prije ulaska na mjesto rada, utvrđuje se ispitivanjem indikatorom visokog napona. Prije svakog ispitivanja beznaponskog stanja vrši se provjera samog indikatora u dijelu postrojenja pod naponom. Utvrđivanje da li postoji napon na nekom uređaju ili fazama sistema vrši se tako što se indikator prisloni na dio koji se provjerava. Indikatori napona se mogu koristiti samo za napone za koje su namijenjeni i s njima se radi isključivo pomoću izolacionih rukavica.

Uzemljenje i kratko spajanje (slika 3.20) izvodi se prenosnim uređajima za uzemljenje i/ili kratko spajanje. Uzemljenjem i kratkim spajanjem sprečava se pojava opasnih napona na mjestu rada za slučaj nehotičnog stavljanja mjesta rada pod napon ili u slučaju atmosferskog pražnjenja koje bi se moglo prenijeti na mjesto rada.

Izolaciona kliješta (slika 3.20) se koriste za postavljanje i skidanje uložaka osigurača pod naponom.

Gumeni tepisi / izolacione prostirke (slika 3.21.a) uglavnom se koriste u električnim instalacijama iznad 1 kV kao dodatno sredstvo zaštite prilikom rada s električnom instalacijskom opremom u preduzećima, fabrikama, trafostanicama i sl. Predviđeni su za zaštitu od mogućih udara električne struje i štetnih efekata električnih polja. Služe za izolaciju osoblja od tla ili poda u zatvorenim prostorima (osim u posebno vlažnim prostorijama) i u otvorenim električnim instalacijama po suvom vremenu. Standardna verzija dielektrične prostirke ima talasastu površinu sa uzdužnim prugama, što omogućava povećanje koeficijenta trenja i smanjenje klizanja cipela. Imaju povećanu otpornost na habanje, kao i otpornost na alkalije i kisjeleline, sintetičke supstance i sl. Prednji dio ne smije imati pukotine, strana tijela, šupljine, rupe... Zaštitna **elektroizolaciona postolja / izolacioni stalci** (slika 3.21.b) ne dozvoljavaju radniku da dođe u direktan kontakt s podom ili tlom. Takva postolja (izrađena od drveta ili izolacionog materijala) koriste se kada se ne može izvesti dobro uzemljenje ili se nameću visoki sigurnosni zahtjevi.

Obezbeđivanje od slučajnog dodira dijelova postrojenja koja su pod naponom vrši se prije početka radova, tako što se pristupa **ograđivanju mjesta rada**. Ovu radnju je u postrojenjima neophodno izvesti postavljanjem prenosnih izolacionih ograda (od različitog izolacionog materijala) na kojima se ugrađuju i prenosni izolacioni konopci sa zastavicama, trakama upozorenja i sl.

Radi upozorenja da su susjedni dijelovi postrojenja pod naponom, na ogradu se, tako da budu veoma vidljive i uočljive, postavljaju

tablice upozorenja: Visoki napon! Opasno po život! i slično (slika 3.21.c). Sredstva za označavanje mjesta rada pored tablica opasnosti, za-brane i upozorenja, obuhvataju i svjetlosne i zvučne indikatore i sl.



Sredstva lične zaštite i zaštitna oprema moraju biti ispravni i atestirani u ovlaštenoj instituciji za zaštitu na radu. Njihova propisana izolaciona svojstva moraju se obavezno periodično kontrolisati, provjeravati i ispitivati. Moraju se čuvati i skladištiti u skladu s propisima i smiju se koristiti **isključivo** za propisanu namjenu. U svim visokonaponskim postrojenjima, na vidnim i dostupnim mjestima moraju biti raspoređeni uređaji za gašenje požara.

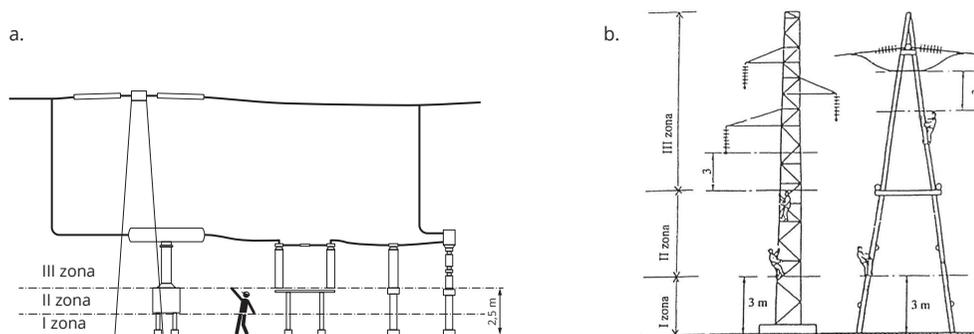


1. Definiši pojam *zaštita na radu*.
2. Opiši lična zaštitna sredstva.
3. Opiši osnovnu zaštitnu opremu i uređaje.
4. Opiši dopunska zaštitna sredstva i opremu.

3.5. Vrste radova i zaštitne procedure pri radu u elektroenergetskim objektima

3.5.1. Vrste radova u elektroenergetskim objektima

Prema stepenu opasnosti od električne struje, a u cilju bezbjednosti u elektroenergetskim objektima naponskog nivoa preko 1 kV, definišu se tri radne zone (slika 3.22), i to:



Slika 3.22. Podjela na sigurnosne zone: a. spoljašnjeg VN postrojenja, b. dalekovoda

I zona – **zona slobodnog kretanja**, odnosno zona u kojoj nijesu potrebna posebna upozorenja i uputstva, kao ni posebne mjere zaštite. Tu spadaju:

- tehničko-administrativne prostorije uz elektroenergetske objekte
- radionice, skladišta, garaže
- garderoba, hodnici i sanitarne prostorije
- zemljište ispod dalekovoda
- dalekovodni stubovi do visine 3 m iznad tla
- glavne komunikacije koje povezuju navedene prostore. Tu spadaju i svi ostali prostori koji moraju biti odvojeni zidom ili ogradom od djelova postrojenja pod naponom toliko da se ne mogu dodirnuti nikakvim alatom ili dugačkim predmetom koji se nosi ili upotrebljava u postrojenju pri izvođenju radova.

II zona – **zona manipulacije i kontrole**, u koju spadaju:

- prostorije električnih komandi
- prostorije za agregate sopstvene potrošnje
- postrojenje za smještaj mjernih, telekomunikacionih i zaštitno-upravljačkih uređaja
- kablovski prostori
- prostorije i prostori koji povezuju navedene prostorije
- prostor ispod aparata visokog napona u VN prostorima za spoljnu montažu
- poslužni i komandni pultovi u VN postrojenju
- dalekovodni stubovi i VN portali od visine 3 m iznad tla do područja III zone.

III zona – **prostor oko djelova pod naponom** na udaljenosti manjoj od sigurnosnog razmaka. U ovu zonu spadaju:

- ćelije visokog napona u zatvorenom prostoru
- polja visokog napona na otvorenom prostoru
- ograđena područja u poljima visokog napona na otvorenom prostoru
- područja u spoljnjim postrojenjima na udaljenosti radova pod naponom koja je manja od sigurnosnog razmaka
- prostor dalekovodnih stubova visokog napona između djelova stuba čija je udaljenost od provodnika manja od sigurnosnih razmaka datih u tabeli 3.2. i vrha stuba.

Tabela 3.2. Sigurnosni razmaci u zavisnosti od nazivnog napona

Nazivni napon (kV)	Najmanji razmak (mm)
Do 1 kV	800
Iznad 10 do 35	1200
Iznad 35 do 110	1500
Iznad 110 do 220	2000
Iznad 220 do 440	4000

Područje III zone opasnosti u elektroenergetskim postrojenjima mora biti odvojeno od ostalih zona (I i II) ogradama u skladu s tehničkim propisima.

Sve prostorije elektroenergetskih objekata koje se nalaze u II zoni, izuzev električne komande i prostorije za smještaj mjernih, telekomunikacionih i zaštitno-upravljačkih uređaja, moraju biti zaključane, a ključevi smješteni u poseban ormar u komandnoj sali.



Zabranjen je pristup neovlašćenim licima u električne pogonske prostorije i zatvorene električne prostorije. Ovu zabranu treba istaći na ulaznim vratima elektroenergetskih objekata.

U elektroenergetskim objektima sve u vezi s radom definiše se pravilnicima o održavanju elektroenergetskih objekata, pravilnicima o mjerama sigurnosti pri radu, kao i nizom uputstava za rad. Ovo se prije svega odnosi na vrste radova, metode rada, detaljan opis radnih postupaka, uslove rada, kao i mjere sigurnosti koje treba preduzeti kako bi se ti poslovi obavili što kvalitetnije bez opasnosti po život i zdravlje ljudi i bez nanošenja materijalne štete.



Na elektroenergetskim objektima mogu samostalno raditi ili radom rukovoditi samo za to osposobljeni i ovlašćeni izvršioци.

Na otvorenom prostoru nijesu dozvoljeni radovi:

- tokom nevremena praćenog atmosferskim pražnjenjima koja se mogu prenijeti na mjesto rada. Odluku o prekidu rada donosi odgovorni rukovodilac radova;
- prilikom jačeg vjetra (iznad 60 km/h na visini iznad 3 m). Prema uslovima na terenu, rukovodilac radova donosi odluku o tome je li moguće raditi i pri slabijem vjetru;
- kod temperatura nižih od -18°C ili viših od 35°C u hladu.

U vanrednim okolnostima, kada je ugrožen pouzdan i stabilan rad elektroenergetskog sistema, mogu se obavljati radovi na osnovu zahtjeva nadležnih organa. U slučaju jakih kiša, magle i sniježnih padavina, rukovodilac radova odlučuje da li je dalji rad moguć.



Vrste radova koji se u toku eksploatacije i održavanja elektroenergetskih objekata obavljaju u njima, mogu se podijeliti na:

- a) radove u beznaponskom stanju
- b) radove u blizini napona i
- c) radove pod naponom.

3.5.1.1. Radovi u beznaponskom stanju

Beznaponsko stanje predstavlja jednu od najsigurnijih mjera za bezbjedan rad u elektroenergetskim objektima.



Tokom rada u beznaponskom stanju mora se sprovesti kompletna propisana procedura, počev od izdavanja dokumenata za rad, obezbjeđenja mjesta rada, izvođenja radova, obavještenja o završetku radova i puštanje u pogon postrojenja ili dijela postrojenja i sl.

Prije početka radova u beznaponskom stanju mora se osigurati mjesto rada primjenom propisanih pravila sigurnosti, prema sljedećem redosljedu:

- isključiti i vidljivo odvojiti od napona
- spriječiti ponovno uključivanje
- indikatorom utvrditi beznaponsko stanje
- izvršiti uzemljivanje i kratko spajanje
- izvršiti ograđivanje mjesta rada od djelova pod naponom.

Isključenje napona obavlja se prekidačima snage, a vidljivo odvajanje od napona isključenjem rastavljača (ručno ili pomoću pogonskog mehanizma), nakon provjere da je mehanizam prekidača stvarno obavio isključenje.

Radi sprečavanja ponovnog uključanja, svi prekidači i rastavljači snage moraju prije početka rada biti obezbijeđeni od nehotičnog, pogrešnog ili samodjelujućeg ponovnog uključanja. Sprečavanje ponovnog uključanja postiže se isključivanjem komandnog napona; blokiranjem energije koja služi za pogon uređaja; zaključavanjem ili na drugi način mehaničkim blokiranjem pogonskih mehanizama. Ako je moguće, potrebno je prije početka radova izvršiti zaključavanje ili blokiranje mehanizama.

Na ručke uređaja za uključivanje obavezno se postavljaju tablice upozorenja: **Ne uključuj! Radovi u toku! Pažnja, visoki napon!** i sl., koje se smiju skinuti tek po završetku radova i vraćanja dozvole za rad. Primjeri nekih od tablica upozorenja prikazani su na slici 3.23.



Slika 3.23. Primjeri tablica upozorenja

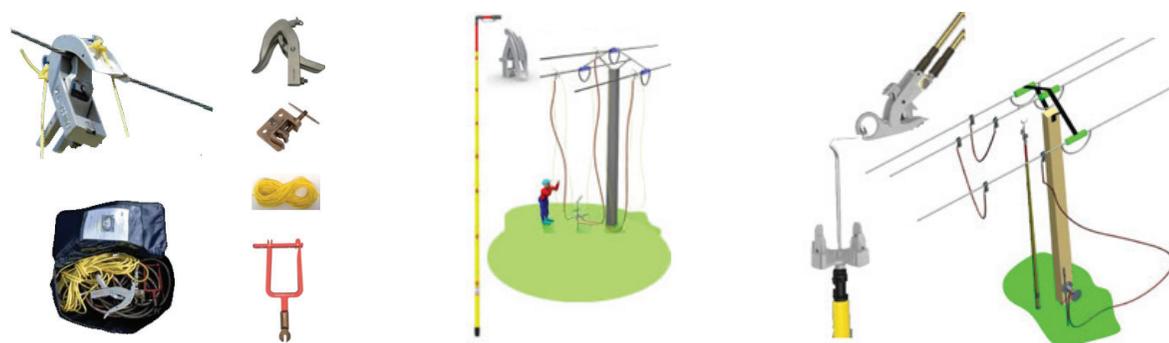
Utvrđivanje beznaponskog stanja u VN elektroenergetskim postrojenjima, poslije njihovog isključenja a prije ulaska na mjesto rada, vrši se ispitivanjem indikatorom visokog napona (slika 3.24.a), koji se prije

svakog ispitivanja provjerava u dijelu postrojenja koje je pod naponom. Utvrđivanje beznaponskog stanja na niskonaponskim instalacijama obavlja se pomoću voltmetra (slika 3.24.b).



Slika 3.24. Indikatori visokog (a) i niskog (b) napona

Uzemljenjem i kratkim spajanjem sprečava se pojava opasnih napona na mjestu rada za slučaj nehotičnog stavljanja mjesta rada pod napon ili u slučaju atmosferskog pražnjenja koje bi se moglo prenijeti na mjesto rada. Ova mjera se izvodi prenosnim ili trajno ugrađenim uređajima za uzemljenje i kratko spajanje. Oprema za uzemljenje i kratko spajanje i načini njenog postavljanja prikazani su na slici 3.25. Kao uzemljivači koriste se zemljovodi, ukoliko su blizu. Ukoliko to nije slučaj, mogu se koristiti i dobro uzemljeni dijelovi metalne konstrukcije.



Slika 3.25. Oprema za uzemljenje i kratko spajanje i načini njenog postavljanja

Zaštita od slučajnog dodira djelova postrojenja koji su pod naponom vrši se prije početka radova odgovarajućim ograđivanjem mjesta rada. Ovo se obično radi izolacionim prenosivim ogradama, izolacionim konopcima sa zastavicama upadljive boje, šarenim trakama upozorenja i sl. Ograda se podiže do visine 1–1,2 m, i na nju se postavljaju dobro uočljive tablice upozorenja da je taj dio postrojenja pod naponom.

3.5.1.2. Radovi u blizini napona

Radovi u blizini napona mogu biti u blizini napona iznad 1 kV ili u blizini napona do 1 kV.

Pri radovima koji se izvode u blizini napona iznad 1 kV, susjedne djelove pod naponom treba osigurati od direktnog ili indirektnog dodira djelova pod naponom pomoću dovoljno čvrstih i pouzdano postavljenih izolacionih zaštitnih pregrada, ploča, pokrivača i sl. Primjeri radova u blizini visokog napona prikazani su na slici 3.26.



Slika 3.26. Primjeri radova u blizini visokog napona

Tokom radova koji se izvode u blizini napona do 1 kV (naročito ako se radovi obavljaju u neposrednoj blizini djelova pod naponom, a djelovi pod naponom se nalaze nadohvat ruke i ne mogu se isključiti) mora se spriječiti dodir djelova pod naponom pomoću dovoljno čvrstih i sigurno postavljenih izolacionih zaštitnih pregrada, ploča, pokrivača i sl. Pri upotrebi ljestvi, glomaznih predmeta i transportnih sredstava u spoljašnjim postrojenjima i tokom radova na vodovima, najmanji sigurnosni razmak približavanja djelovima pod naponom je 0,5 m.

3.5.1.3. Radovi pod naponom

Za postrojenja napona iznad 1 kV radovi pod naponom su dozvoljeni ako su ispunjeni uslovi:

- da je zaposleni stručno osposobljen za takav rad i za bezbjedan rad
- da postoji odgovarajući elektroizolacioni alat, pomoćna sredstva, zaštitna oprema, lična zaštitna sredstva i sl. za svaku vrstu rada u skladu sa izabranim sistemom rada pod naponom
- da je izabrani sistem rada pod naponom i radni postupak utvrđen i provjeren
- da postoje pisana uputstva za svaku vrstu rada.

Radovi pod naponom su zabranjeni:

- ako na mjestu rada električna iskra može izazvati požar ili eksploziju
- u uslovima kada je ugrožen život ili zdravlje zaposlenog jer se radne operacije iz bilo kog razloga ne mogu obaviti na propisani način.

Za postrojenja napona iznad 1 kV dozvoljen je rad pod naponom, uz korišćenje zaštitnih rukavica i izolovanog i ispitanog alata, na djelovima elektroenergetskih objekata kod kojih nazivni naponi između aktivnih provodnika ili napon između aktivnih provodnika i zemlje ne prelazi 50 V naizmjeničnog, odnosno 120 V jednosmjernog napona.

Radovi na djelovima elektroenergetskih objekata koji su pod naizmjeničnim naponom većim od 50 V, odnosno 120 V jednosmjernog napona, mogu se obavljati samo ako su ispunjeni uslovi definisani za postrojenja napona iznad 1 kV.

3.5.2. Zaštitne procedure u elektroenergetskim objektima

Osnov za zaštitu osoblja i opreme u elektroenergetskim objektima je stroga primjena mjera bezbjednosti i zaštite na radu uz primjenu ličnih zaštitnih sredstava i zaštitne opreme i uređaja.



Zaštitne procedure u elektroenergetskim objektima imaju velik značaj koji se ogleda u zaštiti osoblja i sprečavanju narušavanja stabilnog i sigurnog rada elektroenergetskog sistema.

Neke od zaštitnih procedura koje se moraju preduzimati jesu pogonske manipulacije radi provjere uklopnog stanja opreme, stroga i striktna primjena ličnih zaštitnih sredstava i zaštitne opreme i uređaja, postavljanje zaštitne ograde i postolja, postavljanje oznaka upozorenja i zabrane i dr.



Pod pogonskom manipulacijom u elektroenergetskim objektima i postrojenjima visokog napona podrazumijeva se postupak kojim se mijenja uklopna šema postrojenja.

Sve pogonske manipulacije u elektroenergetskim objektima i postrojenjima visokog napona obavljaju se prema internim uputstvima preduzeća odnosno dijela preduzeća i posebnim uputstvima za određeni objekat, a u skladu s važećim preporukama i standardima.



Pri pogonskim manipulacijama obično se radi o manipulaciji prekidačima i rastavljačima uz veoma pažljivo vođenje računa o međusobnom redosljedu izvođenja operacija. Kako se najviše grešaka događa prilikom rukovanja rastavljačima, to je upravljanje rastavljačima dozvoljeno samo onda kada je strujni krug prekinut, tj. kada su prekidači snage isključeni.

Budući da postoji više mjesta komandovanja, od posebne važnosti je da se komandovanje izvodi sa što bezbjednijeg mjesta po rukovaoca, ali i po ostalo osoblje, opremu i sistem u cjelini.

Ukoliko je postrojenje urađeno tako da se aparatima indirektno rukuje posredstvom elektromotornih, elektroopružnih, pneumatskih i njima sličnih pogona s daljinskom komandom, rukovaocima ne prijete nikakva opasnost od električnog udara i nijesu potrebne posebne zaštitne mjere i sredstva. U ovom slučaju samo je potreban veoma pažljiv rad.



Izvođenje manipulacije je vrlo odgovoran posao i zahtijeva koncentrisan i pažljiv rad. U toj situaciji rukovalac treba da zahtijeva da prestane svaka druga aktivnost koja može da ga omete u radu; da zatraži od svih prisutnih mir i tišinu, pa i napuštanje prostorija dok se ne završe manipulacije. Rukovalac mora dobro proučiti šeme povjerenog mu postrojenja.



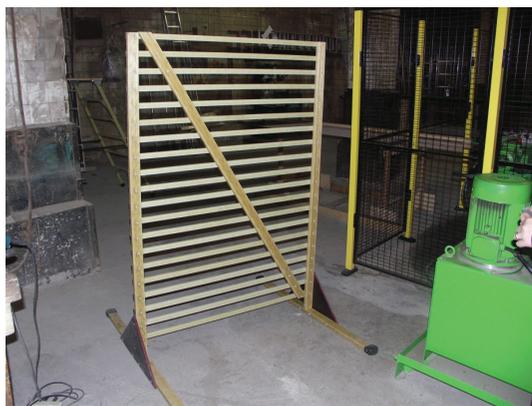
Ako se aparatima rukuje s lica mjesta, bilo u zatvorenom ili otvorenom prostoru, obavezna je primjena odgovarajuće propisane zaštitne opreme i zaštitnih sredstava.

U pogledu strukture manipulacije, postoje one koje su zajedničke za sve objekte, ali postoje i manipulacije karakteristične za svaki pojedinačni objekat. Najjednostavnija (prosta) manipulacija sastoji se od samo jednog uključjenja ili isključenja sklopnim uređajem (prekidačem ili rastavljačem). Manipulacije u postrojenju se obično sastoje od više prostih manipulacija – složena manipulacija.

Tokom izvođenja manipulacija veoma je važno strogo se pridržavati propisane procedure, mjera bezbjednosti (uz korišćenje lične zaštitne opreme), kao i veoma oprezan i pažljiv rad.

Prilikom neposrednog rukovanja pomoću izolacionih motki, metalnih ručki i poluga u zatvorenom i otvorenom prostoru obavezna je primjena zaštitnog šljema i rukavica, a preporučuje se i upotreba izolacionih čizama i naočara.

Ako se radi u blizini napona, uvijek postoji opasnost da radnik tijelom, alatom ili provodnim predmetom rada dođe u direktan dodir s djelovima pod naponom ili da se približi provodnim djelovima visokog napona na rastojanje manje od sigurnosnog razmaka. Tokom radova koji se izvode u blizini napona, susjedne djelove pod naponom treba obezbijediti od slučaja neposrednog ili posrednog dodira djelova postrojenja pod naponom. U tu svrhu se koriste sredstva za ograđivanje i izolovanje djelova pod naponom, kao što su zaštitne ograde (prikazane na slici 3.27), pregrade, ploče, prekrivači i druga zaštitna sredstava.



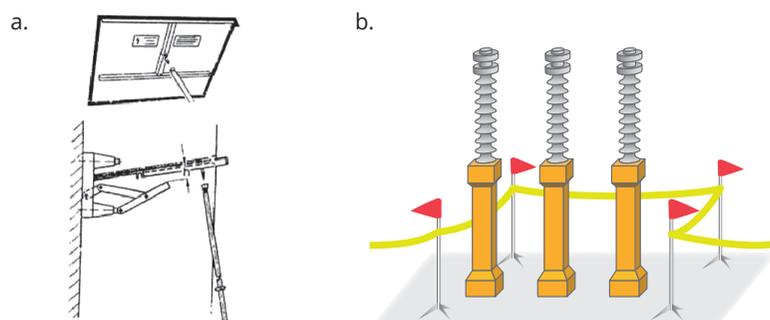
Slika 3.27. Izgled zaštitnih ograda

Ograđivanje mjesta rada i izolovanje djelova pod naponom, radi zaštite od slučajnog dodira djelova postrojenja koja su pod naponom, izvodi se nakon sprovođenja svih propisima predviđenih mjera bezbjednosti, a prije početka izvođenja radova.



Bez obzira na to što se prilikom gradnje postrojenja mora voditi računa o tome da naponi dodira i koraka budu u dozvoljenim granicama, na mjesto za rukovanje u postrojenjima obavezno se postavljaju izolaciona stajališta. Dijalektrična čvrstoća izolacionih tepiha mora biti jednaka barem dvostrukom najvećem naponu na uzemljenju, ali nikada manja od 2 kV.

Ograđivanje mjesta rada pomoću izolacione ploče (a) i prenosnim ogradama napravljenim od izolacionih konopaca sa zastavicama upadljive boje postavljenim na propisanim stalcima, ili korišćenjem postojećih uzemljenih djelova postrojenja (b), prikazano je na slici 3.28.



Slika 3.28. Postavljanje izolacione ploče (a) i ograđivanje mjesta rada konopcima (b)

Postavljanje ograde ima za cilj određivanje prostora sigurnog slobodnog kretanja. Ograđeni prostor mora imati pristup do mjesta rada kako bi se obezbijedila sigurna doprema opreme i alata za obavljanje radnog zadatka. U instalacijama s naponima > 1 kV mora se voditi računa o dozvoljenim udaljenostima od djelova pod naponom do ograde.

Opasna zona ograđena je radi zaštite od slučajnog dodira ljudi, a najmanji sigurnosni razmak između djelova pod naponom i izolacione zaštitne pregrade ne smije biti manji od vrijednosti datih u tabeli 3.3.

Tabela 3.3. Sigurnosni razmaci izolacione zaštitne pregrade

Nazivni napon (kV)	Najmanji razmak u vazduhu (mm)
Iznad 1 do 10 kV	115 mm u prostoriji
Iznad 1 do 10 kV	150 mm na otvorenom
Iznad 10 do 20 kV	215 mm u prostoriji i na otvorenom
Iznad 20 do 35 kV	325 mm u prostoriji i na otvorenom
Iznad 35 do 110 kV	1100 mm u prostoriji i na otvorenom
Iznad 110 do 220 kV	2200 mm u prostoriji i na otvorenom
Iznad 220 do 400 kV	2900 mm u prostoriji i na otvorenom

Ograde moraju biti čvrste, stabilne i dizajnirane tako da se mogu ukloniti ili otvoriti samo ključem ili posebnim alatom. Zaštitni uređaji koriste se zajedno s alarmima i blokadama, koji sprečavaju neovlašćeni pristup opremi koja može biti pod opasnim naponom.

Radovi u blizini napona mogu se izuzetno izvoditi i bez primjene izolacione zaštitne pregrade ili ploče ako ne postoji mogućnost njihove primjene (postrojenja starijih konstrukcija i sl.). U tom slučaju razmaci od djelova pod naponom ne smiju biti manji od vrijednosti datih u tabeli 3.4.

Tabela 3.4. Sigurnosni razmaci ako ne postoji mogućnost primjene zaštitne pregrade

Nazivni napon (kV)	Najmanji razmak u vazduhu (mm)
Iznad 1 do 10 kV	400 mm u prostoriji
Iznad 1 do 10 kV	700 mm u prostoriji i na otvorenom
Iznad 10 do 35 kV	700 mm u prostoriji i na otvorenom
Iznad 35 do 110 kV	1150 mm u prostoriji i na otvorenom
Iznad 110 do 220 kV	2300 mm u prostoriji i na otvorenom
Iznad 220 do 400 kV	3300 mm u prostoriji i na otvorenom

Ako je prilikom postavljanja izolacionih zaštitnih sredstava moguć dodir djelova pod naponom s tim izolacionim sredstvima, onda se ona moraju postavljati i skidati izolacionom motkom uz učešće dva ili više radnika.

U zaštitne procedure spada i postavljanje propisanih oznaka upozorenja (tablice upozorenja) oko djelova postrojenja pod naponom koji se nalaze u blizini mjesta rada (neke od njih su prikazane na slici 3.23). One se postavljaju radi upozorenja na to da su susjedni djelovi postrojenja pod naponom. Tablice upozorenja moraju biti tako postavljene da im je tekst uočljiv i čitljiv prilikom prolaska kroz radno mjesto i boravka na njemu.

Ukoliko se nadzor i komandovanje visokonaponskim postrojenjem vrši daljinski iz dispečerskog centra, svaka obavljena radnja mora biti sigurno provjerena povratnim signalom položaja uklopnog stanja. U dozvoli za rad moraju biti pobrojane sve mjere obezbjeđenja koje su daljinski izvršne. Odgovorni rukovodilac radova dužan je na licu mjesta još jednom provjeriti daljinski izvršene mjere obezbjeđenja.

Preostale mjere za obezbjeđenje mjesta rada vrši odgovorni rukovodilac radova. Prije pristupanja obezbjeđenju mjesta rada potrebno je isključiti daljinsko komandovanje iz dispečerskog centra, bilo za cijeli objekat ili za dio objekta na kojem se radi.



Šeme postrojenja i vodova, posebna uputstva i upozorenja moraju biti postavljena na vidno mjesto u pogonskim postrojenjima. Sva uputstva i upozorenja moraju se strogo poštovati.



1. Objasni podjelu na sigurnosne radne zone.
2. Analiziraj radove u beznaponskom stanju, radove u blizini napona i radove pod naponom.
3. Navedi zaštitne procedure u elektroenergetskim objektima.
4. Objasni važnost i način postavljanja zaštitnih ograda.

3.6. Vrste i načini izrade radne dokumentacije u elektroenergetskim objektima

3.6.1. Vrste radne dokumentacije

Radove u elektroenergetskim postrojenjima, u principu, treba izvoditi isključivo na osnovu dokumenata za rad. U elektroenergetskim objektima u dokumenta za rad ubrajaju se:

- program rada
- depeše
- nalog za rad
- dozvole za rad
- obavještenja o završetku rada.

Sadržaj svih djelova radne dokumentacije je striktno definisan propisima i standardima.

Program rada je dokument koji se sačinjava za veće i složenije radove u kojima učestvuju više radnih grupa, kojim se objedinjuje rad grupa i određuje koordinator radova. Dobro urađen program rada ne samo što povećava bezbjednost ljudi i postrojenja, već može uticati i na skraćivanje vremena zastoja u isporuci električne energije i smanjenje troškova poslovanja.

Depeša je zahtjev za obezbjeđenje beznaponskog stanja elemenata elektroenergetskog objekta potrebnih za izvođenje radova prema nalogu za rad. Depešom se zahtijeva beznaponsko stanje; definiše dužina trajanja beznaponskog stanja; imenuje odgovorni rukovodilac radova i daju druga kratka i važna obavještenja od interesa za obezbjeđenje beznaponskog stanja.

Nalog za rad je dokument kojim nadležni rukovodilac određuje stručno lice za vršenje konkretnog radnog zadatka. Obično se izdaje pisano, usmeno ili putem govornih telekomunikacionih veza. Primjer naloga za rad u CGES-u dat je na slici 3.29. Nalog treba da je napravljen tako da izvršiocu bude potpuno jasan zadatak – šta i kako treba da uradi.

Nalog za rad treba da sadrži sljedeće podatke:

- naziv i vrstu objekta i vrstu rada
- radni zadatak s bližom definicijom mjesta rada
- planirano mjesto rada i vrijeme početka i završetka radova, odnosno podatke o depeši na osnovu koje je obezbijeđeno beznaponsko stanje.

Ovo je minimalni sadržaj naloga za rad, a prema potrebi on može biti i opširniji.

Nalog za rad ne mora postojati u sljedećim slučajevima:

- nepredviđeni kvarovi na elektroenergetskim objektima i/ili manipulacije u slučaju neposredne opasnosti po živote ljudi
- lokalizacije i gašenja požara
- sprečavanja havarije u oštećenim elektroenergetskim objektima.

Nalog za rad piše se u tri primjerka priborom čiji se trag ne može obrisati: jedan se uručuje odgovornom rukovodiocu radova, drugi ostaje kod davaoca naloga a treći se predaje licu koje otvara dozvolu za rad. Svi članovi radne grupe odgovorne za izvršenje radnog zadatka moraju, od odgovornog rukovodioca radova, biti upoznati sa sadržajem naloga za rad.

CGES CRNOGORSKI
ELEKTROPRENOSNI
SISTEM AD

OBRAZAC br. 5.

Datum _____
U časova _____

NALOG ZA RAD br. _____

Za rad na objektu: _____
Ime odgovornog rukovodioca radova : _____
Odgovorna osoba za osiguranje mjesta rada i izdavanje "Dozvola za rad" je: _____
Mjesto rada: _____
Radni zadatak: _____

Radovi će se raditi po odobrenju isključenja (depeše) br. _____ od _____ u vremenu od _____

Radove će izvoditi:

1. _____	9. _____
2. _____	10. _____
3. _____	11. _____
4. _____	12. _____
5. _____	13. _____
6. _____	14. _____
7. _____	15. _____
8. _____	16. _____

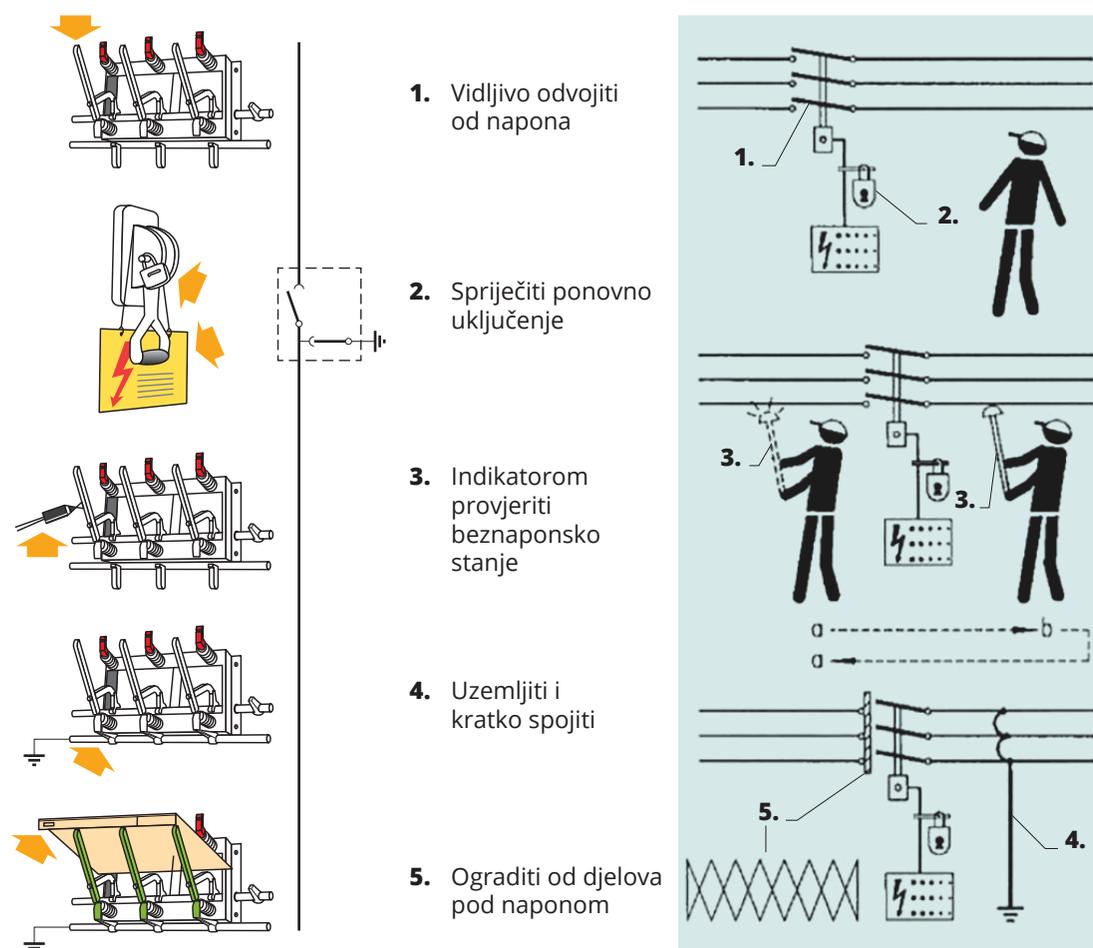
NALOG ZA RAD PRIMIO _____ NALOG ZA RAD IZDAO _____

Obavezna upotreba HTZ opreme i sredstava kolektivne zaštite
Radni nalog je izdat na sledeći način (podvući):
- pisano (na propisan način);
- putem govornih telekomunikacionih ili drugih veza (na propisan način).

Slika 3.29. Primjer naloga za rad u CGES-u

Dozvola za rad je pisani dokument u kome su naznačeni elektroenergetski objekti ili njihovi delovi za koje se izdaje, vrijeme izdavanja i važenja, odgovorni rukovodilac radova i lice koje izdaje dozvolu i sl. Dozvola se izdaje za radove u beznaponskom stanju u III zoni sigurnosti i za radove u blizini napona, nakon obezbjeđenja mjesta rada, a prije početka radova. Može se izdati pisano (preko određenog obrasca) ili putem govornih telekomunikacionih veza uz obostrano upisivanje podataka i sravnjivanje teksta. Dozvolu izdaje zaposleni koji je izvodio ili rukovodio poslovima obezbjeđenja mjesta rada, i ona se uručuje rukovodiocu radova. Prije preuzimanja i potpisivanja dozvole za rad odgovorni rukovodilac radova je obavezan da se upozna sa njenim sadržajem. Ukoliko smatra da nijesu ispunjeni svi uslovi, a naročito obezbjeđenje mjesta rada, on ima pravo da odbije prijem dozvole za rad, ili da preduzme dodatne mjere obezbjeđenja (npr. primjenu *zlatnih pravila* za rad u beznaponskom stanju...).

Zlatna pravila za rad i manipulacije u elektroenergetskim postrojenjima, koja se primjenjuju radi obezbjeđenja mjesta rada u VNRP-u od djelovana visokog napona, tj. za rad u beznaponskom stanju, prikazana su na slici 3.30.



Slika 3.30. Zlatna pravila za rad i manipulacije u elektroenergetskim postrojenjima

Prije početka radova odgovorni rukovodilac radova dužan je upoznati radnu grupu s opasnostima u postrojenju ili na objektu i mjerama zaštite koje su preduzete.

Za radove na istom elektroenergetskom objektu, u posebnim okolnostima, moguće je otvoriti više dozvola za rad. Za svaku dozvolu primjenjuje se ista navedena procedura. Objekat se može staviti pod napon tek nakon zatvaranja svih dozvola povezanih s radom u posmatranom postrojenju.

Obavještenje o završetku radova podnosi (na propisanom obrascu) odgovorni rukovodilac radova ovlaštenom licu koje je izdalo dozvolu za rad.

Nakon završetka radova, a prije predaje obavještenja o završetku radova, odgovorni rukovodilac radova je dužan da provjeri:

- ispravnost objekta za pogon, tj. izvršenost radova po nalogu za rad i efikasnost mjera za vraćanje postrojenja u normalan pogon

- da li su svi zaposleni koji su učestvovali u izvođenju radova povučeni sa mjesta rada
- da li je uklonjen sav alat, materijal, uređaji i zaštitna sredstva s mjesta rada.

Obavještenje o završetku radova mora sadržati sljedeće izjave:

- da su svi radovi na određenom mjestu rada završeni
- da su svi radnici koji su učestvovali u radu povučeni s mjesta rada
- da je uklonjen sav alat, materijal i uređaji s mjesta rada
- da su uklonjene sve mjere obezbjeđenja s mjesta rada, koje je postavio odgovorni rukovodilac radova
- da se elektroenergetski objekat ili njegov dio može staviti u pogon.

Obavještenje o završetku radova se podnosi na isti način na koji se izdaje dozvola za rad.



Zabranjeno je stavljanje pod napon elektroenergetskog objekta ili njegovog dijela (uključivanje) na osnovu unaprijed utvrđenog vremena završetka radova, a bez prijema obavještenja o završetku radova. Nalog za uključenje objekta pod napon daje lice odgovorno za upravljanje elektroenergetskim objektom (operator prenosnog ili operator distributivnog sistema) isključivo dežurnom rukovaocu komande.

Pored navedenih radnih dokumenata, u važnu radnu dokumentaciju može se ubrojati i: izvještaj o ukupnim troškovima realizovanog radnog zadatka, izvještaj o realizovanim radnim nalogima, evidencija utroška materijala, rezervnih djelova i opreme i dr.

3.6.2. Načini izrade radne dokumentacije

Pri projektovanju električnih instalacija jake struje, kao i elektrotehničkih postrojenja i objekata, koristi se različita tehnička dokumentacija.

U zavisnosti od vrste i namjene aparata, uređaja, odnosno objekta, kao i od namjene postrojenja i mreža, koriste se sljedeće vrste tehničke dokumentacije:

- arhitektonsko-građevinska, koja opisuje urbanistički prostor i građevinske objekte
- mašinska, koja definiše mašinski dio objekta i mašina
- tehnološka, koja definiše tehnološke, hemijske i druge radne procese i operacije
- dokumentacija unutrašnjih i spoljašnjih instalacija (vodovodnih, pneumatskih, hidrauličnih i sl.) i
- elektrotehnička, koja posebno reguliše električne instalacije objekta, postrojenja i sl.

Tehnička dokumentacija sadrži:

- tekstualnu dokumentaciju
- numeričku dokumentaciju
- grafičku dokumentaciju
- podloge za izradu tehničke dokumentacije.

Ako je za planiranu izgradnju potrebno uklanjanje postojećeg objekta, tehnički opis sadrži i opis postojećeg stanja i odgovarajuće grafičke priloge.

Da bi se neki investicioni projekat planirao i realizovao, neophodno je da postoji i tehnička investiciona dokumentacija, koja predstavlja skup svih dokumenata, projekata, elaborata, finansijskih analiza i pokazatelja u vezi s tim objektom.



U prošlosti se tehnička dokumentacija izrađivala uglavnom **ručno**, što je, zbog njenog obima, sadržaja i složenosti, iziskivalo i veliko vrijeme i značajan napor projektanata.

Zahvaljujući značajnim prednostima koje nude nove savremene informacione i komunikacione tehnologije i sredstva, u posljednje vrijeme izrada ove dokumentacije se uglavnom vrši **elektronskim putem**, korišćenjem računara. Tehničku dokumentaciju u elektronskoj formi čini skup fajlova elektronski formatizovanih kao elektronski zapisi, nazvani i povezani u skladu s naslovom projekta, odnosno dijela projekta, u foldere.

Tehnička dokumentacija izrađuje se u formatu kojim će se omogućiti komunikacija, autentifikacija i pregled elektronskog zapisa pomoću dostupnih pretraživača podataka odnosno alata za izradu teksta ili crteža, tako da se onemogući promjena njenog sadržaja.

Djelovi tehničke dokumentacije čuvaju se odvojeno, kao posebni fajlovi u jednom folderu (pdf format).

Opšta dokumentacija i projektni zadatak čuvaju se zasebno u posebnom folderu. Izuzetno od ovoga, jedan primjerak glavnog projekta izrađuje se u analognoj formi za potrebe građenja objekta, odnosno izvođenja pojedinih vrsta radova na objektu.

Tehnička dokumentacija, odnosno njeni djelovi, bez obzira na vrste radova, tj. namjenu objekta, treba da budu kompletirani po sadržaju u skladu s važećim pravilnikom/pravilnicima.



VJEŽBA: Demonstriranje primjene zaštitne opreme i uređaja

Cilj zadatka: Nakon obavljene vježbe učenik/učenica će biti sposoban/sposobna da primijeni raspoloživu zaštitnu opremu i uređaje u odgovarajućim uslovima, uz preporuke za njihovo korišćenje.

Nalog: Koristeći stečena znanja i raspoloživu opremu i uređaje, samostalno demonstriraj primjenu raspoložive zaštitne opreme i uređaja na zadatom primjeru.

Nastavnik/nastavnica formira grupe. U zavisnosti od raspoložive opreme i uslova u laboratoriji, svakoj od grupa daje posebne zadatke u vezi s primjenom raspoložive zaštitne opreme i uređaja na zadatom primjeru.

Nakon izvršenih zadataka grupe prezentuju svoje zaključke, tumače preporuke za korišćenje zaštitne opreme i uređaja. Na zadatom primjeru demonstriraju primjenu raspoložive zaštitne opreme i uređaja.



VJEŽBA: Tumačenje primjene zadatih oznaka upozorenja i zabrane

Cilj zadatka: Nakon urađene vježbe učenik/učenica će biti sposoban/sposobna da protumači primjenu zadatih oznaka upozorenja i zabrane na datom primjeru.

Nalog: Koristeći stečena znanja, samostalno demonstriraj primjenu oznaka upozorenja i zabrane na zadatom primjeru.

Nastavnik/nastavnica formira grupe. U zavisnosti od raspoložive opreme i uslova u laboratoriji, svakoj od grupa daje posebne zadatke u vezi s tumačenjem propisa i primjene oznaka upozorenja i zabrane na zadatom primjeru.

Nakon izvršenih zadataka grupe prezentuju svoje zaključke, tumače preporuke za korišćenje oznaka upozorenja i zabrane. Na zadatom primjeru demonstriraju primjenu oznaka upozorenja i zabrane.



1. Navedi vrste radne dokumentacije u elektroenergetskim objektima.
2. Opiši sadržaj naloga za rad i dozvole za rad.
3. Navedi *zlatna pravila* za rad i manipulacije u elektroenergetskim postrojenjima.
4. Navedi načine izrade radne dokumentacije u elektroenergetskim objektima.
5. Navedi sadržaj tehničke dokumentacije.

4.

Uticaj energetike na okolinu i mjere zaštite okoline

4.1. Uticaji energetike na okolinu

Iz dana u dan čovječanstvu treba sve više energije. Čovjek je, da bi zadovoljio veoma brzo rastuće potrebe, pod stalnim pritiskom da pronađe načine za optimalno iskorišćenje postojećih energetskih izvora i otkrije nove mogućnosti. Pri tome nailazi na mnogobrojne probleme, teškoće i izazove.



Veoma je važno istaći evidentnu činjenicu da praktično nema nijednog energetskog objekta ili postrojenja koje nema manji ili veći uticaj na životnu sredinu. Takođe je jasno da ne postoji ekološki čist izvor energije. Apsolutno čista energija, bilo da se ona dobija od Sunca, vjetra, vode ili nekog drugog izvora, ne postoji. Kod energetskih transformacija uticaj na okolinu je gotovo uvijek negativan, od direktnih ekoloških katastrofa poput izlivanja nafte, **kisjelih kiša** i radioaktivnog zračenja do indirektnih posljedica poput globalnog zagrijavanja i sl.

kisjela kiša

kiša ili bilo koja druga padavina zagađena sumpor-dioksidom, azotnim oksidima i drugim hemijskim jedinjenjima.



Uzimajući u obzir da će energetske potrebe čovječanstva nastaviti da rastu i u budućnosti, neophodno je hitno sprovesti aktivnosti i mjere kojima bi se uticaj eksploatacije i korišćenja energije na okolinu smanjio na prihvatljivu mjeru.

Očigledno je da pri korišćenju i energetskim transformacijama različiti izvori energije imaju različite uticaje na okolinu. Za što efikasniju borbu protiv raznih štetnih uticaja na okolinu i zaštitu od njih, neophodno je dobro poznavanje osnovnih karakteristika pojedinih izvora energije, kao i njihovog pojedinačnog uticaja na okolinu.

U današnjim uslovima veliki procenat energetskih potreba zadovoljava se korišćenjem fosilnih goriva, koja su, uz nuklearno gorivo, ekološki najne-prihvatljiviji izvor energije.

Od fosilnih goriva najčešće se koristi uglj. Njegovom proizvodnjom nastaju veliki negativni uticaji, kao što su: zauzimanje i izmjena namjene zemljišta, na kome se nalaze ležišta uglja; zagađenje vazduha štetnim gasovima i česticama; mijenjanje režima podzemnih voda usljed odvodnjavanja površinskih kopova; narušavanja estetskih vrijednosti okoline; pojava buke usljed rada mehanizacije; promjena reljefa zemljišta usljed otkopavanja uglja; uticaj na klimu; izmještanje **infrastrukture** i sl.

infrastruktura

ekonomska i organizaciona podloga nekog velikog projekta, poduhvata; podloga za privredni i društveni razvoj koju čine: saobraćajnice, vodene instalacije, izvori električne energije itd.

Uljni škriljci i njihova proizvodnja mogu da djeluju veoma nepovoljno na životnu sredinu, jer su njihovom proizvodnjom ugrožene površinske i podzemne vode zbog dugotrajnog raspada ostataka uljnih škriljaca, usljed čega dolazi do dejstva **kerogena** na okolinu. Znatno manji uticaj na životnu sredinu ima proizvodnja nafte i prirodnog gasa. Problemi mogu da nastanu uglavnom pri nesprovođenju predviđenih mjera zaštite i sigurnosti i pri nekontrolisanom izlivanju nafte.

kerogen

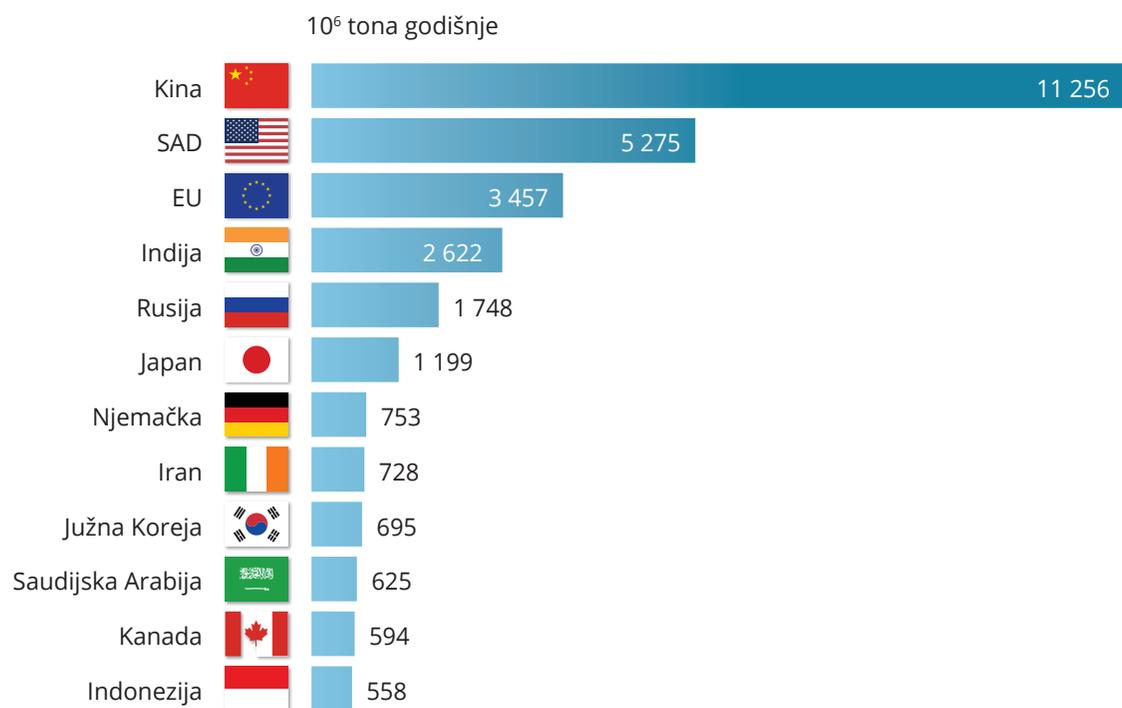
čvrsta, raspršena, nerastvorljiva organska materija (ugljenik) u sedimentnim stijenama, uključujući naslage uglja i mineralnog ulja. On je najzastupljeniji izvor organskih jedinjenja na Zemlji.

Pri eksploataciji nuklearnog goriva glavna opasnost je moguće radioaktivno zagađenje okoline rudnika putem vazduha, ali često i putem površinskih i podzemnih voda, kao i veoma opasni radioaktivni otpad koji utiče na strukturu organizama na vrlo bazičnom nivou.

Pored navedenih štetnih efekata u vezi s proizvodnjom energije, značajan uticaj na zagađenje životne sredine imaju i procesi potrošnje različitih oblika energije. Ovi efekti se najčešće manifestuju zagađivanjem atmosfere. Pri tim procesima glavni izvori zagađenja jesu razne vrste transportnih sredstava, razni termički uređaji i aparati, industrijska postrojenja, uređaji u poljoprivredi, uređaji u domaćinstvima i sl. Vrste ovih zagađenja zavise od njihovog izvora, njihovog procenta u ukupnoj emisiji, od lokacije i vremena rada, atmosferskih prilika i sl.



Najveći problem prilikom eksploatacije fosilnih goriva javlja se u procesu njihovog sagorijevanja, pri čemu ispuštaju u okolinu velike količine štetnih produkata sagorijevanja, prvenstveno ugljen-dioksida (CO₂). Grafički prikaz država glavnih emitera štetnog gasa ugljen-dioksida u 2018. godini prikazan je na slici 4.1.



Slika 4.1. Države glavni emiteri ugljen-dioksida u atmosferu, 2018.



Kako izgleda okruženje termoelektrana i industrije u radu i neki od efekata zagađenja njihove okoline prikazani su na slici 4.2.



Slika 4.2. Ispuštanje produkata sagorijevanja i njihov uticaj na okruženje

Uprkos dobro poznatim prednostima koje nose sa sobom obnovljivi izvori energije, negativni efekti njihovog korišćenja po životnu sredinu nijesu potpuno zanemarljivi. Ovi uticaji zavise od vrste obnovljivog izvora, i različiti su od izvora do izvora. U svim energetske i ekološkim analizama i o njima se mora voditi računa.

Štetnost energetske transformacije i korišćenja energije mogu se sagledati analizom nastajanja različitih efekata i različitih uticaja koji pri tome nastaju.



1. Objasni uticaje energetike na okolinu.
2. Napravi pregled štetnih efekata u vezi s proizvodnjom i potrošnjom različitih oblika energije.
3. Opiši okruženje termoelektrana usljed zagađenja njihove okoline.

4.2. Nastajanje i efekti osnovnih uticaja energetike na okolinu

Osnovni negativni efekti energetike na okolinu mogu se podijeliti na:

- efekte staklene bašte
- efekte kisjelih kiša i
- efekte ozonskih rupa.

4.2.1. Efekat staklene bašte

Zemlju okružuje atmosfera, gasoviti omotač čiji sastav i osobine uslovljavaju život na njoj. U atmosferi se odigravaju stalne reakcije i interakcije sa živim bićima, ali se ona ipak nalazi u prirodnoj ravnoteži.

Međutim, usljed povećanja količine ugljen-dioksida (CO_2) u atmosferi došlo je do povećanja tzv. **efekta staklene bašte**. Ugljen-dioksid se proizvodi disanjem živih bića i široko rasprostranjenim sagorijevanjem fosilnih goriva (uglja, nafte, zemnog gasa-plina), a osnovni naučni dokazi pokazuju da taj gas znatno utiče na pojavu efekta staklene bašte. Pretjerana emisija štetnih

gasova iz fabrika, automobila i drugih izvora glavni su faktori koji doprinose povećanju tog efekta i pojačanom zagrijavanju Zemljine atmosfere.

Efekat staklene bašte je jedan od najčešće pominjanih termina kada se govori o klimatskim promjenama. Ovu pojavu među prvima je opisao Dawn Tindal još sredinom 19. vijeka. Najjednostavnije rečeno, ovaj prirodni fenomen/efekat je ono što Zemlju čini toplom.

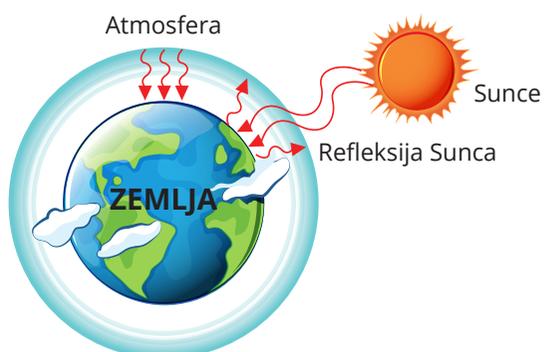
Proces zagrijavanja planete Zemlje koji je nastao poremećajem energetske ravnoteže između količine zračenja koje Zemljina površina prima od Sunca i vraća u svemir, tj. zagrijavanje atmosfere usljed smanjenja odlazećeg Sunčevog zračenja, naziva se efekat staklene bašte.

Okeani i biljke (prije svega velike površine prekrivene šumom) apsorbiraju CO₂ iz atmosfere (smanjuju nivo CO₂).

Pojava koja predstavlja narušavanje prirodne ravnoteže i zadržavanje veće količine toplote u Zemljinoj atmosferi, što za posljedicu ima povećanje prosječne temperature Zemljine atmosfere i okeana, kao i prateće klimatske efekte naziva se **globalno zagrijavanje**.

Što je viša koncentracija ovih gasova u atmosferi, veća količina toplote ostaje zarobljena i temperatura postaje viša. Atmosferski gasovi koji stvaraju efekat staklene bašte u normalnim uslovima održavaju prosječnu temperaturu na Zemlji od oko 15 °C. Procjenjuje se da bi bez ovih gasova prosječna temperatura bila oko -18 °C (oko 30 stepeni niža).

Utvrđeno je da je osnovni efekat staklene bašte proces zagrijavanja Zemlje koji je nastao poremećajem energetske ravnoteže između količine zračenja koje Zemljina površina prima od Sunca i vraća u svemir (slika 4.3). Dio toplotnog zračenja koje stiže do Zemljine kore, odbija se u atmosferu i, umjesto da ode u svemir, apsorbiraju ga neki gasovi u atmosferi i ponovo dozračuju na Zemlju. Na ovaj način se temperatura Zemljine površine povećava. Gasovi staklene bašte zapravo propuštaju energiju u atmosferu i sprečavaju je da *pobjegne* napolje.



Slika 4.3. Efekat staklene bašte

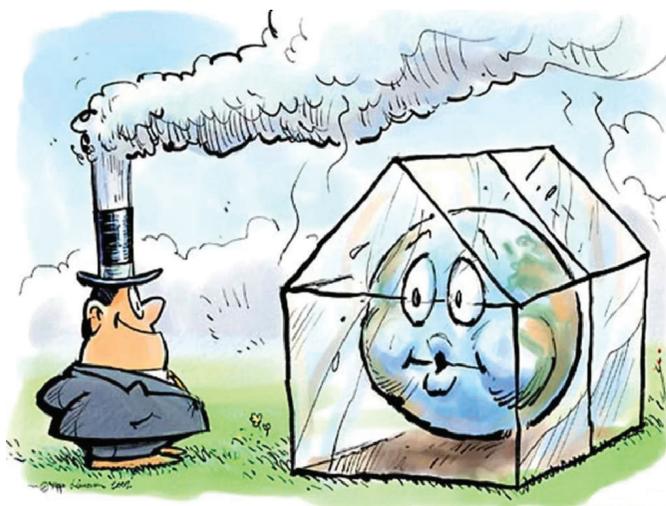


Doprinos ugljen-dioksida za zagrijavanje Zemlje usljed efekta staklene bašte je oko 60%. Pri tome, ugljen-dioksid ima relativno mali potencijal zagrijavanja, ali mu je koncentracija u masi gasova u atmosferi daleko najveća. Glavni izvor ugljen-dioksida je sagorijevanje fosilnih goriva kao što su ugalj, nafta i gas, kao i izmiješani uslovi i namjena korišćenja zemljišta, te erozija šuma i zemljišta (oksidacija ugljenikovih materijala u tlu).



Efekat staklene bašte nastaje na sličan način kao proces koji se odvija u staklenoj bašti/stakleniku, gdje Sunčevi zraci vidljivog i ultraljubičastog dijela spektra prodiru kroz staklene zidove i griju tlo ispod stakla. Tlo potom emituje infracrveno zračenje koje ne može proći kroz staklo, zadržava se unutra i tlo unutar bašte ostaje zagrijano. Usljed toga je u staklenicima mnogo toplije nego izvan njih.

Na isti način se ponaša i planeta Zemlja, u čijem okruženju postoje materije (gasovi) koje se ponašaju kao stakleni krov. Prilikom izbacivanja produkata sagorijevanja iz fabričkih dimnjaka, auspuha automobila i sl., ugljen-dioksid i ostali štetni gasovi formiraju omotač oko Zemlje koji propušta toplotu da prodre do površine, ali ne i da se vrati u vasionu. Na ovaj način atmosfera djeluje kao prekrivač koji zaustavlja gubitak toplote. Koncentracija ovih gasova u atmosferi (osim vodene pare) raste usljed čovjekovog djelovanja (sagorijevanja fosilnih goriva, određenih industrijskih procesa, odlaganje otpada, poljoprivredne proizvodnje i stočarstva, korišćenja automobila i sl.) (slika 4.4).



Slika 4.4. Prikaz čovjekovog uticaja na stvaranje efekta staklene bašte

Što je viša koncentracija ovih gasova u atmosferi, veća količina toplote ostaje zarobljena, i temperatura postaje viša. Na ovaj način površina Zemlje postaje sve toplija i iz godine u godinu temperature su sve više.

Razlog koji dovodi do efekta staklene bašte, usljed kojeg dolazi do zagrijavanja površine Zemlje, drugačiji je od onog u staklenoj bašti. U staklenoj bašti do zagrijavanja dolazi usljed smanjene cirkulacije vazduha i miješanja zagrijanog vazduha, a ne zbog same apsorpcije Sunčevog zračenja. Ipak, ovaj pojam je široko rasprostranjen i opšteprihvaćen za upotrebu.

Osnovne štetne posljedice staklene bašte jesu:

- porast temperature 1,5–4,5 °C na 100–150 godina
- topljenje polarnog leda
- porast nivoa mora
- povećanje isparavanja mora, povećanje oblačnosti...

Smatra se da je zbog ekstremnog povećanja temperatura živi svijet na Zemlji sve ugroženiji. Sve više izumiru i nestaju razne biljne i životinjske vrste.

Treba imati na umu da je ugljen-dioksid, kao i drugi gasovi staklene bašte, veoma važan faktor u vitalnim ciklusima koji održavaju život na Zemlji: biljke ga koriste u fotosintezi, čime oslobađaju kiseonik neophodan da se održi život živih bića, koja kroz izdisaj vraćaju ugljen-dioksid u atmosferu i time se završava ciklus. Kao što je već rečeno, efekat staklene bašte, u normalnim uslovima, jeste prirodan proces koji čini život na Zemlji mogućim.

Danas se veoma često, kao termin koji opisuje povećanje prosječne temperature Zemljine atmosfere i okeana, kao i prateće klimatske efekte, odnosno zagrijavanje usljed povećanog efekta staklene bašte, koristi širi termin globalno zagrijavanje. Pod globalnim zagrijavanjem se obično podrazumijeva porast temperature najnižih slojeva Zemljine atmosfere. Jednostavno rečeno, gasovi staklene bašte stvaraju neku vrstu folije oko Zemljine atmosfere i time proizvode njeno zagrijavanje, koje se naziva globalno zagrijavanje.

Istraživanja sprovedena u vezi s ovim fenomenom pokazala su da je globalno zagrijavanje prvenstveno prouzrokovano povećanjem koncentracije gasova staklene bašte, nastalih uglavnom ljudskim aktivnostima. Efekti globalnog zagrijavanja su veoma vidljivi svuda oko nas. Neki od negativnih efekata prikazani su na slici 4.5.



Slika 4.5. Efekti globalnog zagrijavanja

Osim povećanja temperature, efekti globalnog zagrijavanja jesu i:

- rast nivoa mora
- promjene u padavinama i širenje pustinja, povećanje kisjelosti okeana i sl.
- ekstremniji meteorološki fenomeni, kao što su suše, toplotni talasi i sl.
- sve češća pojava jačih uragana i oluja
- sve češća pojava poplava u različitim regionima svijeta
- smanjivanje količina dostupne pitke vode
- veliki poremećaji u različitim ekosistemima usljed njihovog *pomjeranja* na sjever. Pri tome će neke vrste uspijevati da prate ta pomjeranja, dok druge neće biti u stanju i na taj način će doći do njihovog izumiranja
- širenje nekih zaraznih bolesti (npr. malarije) u sjevernije predjele



Mnogima može izgledati ne-realno da će biti nečeg lošeg u tome što će na planeti Zemlji biti malo toplije. Međutim, globalni porast temperature bi mnogo uticao na uslove života na Zemlji, a možda bi čak doveo i do toga da život ljudi na planeti više i ne bude moguć.



Od početka 20. vijeka, srednja temperatura Zemljine površine se povećala za oko 0,8 °C, pri čemu je ovo povećanje bilo naročito izraženo u posljednjih nekoliko dekada.

- poremećaji u lancima ishrane
- poremećaji u životnim ciklusima i fenofazama, tako da se može desiti da neke biljke cvjetaju ranije nego što se pojave njihovi oprašivači...

Jasno je da će globalno zagrijavanje Zemljine atmosfere dovesti do ozbiljnih promjena u životnoj sredini. Porast temperature će ubrzati topljenje glečera i polarnog leda, što će dovesti do podizanja nivoa mora i završiti stalnim poplavama gusto naseljenih područja. Ovo će rezultirati brojnim klimatskim izbjeglicama (ljudi koji će usljed posljedica klimatskih promjena biti prisiljeni da promijene svoje stanište).

Vremenske prilike već jesu i biće modificovane: broj radikalno toplih dana će se povećati, učestanost i ozbiljnost oluja, uragana, poplava, suša i šumskih požara će se povećati, intenzivnije padavine će škoditi nekim oblastima, a u isto vrijeme će, u nekim oblastima i regijama, uticati i na zalihe pitke vode...

Neophodno je istaći da globalno zagrijavanje ne treba miješati s oštećenjima ozonskog omotača, što se povremeno dešava.



Efekat staklene bašte, koji je milionima godina bio blagoslov za Zemlju, jer je osiguravao normalno odvijanje fizioloških funkcija svih živih organizama, izgleda da se tokom posljednjeg vijeka pretvara u ozbiljnu prijetnju, izazvanu mnogobrojnim ljudskim aktivnostima.

4.2.2. Efekat kisjelih kiša

Kisjele kiše predstavljaju jedan od glavnih uzroka odumiranja šuma i veliki izvor zagađenja životne sredine. One posjeduju visok stepen sumpor-dioksida, azotnih oksida i drugih hemijskih jedinjenja, koja se u dodiru s vodom pretvaraju u kisjeline.



Kisjelost – pH vrijednost – okvirno se može definisati kao broj koji služi kao mjera prisutnih vodonikovih jona u rastvoru. Pri 25 °C vrijednost pH može biti između 0 i 14, pri čemu je 7,0 neutralno. Ljestvica pH vrijednosti različitih hranljivih materija prikazana je na slici 4.6. Vrijednost pH grubo se određuje pomoću indikatorskih papira, koji kod različitih koncentracija vodonikovih jona pokazuju različite boje (lakmus papir). Mnogo je tačnije određivanje pomoću potenciometrijskog uređaja poznatog kao *pehametar*.



Slika 4.6. Ljestvica pH vrijednosti

Uobičajena pH vrijednost kiše je oko 5,5, a pH vrijednost kisjele kiše je između 4 i 4,5. To znači da ona sadrži otprilike 40 puta više kiseline od običnih padavina. Veliko smanjenje pH vrijednosti dovodi do izumiranja mikroorganizama, a javlja se i problem nedostatka pitke vode.

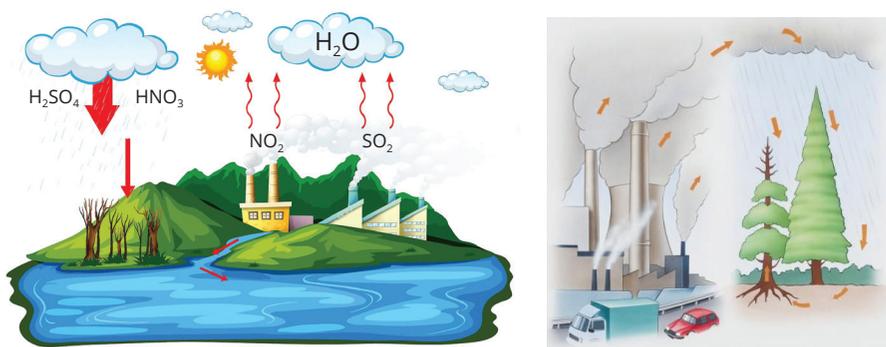
Upravo zagađenje voda predstavlja najveći problem. Zagađenje iz vazduha kisjelim kišama prenosi se do zemlje i sliva se u površinske i podzemne vodene tokove. Kisjele kiše su jedan od glavnih razloga smanjenja zaliha pitke vode na svjetskom nivou, i kao takve predstavljaju ozbiljan problem.



Kada kisjele kiše dođu u tlo, dolazi do hemijskih reakcija, pri čemu se oslobađaju teški metali. Tako nastali teški metali mogu kroz tlo dospjeti u izvore pitke vode, što za posljedicu ima uticaj na ljude i sve žive organizme koji će koristiti vodu s tog izvora.

Smatra se da najveći broj različitih hemijskih zaprljača u sastavu kisjelih kiša dolazi od različitih fabrika kao produkt u procesima proizvodnje u velikim gradovima, industrijskih kompleksa, termoelektrana, saobraćaja, grijanja domaćinstava i sl. Kisjele kiše obično izazivaju štetu daleko od svojih stvarnih štetnih izvora.

Može se reći da se termin *kisjela kiša* odnosi i na maglu, rosu i snijeg, pa bi bilo ispravnije koristiti naziv *kisjela padavina*, odnosno **kisjela depozicija**, koja može biti: vlažna (kisjela kiša, magla i snijeg) ili suva depozicija (kisjeli gasovi i čestice). Nastanak i promjene izazvane kisjelim kišama prikazane su na slici 4.7.



Slika 4.7. Nastanak i promjene izazvane kisjelim kišama

Najčešće se kao štetne posljedice kisjelih kiša navode:

- zagađenje površinskih voda, koje predstavlja najveći problem
- zagađenje iz vazduha kisjelim kišama prenosi se do zemlje i sliva se u površinske i podzemne vodene tokove
- smanjenje zaliha vode za piće na svjetskom nivou, što predstavlja ozbiljan životni problem
- zagađenje jezera i vodotoka, što ugrožava biljni i životinjski svijet u njima

- slaba kisjelina u kišnici može da nagrize krečnjak u građevinama i spomenicima, jer je on baznog sastava...

Uticaj kisjelih kiša na šume je veoma evidentan. Najčešće se manifestuje na sljedeći način:

- Sumporna i azotna kisjelina negativno djeluju na biljke jer remete proces fotosinteze, što ima za posljedicu oštećenje lišća i odumiranje šuma.
- Kisjelina rastvara hranjive sastojke koji su biljkama potrebni za izgradnju njihovih ćelija i dospijeva u korijenje i lišće oštećujući njihova tkiva.
- Kisjelim kišama se direktno ugrožava njihovo oprašivanje ili razmnožavanje, što može dovesti do potpunog izumiranja i istrebljenja takvih vrsta...

Kisjele kiše štetno utiču i na ekosistem, jer predstavljaju jedan od najvećih problema u zagađivanju okoline. Njihovo štetno dejstvo ogleda se u:

- zakisjeljavanju rijeka, jezera i površinskih voda, što uništava vodene biljke i vodene organizme i životinje, kao i raznu divljač
- uništavanju šumskih kompleksa, korijenja i lišća stabala, rastinja i sl.
- oštećenju materijala, kao što su građevinske i metalne konstrukcije (šine, vozila, mašine, kranovi i sl.) i ubrzanom propadanju zgrada
- oštećenju spomenika kulture, naročito onih od mermera i krečnjaka
- lošijem kvalitetu vazduha i smanjenju vidljivosti
- izazivanju ozbiljnih oboljenja ljudi (srce, pluća, astma, bronhitis i sl.).



Kisjele kiše po rekordno niskim pH vrijednostima (2,1) zadesile su SAD 1964. godine. Škotsku je 1974. godine zadesio sličan problem, sa pH vrijednošću kisjele kiše od 2,4. U Srbiji, u Boru, vrijednost kisjelih kiša često dostiže pH vrijednosti 2 i 3.



Negativni efekti kisjelih kiša na spomenike od mermera i krečnjaka prikazani su na slici 4.8.



Slika 4.8. Negativni uticaj kisjelih kiša na spomenike

Velika područja šuma s uginulim stablima često se prikazuju u štampanim i elektronskim medijima kako bi se javnost upozorila na ovaj veliki problem (slika 4.9).



Slika 4.9. Efekat kisjelih kiša na šume

Raščišćavanjem takvih područja, sjećenjem i uklanjanjem oštećenih i uginulih stabala i ponovnim pošumljavanjem, mogu se popraviti vizuelni efekti, ali se ne može riješiti uzrok problema koji je doveo do odumiranja stabala, biljaka, pa i nekih životinja.

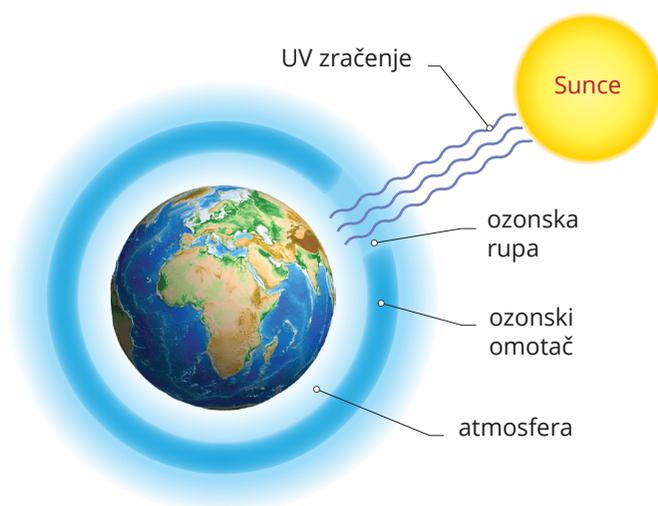
Kod ljudi i životinja kisjela kiša može izazvati ekceme na koži, opekotine i sl., što nastaje direktnim stavljanjem otrovnih kiselina, kao što su sumporna i azotna i sl., na kožu.

4.2.3. Efekti ozonskih rupa



Ozonska rupa je geografski ograničena pojava smanjivanja ozonskog sloja u atmosferi (slika 4.10).

Ozonske rupe su područja sa izrazito prorijeđenim stratosferskim ozonom, koja se od kraja 1970. pojavljuju iznad polarnoga predjela južne hemisfere u proljeće (septembar, oktobar), a od kraja 1980. krajem proljeća i iznad polarnih predjela sjeverne hemisfere (Kanada, sjever Evrope i Azije).



Slika 4.10. Primjer ozonske rupe u Zemljinoj atmosferi

Ozon je gas blijedoplave boje koji nastaje u gornjim slojevima atmosfere (stratosferi) pod snažnim dejstvom ultraljubičastog zračenja koje dolazi sa Sunca. U donjem sloju ovog dijela atmosfere nalazi se ozon u obliku **ozonskog omotača** čija debljina varira iznad različitih djelova Zemlje i zavisi od godišnjeg doba.



Ozonski omotač je ključan za održavanje života na Zemlji. Upravo je njegovo stvaranje prije više stotina miliona godina bilo preduslov da život iz vode pređe na kopno.

Neophodno je voditi računa i o tome da je ozon vrlo nestabilan molekul. Sunčevo zračenje omogućava stvaranje ozona, ali isto tako ono ga i razgrađuje.

Ozonska rupa je ustaljeni, iako ne i adekvatan, termin kada se govori o oštećenjima koja su nastala na ozonskom omotaču. Neadekvatnost ovog termina ogleda se u činjenici da je riječ o pojavi istanjenog sloja ozona, a ne o njegovom potpunom izostanku.

Oko uzroka pojave ozonskih rupa postoji više suprotnih teorija. Neki naučnici tvrde da su to prirodne pojave, dok drugi tvrde da je čovjek uzrok njihove pojave.



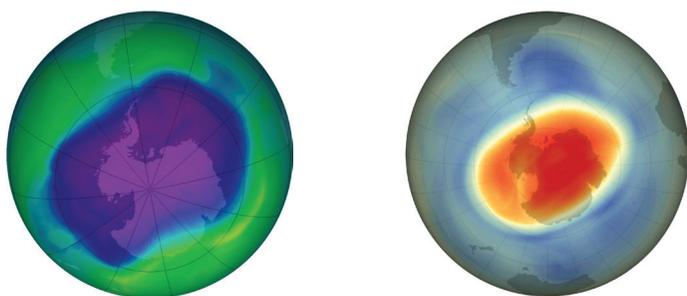
U skladu s mišljenjem da čovjek izaziva nastanak ozonskih rupa, u literaturi se navodi da one nastaju kako zbog čovjekovog uticaja na okolinu tako i zbog pojave gasova staklene bašte. Iako su gotovo sve države članice Ujedinjenih nacija nakon 1990. smanjile ili potpuno prekinule stvaranje gasova staklene bašte (pogotovo nakon otvaranja za potpisivanje Kjoto protokola 1997. i njegovog stupanja na snagu 2005), zbog *zakašnjelog* efekta djelovanja, još najmanje nekoliko desetina godina će biti prisutan fenomen pojave ozonskih rupa. Pretpostavlja se da će čovjekov uticaj na ozonske rupe stvaranjem gasova staklene bašte nestati negdje oko 2050. godine, kada će se ozonski omotač vratiti u stanje u kakvom je bio prije 1980. godine.

Kroz ozonske rupe do Zemljine površine prodire dio ultraljubičastoga zračenja koje bi u normalnim uslovima zaustavio ozonski omotač. Ozonske rupe nastaju ponajprije zbog ispuštanja u stratosferu industrijski proizvedenih gasovitih supstanci koje oštećuju ozon (a koje su proizvod ljudskih aktivnosti). To su prije svega halogenirani ugljovodonici, poznati pod trgovačkim nazivima freoni i haloni. Oni se u atmosferi razgrađuju tek na velikim visinama pod uticajem zračenja velike energije. Tako nastaje molekul kiseonika i nestabilan spoj koji se ubrzo raspada na kiseonikov atom i na halogene radikale, koji su tada spremni za nove hemijske reakcije.

U literaturi se kao osnovne posljedice ovih pojava navode:

- oštećenje ozonskog omotača i njegovo istanjenje izaziva niz poremećaja zdravstvenog stanja ljudi
- pojačano ultraljubičasto (UV) zračenje može izazvati rak kože, dovesti do mutacije genetskog materijala, oštećenja oka, pojave katarakte, a takođe narušiti i imuni sistem ljudi i životinja.

Izgled ozonskih rupa snimljenih iznad Antarktika prikazan je na slici 4.11.



Slika 4.11. Ozonske rupe snimljene iznad Antarktika

Osim na ljude, UV zračenje štetno utiče i na ostatak prirode.

Na vodene ekosisteme utiče tako što ograničava proizvodnju fitoplanktona i zooplanktona (glavne karike u okeanskom lancu ishrane) i nanosi štetu u ranim fazama razvoja riba, rakova, vodozemaca i drugih vrsta.

Kod kopnenih biljaka utiče na njihov rast, mada određeni broj vrsta ima sposobnost prilagođavanja povećanom zračenju.



1. Objasni nastajanje efekta staklene bašte.
2. Objasni nastajanje i efekat kisjelih kiša.
3. Objasni nastajanje i efekat ozonskih rupa.
4. Analiziraj globalno zagrijavanje.

4.3. Uticaji različitih izvora električne energije na životnu sredinu

Pri korišćenju različitih izvora energije, ili pri njihovoj transformaciji u druge oblike energije, koriste se različiti postupci čije su propratne pojave veoma različite. Stoga je i uticaj različitih izvora električne energije na životnu sredinu i ekosisteme veoma različit, i gotovo uvijek negativan. Ovaj uticaj može biti u vidu direktnih ekoloških katastrofa (nuklearne katastrofe, izlivanje nafte u mora, kisjele kiše i sl.) ili indirektnih posljedica (globalno otopljanje i sl.).



Različiti negativni uticaji mogu se javiti u svim fazama proizvodnog ciklusa, pri ekstrakciji (vađenju) goriva odnosno pri eksploataciji nalazišta različitih izvora energije, pri njihovoj transformaciji u druge transformisane ili korisne oblike, njihovom prenosu i raspodjeli, kao i pri njihovoj finalnoj potrošnji i korišćenju njihovih transformisanih ili korisnih oblika.

Kao što je već napomenuto, električna energija se može proizvesti korišćenjem (transformacijom) raznih izvora energije (primarnih i transformisanih). Ovako dobijena električna energija se zatim prenosi i distribuira do potrošača, gdje se troši. U svim ovim fazama dolazi do određenih, manjih ili većih, negativnih uticaja na životnu sredinu.

Efekti zagađenja životne sredine usljed proizvodnje električne energije iz konvencionalnih elektrana mogu biti lokalni ili globalni.

U lokalne efekte ubrajaju se:

- zagađenje vazduha, zemljišta i voda (TE)
- promjena mikroklimе (TE, HE)
- toplotno zagađenje riječnih tokova, vodenih bazena i vazduha (TE, NE)
- uništavanje plodnog zemljišta i šuma i stvaranje jalovišta (TE, HE)
- stvaranje radioaktivnog otpada (NE) i sl.

U globalne efekte spadaju:

- povećanje globalne temperature na Zemlji (efekat staklene bašte...)
- pojava kisjelih kiša (izumiranje šuma i sl.)
- negativan uticaj na kvalitet voda i ekosistem...

Kada su u pitanju pojedini izvori energije, njihov uticaj na životnu sredinu može biti izražen kao uticaj na vazduh, na vodu, na zemljište i na okolinu/pejzaž.

Fosilna goriva

Uticaj na vazduh: Sagorijevanje fosilnih goriva praćeno je ispuštanjem dima s velikim sadržajem čađi i prašine, raznih kiselina, sumpor-dioksida, oksida azota i vodonik-sulfida, koji zagađuju vazduh, dovode do kisjelih kiša i utiču na globalno zagrijavanje. Transport i skladištenje prirodnog gasa uvijek stvara rizik od curenja, eksplozija i požara. Tornjevi sistema za hlađenje termoelektrana imaju mikroklimatski uticaj. Sagorijevanje fosilnih goriva dovodi do efekta staklene bašte, ozonskih rupa i slično.

Uticaj na vodu: Mijenjanje režima podzemnih voda usljed odvodnjavanja površinskih kopova. Ispiranje uglja dovodi do zagađenja vode. Iste posljedice imaju i gomile uglja na stovarištima. Fosilna goriva dovode do koncentracije kiselina u kišnici (kisjele kiše). Rudnička eksploatacija ima negativan uticaj na raspoložive vodne resurse. Curenje, nekontrolisano

izlivanje i oticanje nafte dovode do zagađenja vode. Ekstrakcija uglja ima za posljedicu tečni otpad koji zagađuje vodu. Voda koja se koristi za rashlađivanje generatora za proizvodnju električne energije podiže temperaturu vode u bazenu u koji se ispušta ili je zagrijava u nastavku vodotoka. Sagorijevanje tečnog gasa stvara problem odlaganja tečnih rezidua.

Utjecaj na zemljište: Zauzimanje i izmjena namjene zemljišta. Eksploatacija rudničkih kopova, pogoni i cjevovodi uzrokuju iskopavanja i premještanje velikih količina plodnog zemljišta. Odlaganje pepela, šljake i otpada u čvrstom stanju zagađuje zemljište. Odlaganje kisjelina nastalih upotrebom fosilnih goriva povećava kisjelost zemljišta. Rudnička eksploatacija dovodi do slijeganja zemljišta.

Utjecaj na okolinu/pejzaž: Narušavaju se estetske vrijednosti okoline. Odlaganje jedinjenja kisjelina dovodi do štetnog uticaja na floru i faunu. Ekstrakcija fosilnih goriva ugrožava prirodna staništa i smanjuje njihovu površinu. Tornjevi sistema za hlađenje, dimnjaci elektrana i mreže kablova utiču na vizuelni doživljaj pejzaža. Rudnička eksploatacija, površinski kopovi, proizvodnja električne energije, transport i odlaganje otpada (cjevovodi) dovode do potpune degradacije pejzaža i narušavanja ekosistema na tom području (slika 4.12). Curenje i oticanje nafte dovodi u opasnost živi svijet i priobalna područja.



Slika 4.12. Utjecaj korišćenja fosilnih goriva na okolinu

Nuklearna energija

Utjecaj na vazduh: Radioaktivno zagađenje okoline rudnika putem vazduha. Kvarovi u nuklearnim elektranama dovode do emisije radionuklida. Tornjevi sistema za hlađenje imaju mikroklimatski uticaj.

Utjecaj na vodu: Rad nuklearnih elektrana uzrokuje povećanje temperature vode u bazenima u koje se ispušta voda iz rashladnih sistema ili u nizvodni vodotok. Kvarovi dovode do ispuštanja radioaktivnog materijala koji kontaminira površinske i podzemne vode. Rudnici uranijuma kontaminiraju podzemne vode. Voda kao krajnji element procesa rudničke eksploatacije urana sadrži toksične metale i radioaktivni otpad.

Utjecaj na zemljište: Zagađenje zemljišta se može desiti u postupku dekontaminacije i pri „gašenju“ nuklearki. Nakon kvara na nuklearnim elektranama **polutanti** iz vazduha dovode do kontaminacije zemljišta. Neodgovarajuće skladištenje nuklearnog otpada, koji ostaje radioaktivan hiljadama godina, dovodi do zagađenja zemljišta.

polutant

zagađivač je supstanca ili energija unijeta u životnu sredinu koja ima neželjene efekte ili negativno utiče na korisnost resursa.

Uticaj na okolinu/pejzaž: Nesreće u nuklearkama kontaminiraju vazduh, vodu i zemljište, i kao sekundarnu posljedicu imaju negativan uticaj na genetsku strukturu organizama i njihove reproduktivne sposobnosti. Tornjevi sistema za hlađenje, dimnjaci i mreže kablova loše utiču na vizuelni doživljaj pejzaža.

Kada nuklearne elektrane ispravno funkcionišu, one direktno ne zagađuju životnu sredinu. Međutim, problemi nastaju kod skladištenja i odlaganja radioaktivnog otpada, kao i kod eventualnih havarija koje imaju za posljedicu ekološku katastrofu ogromnih razmjera. Prikaz vizuelnih efekata na prostor oko nuklearne elektrane u toku rada (a) i okolina nuklearne elektrane u Černobilju nakon havarije (b), dati su na slici 4.13.



Slika 4.13. Uticaj nuklearne elektrane na okolinu: a) u toku rada, b) nakon havarije

Energija vode

Uticaj na vazduh: Plavljenjem zemljišta radi stvaranja hidroakumulacija oslobađa se metan, što doprinosi globalnom zagrijavanju. Brane imaju mikroklimatski uticaj.

Uticaj na vodu: Eksploatacija energije vode zahtijeva podizanje brana, što u slučaju njihovog pucanja dovodi do katastrofalnih poplava i nesreća. Brane utiču na hidrološki ciklus preusmjeravanjem riječnih tokova. Utiču na kvalitet vode i njenu pouzdanost, imaju negativan uticaj na riblju populaciju i životinjski svijet.

Uticaj na zemljište: Izgradnja brana u hidroakumulacionim sistemima izaziva klizišta. Brane uzrokuju intenziviranje erozije i sedimentacije. Brane mogu da izazovu nepovratna plavljenja, što dovodi do poplava i gubitka šuma i plodnog zemljišta; promjene namjene zemljišta i migracije stanovništva.

Uticaj na okolinu/pejzaž: Mreže vodova i kablova, dovodne cijevi, brane i sl. loše utiču na vizuelni doživljaj pejzaža. Naročito loš vizuelni doživljaj izaziva izgled akumulacije u periodu njenog pražnjenja (slika 4.14).



Slika 4.14. Slike hidroakumulacija iz perioda njihovog pražnjenja

Novi obnovljivi izvori

Uticao na vazduh: Različiti novi obnovljivi izvori imaju različite efekte na okolinu. Korišćenje geotermalne energije dovodi do emisije toplog vazduha. Sagorijevanje biomase dovodi do stvaranja ugljen-monoksida, isparljivih organskih jedinjenja i čestičnih materija.

Uticao na vodu: Proizvodnja geotermalne energije dovodi do ispuštanja tople vode koja utiče na okolne vode. Konverzija biomase dovodi do zagađenja vode.

Uticao na zemljište: Odlaganje neupotrebljivih fotoćelija i solarnih panela je potencijalno štetno po životnu sredinu. Zbog iskopavanja koje zahtijevaju plantaže biomase, izgradnja polja vjetrenjača i solarnih parkova, dolazi do promjene okoline.

Uticao na okolinu/pejzaž: Proizvodnja energije primjenom nekih obnovljivih resursa ugrožava prirodna staništa, živi svijet, migracione tokove ptica i sl. Polja vjetrenjača i solarni parkovi utiču na vizuelni doživljaj pejzaža. Pri radu ovih postrojenja dolazi do stvaranja velike buke. Deponije starih solarnih panela i elektronske opreme ostavljaju veoma loš vizuelni utisak (slika 4.15).



Slika 4.15. Izgled deponija starih solarnih panela i elektronske opreme



1. Navedi lokalne i globalne efekte zagađenja životne sredine usljed proizvodnje električne energije iz konvencionalnih elektrana.
2. Uporedi različite izvore električne energije sa aspekta uticaja na vazduh.
3. Uporedi različite izvore električne energije sa aspekta uticaja na vodu.
4. Uporedi različite izvore električne energije sa aspekta uticaja na zemljište.
5. Kritički procijeni uticaje novih obnovljivih izvora.

4.4. Mjere za smanjenje štetnog uticaja energetike na životnu sredinu

Kako će energetske potrebe čovječanstva rasti u budućnosti, neophodno je preduzeti hitne korake i mjere kojima bi se uticaji eksploatacije energetskih izvora i korišćenja energije na okolinu i zdravlje ljudi smanjili na najmanju moguću mjeru.

Pošto su uticaji različitih energetskih izvora i efekti njihovog korišćenja veoma različiti, to se i mjere za smanjenje njihovog štetnog uticaja razlikuju od jednog do drugog izvora, kao i od jednog do drugog negativnog efekta koji oni izazivaju.

U praksi postoji mnogo različitih akcija koje se mogu preduzeti kao odgovor na efekte staklene bašte na različitim nivoima. U te mjere spadaju:

- smanjenje potrošnje ukupne energije, a posebno smanjenje upotrebe fosilnih goriva
- bolja izolacija kuća, zgrada i objekata
- smanjenje upotrebe ličnog vozila i korišćenje javnog prevoza kad god je to moguće
- kupovanje i korišćenje vozila sa što manjom emisijom štetnih gasova
- kupovina i korišćenje energetski efikasnih uređaja za kuću
- racionalno trošenje materijalnih sredstava (smanjenje potrošačkih navika)
- pažljiv odabir hrane i ostalih potrošnih dobara, odabir načina pripremanja hrane
- sprečavanje uništenja šuma (deforestacije) i sl.



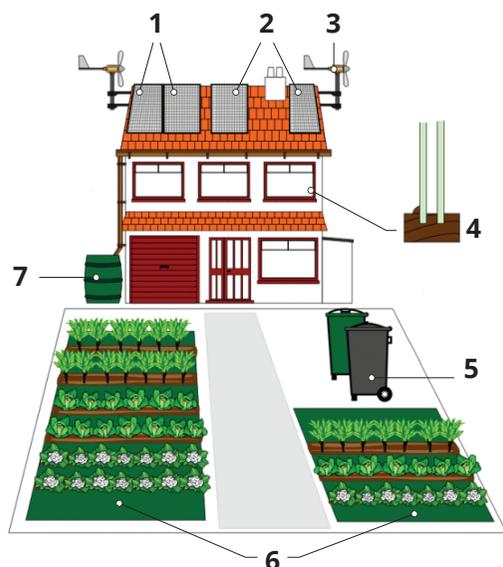
Zabrinuti za rast problema koje izazivaju efekti staklene bašte i zagađenja okoline, predstavnici velikog broja zemalja devedesetih godina 20. vijeka formirali su Okvirnu konvenciju UN o promjeni klime (UNFCCC), nakon čega su pripremili (otvoren 1997) i potpisali (2005) tzv. Kjoto protokol, koji obavezuje zemlje na smanjenje emisija gasova s efektom staklene bašte.



Očigledno je da u mnogim akcijama i mjerama povezanim s raspolaganjem, efikasnim i racionalnim korišćenjem energetske resursa domaćinstva mogu puno doprinijeti. Kada se kupuje bijela tehnika, kao i drugi uređaji za domaćinstvo, treba voditi računa o tome koliki su i kakvi potrošači električne energije, kojoj klasi pripadaju... Osvjetljenje u domaćinstvu treba da bude direktno i namjensko. Ako je moguće, trebalo bi uvesti podno grijanje, jer je u smislu utroška energije veoma povoljno rješenje. Takođe, ne bi trebalo zaboraviti i adekvatnu termoizolaciju...



Na slici 4.16. prikazan je jedan od mogućih primjera efikasne i ekološki prihvatljive kuće.



Slika 4.16. Primjer efikasne i ekološki prihvatljive kuće

Na krovu kuće su instalirani fotonaponski solarni paneli (1), koji tokom vidljivog dijela dana proizvode električnu energiju, koja se koristi u toku dana i akumulira za primjenu u rasvjeti kuće uveče i noću. Na krovu se još nalazi i klasični solarni kolektor (2), koji se koristi tokom dana za grijanje sanitarne vode koja se može koristiti bilo kada i uvijek je dovoljno topla. Generatori na vjetar (3) proizvode električnu energiju za dio kućne rasvjete i dopunjavanje akumulatora za kasnije korišćenje. Na kući su, radi bolje izolacije, ugrađena dupla prozorska okna (4) drvenih okvira, koja zadržavaju toplotu u prostoriji. U bašti se nalaze kante za sortiranje i odlaganje otpada različitog materijala (5) – stakla, papira, plastike ili baštenskog otpada – radi njegovog kasnijeg recikliranja. U dvorištu se nalazi bašta za gajenje sopstvenog povrća (6). Kišnica za zalivanje bašte i pranje staklenih površina i automobila sakuplja se s krova kuće u kontejner (7).

Energetske i ekološke analize pokazuju da je procenat globalne upotrebe ekološki prihvatljivih obnovljivih izvora energije danas još uvijek nedovoljan. Brojni ekološki problemi, kao posljedica pretjerane upotrebe fosilnih goriva, zaslužuju dodatnu pažnju ne samo s energetske već i s ekološke, ekonomskog i zdravstvenog stanovišta.

Smanjenje negativnih efekata kiselih kiša može se ostvariti sljedećim mjerama:

- kontrolom i smanjenjem emisije oksida sumpora i azota
- dodavanjem krečnjaka u jezera i površinske akumulacije
- uklanjanjem sumpora iz goriva prije njegove upotrebe/prečišćavanjem goriva
- ugradnjom uređaja za smanjenje emisije SO₂ i NO_x u postojeća energetska postrojenja i sl.

NO_x u atmosferskoj hemiji to je generički pojam za azotne okside koji su najrelevantniji za zagađenje vazduha (azotni oksid NO i azot-dioksid NO₂). Ovi gasovi doprinose stvaranju smoga i kiselih kiša, kao i uticaju na tropsferski ozon.



U današnjim uslovima rasprava o kiselim kišama umnogome zavisi od političkih stavova velikih i snažnih ekonomija koje bi trebalo da se odreknu neprestanog rasta industrije koja izaziva ispuštanje opasnih gasova u atmosferu. Sve je jasnije da će biti veoma teško nagovoriti političare i velike ekonomije da limitiraju širenje upotrebe elektrana, industrije i fabrika, motornih vozila i sl. zbog sveopšteg dobra – očuvanja okoline. O ovome najbolje govori odnos velikih zagađivača (prije svega SAD) prema Pariskom sporazumu o klimatskim promjenama (potpisanom od 197 zemalja i ratifikovanom od EU 2016) kojim se želi ograničiti globalno zagrijavanje na manje od 2%, a odnosi se na razdoblje nakon 2020. godine.

Postoji veći broj preporuka čijim poštovanjem je moguće smanjiti negativne efekte ozonskih rupa, kao što su:

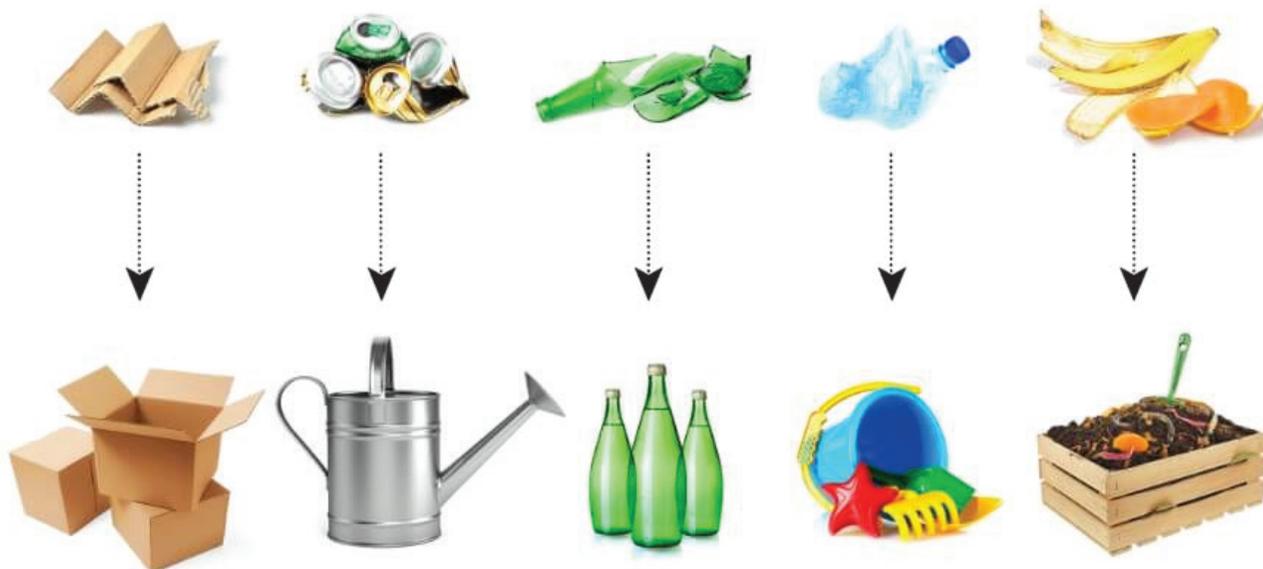
- za održavanje domaćinstava treba odabirati proizvode s natpisima prirodni (*toxic free*) proizvodi
- pri izboru dezodoranasa, lakova za kosu i sličnih sprejeva izbor bi trebalo da budu oni s oznakom *ozone friendly*, koji označava da oni nemaju štetne supstance i sl.

Jedan od bitnih načina i mjera za očuvanje životne sredine jeste **recikliranje**, prije svega otpadnog i štetnog materijala, kojega ima u ogromnim količinama – kao rezultat raznih energetske transformacije i korišćenja energije, ali i kao rezultat mnogih drugih čovjekovih aktivnosti.



Reciklaža predstavlja proces prikupljanja i obrade materijala (koji bi inače bio bačen u smeće) radi stvaranja novog proizvoda.

Primjeri dobijanja novog proizvoda recikliranjem raznih vrsta otpada prikazani su na slici 4.17. Iako djeluje kao jednostavan koncept, stvarnost je malo drugačija. Posljedice koje reciklaža ima na životnu sredinu, politika, ekonomija, načini ponašanja ljudi i sl. imaju ključnu ulogu za budućnost Zemlje i zaštitu njenog ekosistema.



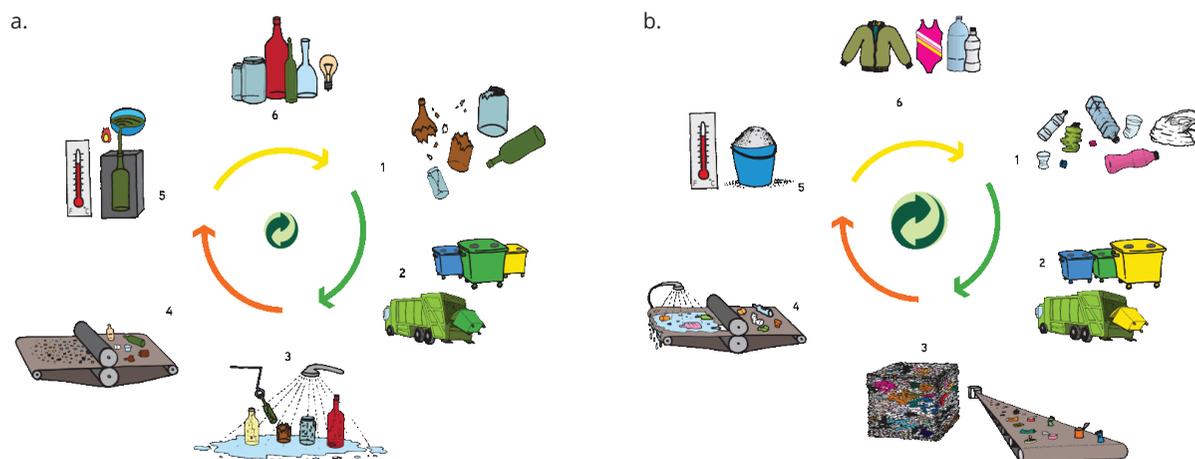
Slika 4.17. Primjeri dobijanja novog proizvoda recikliranjem različitog otpada

Osnovne **prednosti** recikliranja:

- smanjenje trošenja prirodnih resursa
- štednja energije
- zaštita prirodnih staništa životinja i biljaka
- smanjenje zagađenosti vode
- smanjenje emisije CO₂ i pomoć stabilizovanju klimatskih promjena
- smanjenje količine smeća na deponijama
- povećanje korišćenja tzv. *eco-friendly* tehnologija
- spaljivanje manje otpada.

+

Neki od postupaka kako se od otpada recikliranjem mogu dobiti proizvodi za dalje korišćenje prikazani su na slici 4.18: a) prikazuje postupak recikliranja kojim se dobijaju novi stakleni predmeti; b) prikazuje postupak recikliranja kojim se dobijaju novi odjevni predmeti.



Slika 4.18. Primjeri postupaka recikliranja različitog otpada



Uprkos činjenici da su na nekim poljima postignuti značajniji pomaci u pokušajima, ako ne sprečavanja a onda barem ublažavanja globalnih klimatskih promjena, sveopšti napredak još uvijek nije zadovoljavajući. Na tom polju predstoji još dosta istraživačkog i eksperimentalnog rada ako se žele riješiti mnogobrojni energetske i ekološki problemi.

Trenutno se, kao ekološki prihvatljivije rješenje, nude obnovljivi izvori energije. Ipak, nije realno očekivati da će se ti izvori energije dovoljno brzo razviti i komercijalizovati da u bliskoj budućnosti u značajnijoj mjeri zadovolje rastuće energetske potrebe čovječanstva.

Kao moguća rješenja za blisku budućnost nameću se: efikasnije i potpunije korišćenje energije iz obnovljivih izvora, štednja energije i ekonomično i racionalno korišćenje energetske izvora.



1. Nabroj mjere i akcije koje se mogu preduzeti kao odgovor na efekat staklene bašte.
2. Analiziraj mjere kojima se može smanjiti efekat kisjelih kiša.
3. Objasni načine smanjenja negativnih efekata ozonskih rupa.
4. Napravi kritičku analizu efekata koje pruža proces reciklaže otpada.

4.5. Sortiranje, odlaganje i skladištenje otpadnog materijala

Da bi ispunio svoju težnju za komfornim životom, čovjek mora obezbijediti dovoljnu količinu raznih vrsta i oblika korisne energije.

Kao što je već rečeno, za dobijanje korisnih oblika energije treba preći dug i naporan put, na kome treba savladati veliki broj prepreka i problema.

Na početku je neophodno pronaći, u prirodi ili okruženju, potrebne prirodne izvore i izvršiti njihovu ekstrakciju/vađenje. Zatim ih transportovati do mjesta predviđenog za njihovo transformisanje (jedna ili više transformacija), bilo u druge transformisane oblike bilo u neki koristan oblik. Ovako dobijeni energetske oblici transportuju se do krajnjih potrošača, koji će ih koristiti za zadovoljenje potreba.

Na ovom putu, po pravilu dosta dugom i punom raznih zahtjeva i aktivnosti, pored dobijanja željenih energetske oblika, stvara se i velika količina materija i proizvoda koji se ne koriste za zadovoljenje energetske potreba. Oni najčešće predstavljaju neželjene produkte, nazvane opštim imenom **otpad**.



Otpad je nepotreban, neželjen ili suvišan materijal preostao nakon završetka nekog procesa, u ovom slučaju procesa dobijanja i korišćenja korisnih oblika energije. Takođe se pod otpadom podrazumijeva svaki materijal ili predmet koji nastaje u toku obavljanja proizvodne, uslužne ili druge djelatnosti koji nije za dalje korišćenje i mora se odbaciti.

Ovi materijali ili predmeti znatno utiču na zagađenje životne sredine i predstavljaju jedan od najvećih problema današnjice. Najveći broj ekoloških problema nastaje zbog pogrešne koncepcije i sistema upravljanja otpadom koji nije zasnovan na ekološkim principima. Primjeri deponija tzv. komunalnog otpada prikazani su na slici 4.19.



Slika 4.19. Primjeri deponija komunalnog otpada

Otpad se dijeli na više načina. Najčešće se dijeli:

- prema uzroku nastanka
- prema mjestu nastanka
- prema sastavu
- prema toksičnosti
- prema opasnosti po živa bića, okolinu i sl.



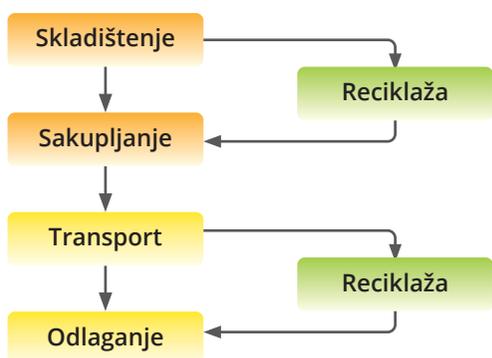
Upravljanje otpadom predstavlja proces sprovođenja propisanih mjera za postupanje s otpadom u okviru sakupljanja, transporta, obrade ili odlaganja, skladištenja, tretmana i odlaganja otpadnih materijala, uključujući i nadzor nad tim aktivnostima i brigu o postrojenjima za upravljanje otpadom poslije zatvaranja.

Termin se obično odnosi na proizvode nastale ljudskom aktivnošću. Pravilno upravljanje otpadom štiti zdravlje ljudi, kvalitet životne sredine i čuva prirodne resurse. Svi materijali otpadaka, bilo da su čvrsti, tečni, gasoviti ili radioaktivni, spadaju u nadležnosti upravljanja otpadom.

Pitanja u vezi s otpadom definišu se i utvrđuju Zakonom o upravljanju otpadom, kojim se uglavnom uređuju: vrste i klasifikacija otpada; planiranje upravljanja otpadom; subjekti upravljanja otpadom; odgovornosti i obaveze u upravljanju otpadom; organizovanje upravljanja otpadom; upravljanje posebnim tokovima otpada; uslovi i postupak izdavanja dozvola; prekogranično kretanje otpada; izvještavanje o otpadu i baza podataka; finansiranje upravljanja otpadom; nadzor, kao i druga pitanja od značaja za upravljanje otpadom.

Ako se otpad ne sakuplja i ne odlaže u skladu sa sve strožim sanitarnim zahtjevima, lako može doći do pojave bolesti i raznih štetočina. Čovjek je u početku ovaj problem rješavao odlaganjem otpada bilo gdje, samo što dalje od sebe. Mora, rijeke i predjeli neupotrijebljenog zemljišta (močvare, kamenolomi...) bili su omiljene lokacije za odlaganje otpadnog materijala.

Koncept integralnog upravljanja otpadom evoluirao je tokom godina i uključio hijerarhijski pristup, što je sada i internacionalno prihvaćeni pristup u upravljanju otpadom. Osnovni sistemi upravljanja otpadom originalno su razvijeni, s idejom da rješavaju problem nagomilanog otpada. Oni mogu uključivati različite tehnologije i stepene sofisticiranosti, ali za sve je zajedničko da uključuju skladištenje, sakupljanje, transport i odlaganje otpada (slika 4.20).



Slika 4.20. Elementi osnovnog sistema upravljanja otpadom

Skladištenje otpada obavlja se u prostorijama proizvođača otpada ili u neposrednoj blizini, do momenta transporta do lokacije konačnog odlaganja. U domaćinstvima otpad se skladišti na mjestima predviđenim za tu namjenu, ograđenim mjestima, u plastičnim kontejnerima, upotrijebljenim kesama za kupovinu, ili u nekoj drugoj formi materijala za pakovanje. Za veći broj potrošača ili za veće potrošače, za sakupljanje otpada koriste se kontejneri velikih zapremina.

Sakupljanje otpada uključuje njegovo prebacivanje iz kontejnera u, po pravilu, specijalna vozila za sakupljanje otpada.

Transport otpada do objekata za odlaganje (najčešće deponija) izvodi se direktnim prevozom vozilima za sakupljanje ili pomoću statičkih ili pokretnih uređaja za prenos. Često se u okviru prenosa izvodi i zbijanje otpada u manje zapremine, radi lakšeg transporta i skladištenja.

Odlaganje otpada ranije se često izvodilo na tzv. *divljim*, zastarjelim i štetnim smetlištima/deponijama, za čiju je sanaciju potreban veoma dug period. U posljednje vrijeme odlaganje se vrši na novim sanitarnim deponijama, na kojima se otpad, nakon razastiranja po zemljištu, pokriva slojem zemljišta ili građevinskog otpada da bi se spriječilo širenje mirisa, kao i razbacivanje otpada i direktno ugrožavanje životne sredine.

Količina sakupljenog ili odloženog otpada može biti smanjena procesom **reciklaže** koji se može naći u sklopu osnovnih sistema za upravljanje otpadom tokom procesa proizvodnje, sakupljanja i skladištenja otpada, kao i tokom prenosa/transporta i odlaganja (slika 4.20).

Razvijene zemlje troše sve više novca na unapređivanje procesa recikliranja otpadaka, što se odražava na ljudsku zajednicu kroz bolju ekonomiju resursa i zdraviju okolinu.



Pravilno postupanje s komunalnim, industrijskim i energetskim otpadom treba da se zasniva na odvojenom prikupljanju i selekciji pojedinih komponenti, odnosno selekciji otpada na samom mjestu nastanka. To će doprinijeti da se te komponente u novim oblicima lakše vrate u ponovnu upotrebu.

U složenom sistemu integralnog skupljanja i prerade, otpad se na početku odlaže u kante, koje su obojene različitim bojama, u zavisnosti od toga šta se u njih odlaže (slika 4.21). Obično je na kantama napisano: papir, staklo, plastika, ostali otpad i sl. Razvrstavanjem otpada u početnom stadijumu prikupljanja olakšava se njegovo kasnije tretiranje i obrada.



Slika 4.21. Primjer kanti za sakupljanja različitih vrsta otpada

Nakon prikupljanja otpad se sortira i priprema za reciklažu. Primjeri prikupljenog otpada na deponiji i otpada pripremljenog za reciklažu (sabijenog i baliranog) dati su na slici 4.22.



Slika 4.22. Otpad prikupljen (a) i pripremljen za reciklažu (b)



U industrijski razvijenim zemljama, radi eliminisanja značajnih problema pri upravljanju otpadom, razvijeni su složeni hijerarhijski postupci koji obuhvataju niz novih aspekata (prevencija, minimizacija, obnavljanje resursa, uvođenje tehnologija čistije proizvodnje i sl.) u procesu tretmana otpada. Ovo je, kroz efikasne proizvodne metode i efikasno korišćenje resursa, doprinijelo znatnom smanjenju proizvodnje otpada i ugroženosti životne sredine.

Kada se govori o otpadu pri proizvodnji i korišćenju raznih oblika energije, važe sve napomene koje se odnose na otpad u cjelini, uz određene specifičnosti navedenih energetske procesa.

Najviše otpadnih materija oslobađa se pri transformaciji primarnih oblika energije, fosilnih goriva, u transformisani oblik, električnu energiju.

Pri tome se kao otpadne materije dobijaju gasovite materije (gasovi, produkti sagorijevanja goriva), tečne materije (topla voda / otpadna toplota) i čvrste materije (pepeo, šljaka i sl.). Kada sagorijevaju fosilna goriva, oslobađaju se sumpor, azot i vodonik koji sa kiseonikom stvaraju jedinjenja poznata kao oksidi. Ovi oksidi u atmosferi hemijski reaguju s vodenom parom i stvaraju razne vrste kisjelina.

Veliki zagađivači okoline jesu i nuklearne elektrane, koje takođe oslobađaju ne samo štetne već i veoma opasne materije u gasovitom, tečnom i čvrstom stanju. U procesu zbrinjavanja radioaktivnog otpada koriste se pojmovi *skladištenje* i *odlaganje* (slika 4.23). U skladištu se nuklearni otpad čuva pod stalnim aktivnim nadzorom na određeno vrijeme, nakon čega se skladište razgrađuje. U odlagalištu se otpadni materijal zbrinjava na neodređeno. I u ovom slučaju se planira nadzor, ali samo u početnom periodu i bez direktnog pristupa otpadu.



Slika 4.23. Skladištenje (a) i odlaganje (b) radioaktivnog otpada

Za obnovljive izvore energije, i konvencionalne i nove, smatra se da su, u poređenju s neobnovljivim izvorima, skoro zanemarljivi zagađivači okoline, što im daje i značajne prednosti za veće korišćenje u budućnosti. No, i kod njih postoje materije, o kojima je već bilo riječi, koje poslije korišćenja treba tretirati kao otpadni materijal, o čemu takođe treba voditi računa.

?

1. Definiši pojam otpada – otpadnog materijala.
2. Navedi načine podjele otpada.
3. Definiši pojmove: sortiranje, odlaganje i skladištenje otpadnog materijala.
4. Objasni pojam integralnog upravljanja otpadom.
5. Analiziraj nastajanje otpada pri proizvodnji i korišćenju raznih energetske oblika.

5.1. Osnovni tipovi ručnog alata i njihova namjena

Da bi se uspješno obavio svaki zadatak, neophodno je imati osnovni alat. On korisniku pruža sigurnost pri radu i olakšava težak fizički rad. Osnovni ručni alat (kliješta, čekić, šega i sl.), koji služi za obavljanje manjih kućnih poslova i popravki, trebalo bi da posjeduje svako domaćinstvo. Alat mora da bude izrađen od kvalitetnog materijala i dobro očuvan kako bi uvijek bio upotrebljiv.



Alat je naziv za ručna sredstva za rad.

Može se dijeliti prema granama industrije na: poljoprivredne alatke, šumarske, bravarske, električarske, rudarske, operaciona itd., ali se između njih teško može povući granica, jer ista alatka može da se koristi u raznim granama industrije.



Iako se termin alat lako može primijeniti na mnoge stvari koje su sredstvo za postizanje cilja, strogo govoreći, predmet je alat samo ako je, osim što je konstruisan za držanje, takođe napravljen od materijala koji omogućava korisniku da na njega primenjuje različite stepene sile. Ako ponovljena upotreba istroši dio alata (poput oštrice noža), treba da postoji mogućnost obnove tog dijela; alternativno istrošeni ili polomljeni alat mora biti zamijenjen.



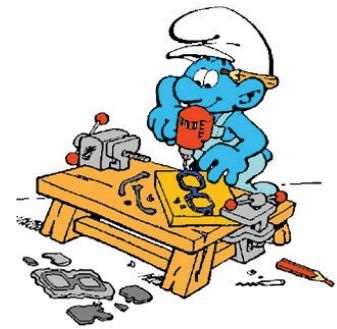
Po definiciji, alat spada u pomoćni pribor za obradu različitog materijala.

Njegova osnovna podjela, prema načinu korišćenja, jeste na: ručni i mašinski.

Prema djelatnosti, alat se dijeli na:

- alat za obradu drveta
- alat za obradu metala
- alat za obradu polimera
- poljoprivredni alat

- građevinski alat
- zanatski alat
- električarski alat
- alat u domaćinstvu...



S razvojem tehnologije razvijao se i unapređivao i ručni alat. Danas u obavezan ručni alat za svakodnevnu upotrebu u zanatstvu, industriji, domaćinstvu ili nekom drugom poslu, spadaju:

- čekići
- šrafcižeri
- ključevi
- kliješta
- imbusi i gedore
- turpije
- testere
- pincete
- skalpeli
- šila
- ispitivači napona
- mjerni alat
- alat za specijalne namjene
- set/komplet ručnog alata i sl.

Ovo bi bio najosnovniji ručni alat koji treba da postoji u svakom domaćinstvu, radionici, garaži i dr. Primjeri kompleta sa osnovnim ručnim alatom dati su na slici 5.1.



Slika 5.1. Kompleti osnovnog ručnog alata

Česta je podjela ručnog alata i prema namjeni. Prema namjeni, ručni alat se dijeli na:

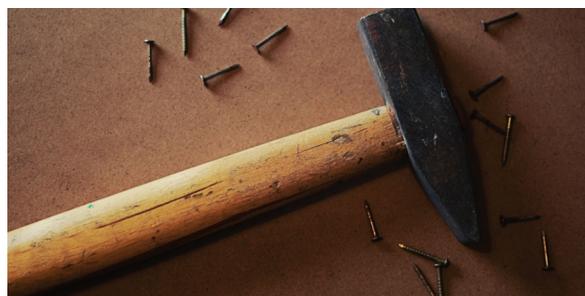
1. alat za stezanje/fiksiranje (kliješta, stega...)
2. alat za pomjeranje
3. alat za mjerenje (nonijus ili šubler, metar, lenjir...)
4. alat za rezanje/sječenje (makaze, sjekači...)

5. alat za zavrtnanje/odvrtanje (odvrtka, francuski ključ...)
6. alat za kovanje i savijanje (čekić, malj...)
7. alat za držanje/pridržavanje (hvataljke, mašice...)
8. alat za bušenje i brušenje (bušilica, rende, brusilica, turpija...)
9. specijalni alat...

U narednom tekstu data je lista i opis nekoliko osnovnih ručnih alatki koje bi svaki čovjek trebalo da ima u kući.

Čekić (slika 5.2)

Čekić ima višestruku namjenu: zakucavanje i zakivanje eksera, dotjerivanje razne opreme laganim udarcima (stolarija, mehanika...), udaranje po drugim alatkama (glijeta, sjekači i sl.) i dr. Dobar i čvrst čekić može biti koristan za zakucavanje eksera kao i za druge namjene. U opštoj upotrebi obično se koriste čekići od sto grama do pola kilograma. Oni su dovoljno teški za većinu namjena i popravki, a u isto vrijeme dovoljno lagani za nošenje. Obično se koriste čekići s drvenom drškom, a u posljednje vrijeme i sa sintetičkim drškama jer su lakši, lakše se održavaju i traju daleko duže. Čekić treba da je dobro balansiran i da dobro leži u ruci. Veoma je važno da se pravilno koristi. Postoje različite vrste čekića namijenjenih za pojedine vrste rada: stolarski, staklarski, mehaničarski, tapetarski, električarski, kotlarski, tesarski i sl.



Slika 5.2. Čekić

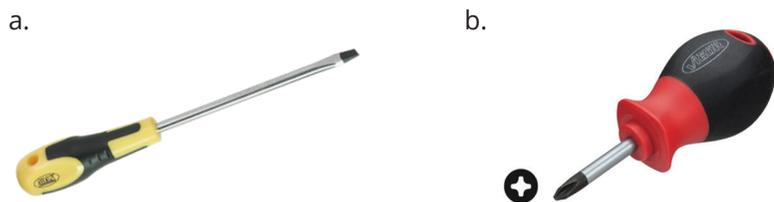
Odvijač/šrafciğer s ravnom glavom (slika 5.3.a)

Odvijač s ravnom glavom ima samo jednu ivicu pomoću koje se zavrću/odvrću šrafovi s upuštenom glavom. Ova vrsta odvijača postoji odavno, i veoma mnogo se koristi. Iako se u današnje vrijeme najčešće koriste krstasti odvijači, dobro je imati par odvijača s ravnom glavom u svakoj kutiji za alat. Pored osnovne funkcije odvrtanja i zavrtnanja, odvijači s ravnom glavom mogu biti korisni za još mnogo drugih pomoćnih aktivnosti.

Odvijač/šrafciğer s krstastom glavom (slika 5.3.b)

Krstasti odvijač, koji je izmislio Henri F. Filips 1936, brzo je zamijenio odvijač s ravnom glavom u većini primjena. Krstasti odvijač ima odgovarajuću glavu koja pasuje krstastim šrafovim. Ovakav dizajn omogućava

korisniku da primijeni više sile na šraf nego što bi mogao odvijačem s ravnom glavom. Zakrivljenje na ivicama omogućava ovom tipu odvijača da ispadnu iz ležišta prije nego što oštete šraf ukoliko je primjenjena prevelika sila prilikom odvrtanja. Obavezno je imati ovaj tip odvijača u nekoliko dimenzija jer će gotovo sigurno zatrebati što god da se radi.



Slika 5.3. Odvijač s ravnom (a) i krstastom (b) glavom

Metar (slika 5.4)

Za mjerenje dužina i rastojanja koriste se različite vrste alata koji se zove *metar*. Što god se želi napraviti, ovaj komad alata je neizostavan u kolekciji ručnog alata. Metar je nezaobilazna alatka pri većini građevinskih ili stolarskih poslova. Alatni metar je dostupan u različitim veličinama, a veličina se bira prema potrebi. Može se odabrati za mjerenje dužine od 1 m, 3 m, 5 m, ali i znatno duži u zavisnosti od potrebe.



Slika 5.4. Metar

Viljuškasti i okasti ključ (slika 5.5)

Viljuškasti/vilasti ključ je najrasprostranjeniji oblik ključeva. Konstrukcija ove vrste ručnog alata omogućava zavrtnanje, stezanje odnosno odšrafljivanje raznih vrsta zavrtnanja.

Okasti ključ je vrsta ključa koju odlikuje okasti zahvat za glavu šrafa. Riječ je o kružnoj zatvorenoj konstrukciji glave koja je nazubljena i omogućava aplikacije stezanja i zavrtnanja.



Slika 5.5. Viljuškasti i okasti ključ

Podešavajući ključ (slika 5.6)

Od sveg alata ovaj komad će se, najverovatnije, koristiti najviše, jer spaja različite ključeve u jedan. Podešavajući ključ je onaj s jednom stranicom koja klizi i tako smanjuje ili povećava veličinu ključa. Može se koristiti za najrazličitije veličine šrafova i navrtki. Prilikom korišćenja mora se voditi računa o tome da podešavajuća strana ključa bude okrenuta u pravcu rotacije, što će pomoći da ne dođe do ispadanja.



Slika 5.6. Podešavajući ključ

Moment ključ (slika 5.7)

Moment ključ je podesivi ručni alat koji se koristi za precizno pritezanje i zavrtnanje. Za veće projekte, koji zahtijevaju odvijanje i zavrtnanje više šrafova i navrtki, ovaj ključ je mnogo efikasniji od standardnog ključa. Lako podešavanje momenta stezanja uz praktičan mehanizam za *zaključavanje* momenta omogućava da se odradi svaki posao bez mnogo napora. Na njega se mogu stavljati nastavci različite veličine tako da nijedna navrtka neće predstavljati problem za odvrtnanje.

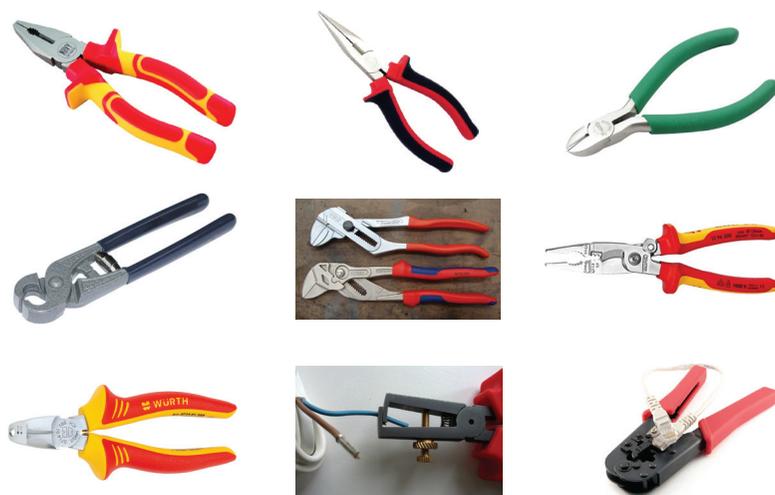


Slika 5.7. Moment ključ

Kliješta (slika 5.8)

Ručni alat takođe uključuje razne vrste kliješta koja se međusobno razlikuju po obliku i veličini. Biraju se u zavisnosti od namjene. Razlikuju se papagajke, grip kliješta, cijevni rezači, kliješta za armaturu i dr. Takođe se razlikuju i: pljosnata kliješta, sužena/špicasta kliješta, zatezna kliješta i druga. Ukratko, svaki zadatak zahtijeva određeni tip kliješta, pa ih u skladu sa tim treba i kupovati. Kliješta se razlikuju i po ustima/otvoru, koja su različitog oblika i veličine, zavisno od funkcije.

Razne vrste kliješta neizostavan su alat za sve električarske poslove. Postoje električarska kliješta: za odsijecanje kablova/sječice; kombinovana, špicasta, blankirna; za skidanje izolacije; za presovanje kontakata i sl. Ona se koriste kada je potrebno sjeći, savijati, odlomiti ili skinuti izolaciju sa žice i sl. Zbog svog praktičnog dizajna mogu lako da se koriste na skućenim prostorima i u specijalnim uslovima.



Slika 5.8. Razne vrste kliješta

Akumulatorska bušilica – odvijač (slika 5.9)

Dobra akumulatorska bušilica je obavezna alatka u svakoj kutiji za alat. Može biti korisna kako za bušenje rupa, tako i za zavrtnanje/odvrtanje šrafova. Prilikom odabira akumulatorske bušilice treba izabrati neku koja ima dovoljno snage. Mjera za snagu je količina voltaže u bateriji. Odgovarajuća snaga za većinu intervencija/bušenja je 12 V. Može se koristiti bušilica snage i do 18 volti, ali s većom voltažom raste i njena težina, pa jače bušilice mogu biti teške i preko 5 kg. Takođe, u svakoj kutiji za alat poželjna je i bušilica koja ima nekoliko brzina kao i mogućnost odvrtanja.



Slika 5.9. Akumulatorska bušilica–odvijač



Slika 5.10. Libela

Libela (slika 5.10)

Prilikom postavljanja slika na zid, raznih polica, ogledala, nosača i sl., važno je voditi računa o tome da oni stoje u pravoj liniji. Da bi se to postiglo, neophodno je koristiti libelu. Danas postoje i sofisticirani laserski mjerači – libele, ali se klasična libela i dalje veoma često koristi.

Skalpel ili pomoćni nož (slika 5.11)

Bilo koji posao da se radi, ova alatka je neophodna, jer uvijek postoji nešto što bi trebalo isjeći ili istrugati. Danas postoje različiti tipovi skalpela koji se koriste za različite namjene.



Slika 5.11. Skalpel/nož



Slika 5.12. Tinjalica

Tinjalica (slika 5.12)

Tinjalica je cijev napunjena gasom (najčešće neon) pod niskim pritiskom u kojem dolazi do pražnjenja pod djelovanjem električnog polja, tj. pobuđeni gas emituje svjetlost njemu svojstvene boje. Tipična primjena tinjalice u svakodnevnoj upotrebi jeste kao indikator napona. Jednosmjerna struja na osvjetljava pobuđuje samo negativnu elektrodu (katodu), pa se iz toga može odrediti polaritet. Naizmjenična struja pobuđuje obje elektrode, pri čemu svjetlost titra, što se može iskoristiti za podešavanje pomoću **stroboskopa**.

stroboskop

uređaj/instrument za izučavanje kretanja tijela koje se brzo kreće ili vibrira tako što se periodičnim osvjetljavanjem ili posmatranjem kretanja kroz široke otvore na pokretnom disku postiže utisak da se kretanje usporava ili zaustavlja u pravilnim razmacima.

Testera (slika 5.13)

Koristan ručni alat, koji se takođe razlikuje u zavisnosti od vrste rada, jeste testera, koja može biti različitih veličina i oblika. Zavisno od namjene, može se birati između kvadratne ili okrugle testere, ravne ili trouglaste... Takođe se razlikuju i po debljini rezača.



Slika 5.13. Testera

Brusilica (slika 5.14)

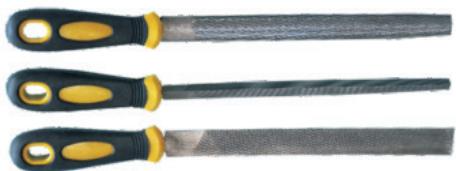
Za različite vrste brušenja, poliranja i čišćenja koriste se različiti tipovi brusilica, koje mogu biti: ugaone, ekscentar, tračne, vibracione, čeone i aku. Pogodne su i za otklanjanje neravnina kod kamena i metala – oštarih ivica ili neravnina zbog zavarenih šavova. U zavisnosti od izabranog diska može se koristiti i za sječenje metala, kamena, betona, keramičkih pločica...



Slika 5.14. Brusilica

Turpija (slika 5.15)

Turpija je ručni alat za obradu metalnih i nemetalnih materijala odvajanjem čestica. Sastoji se od tijela sa zupcima, nasadnoga dijela za dršku, drške i prstena. Tijelo sa zupcima je radni dio turpije na kojem se s obje strane profila nalaze zubi (često i sa strane). Izrađuju se od alatnog čelika. Razlikuju se po veličini, obliku (presjeku) i zupcima. Za obradu drveta i drugih mekših materijala koriste se posebne turpije (takozvane rašpe), koje na tijelu imaju pojedinačno istaknute zupce u obliku vrhova.



Slika 5.15. Turpije



1. Šta je ručni alat?
2. Navedi podjelu alata prema načinu korišćenja i prema djelatnosti.
3. Navedi podjelu ručnog alata prema namjeni.
4. Opiši osnovne ručne alatke.

5.2. Odabir alata za praktične električarske radove

Odabir kvalitetnog alata znatno pospješuje očekivani rezultat i štedi vrijeme i napor korisnika.



Pola sata potrošenih na odabir pravog alata štedi mogućih nekoliko sati rada na uklanjanju oštećenja, neodgovarajućeg alata i ponovno angažovanje nekog drugog.

Prije nego što se pristupi odabiru alata, neophodno je sagledati sve mogućnosti koje se nude pa tek onda izabrati alat. Odabir alata zavisi od više faktora, kao što su: tehničke karakteristike raspoloživog alata; mogućnost ispunjenja zahtjeva za optimalnim načinom njegovog korišćenja (ko će i kako koristiti odabrani alat); predviđeno vrijeme i učestanost njegovog korišćenja; raspoloživost rezervnih djelova, mogućnost redovnog održavanja i sl.



Pravilnim izborom alata može se značajno skratiti potrebno vrijeme za završetak određenih servisnih aktivnosti i olakšati njihovo uspješno izvršenje.

U elektrotehnici se u razne svrhe koristi različiti alat i pribor: kliješta, šraf-ciger, skalpel, unimer i sl. Alat i pribor se u elektrotehnici najčešće koristi u situacijama kao što su: sječenje, spajanje, razdvajanje, zaštita, ispitivanje, mjerenje i sl.

U osnovni alat i pribor u elektrotehnici, odnosno za izvođenje električarskih radova i električnih instalacija, ubrajaju se:

- razne vrste kliješta (za savijanje žice, za skidanje izolacije, za sječenje provodnika, kombinovana, okrugla, špicasta i sl.)
- razne vrste odvijača/šraf-cigera (ravni, krstasti...)
- električarski čekić
- razne vrste ispitivača/tinjalica/glinerica (napona, faza...)
- instrumenti za mjerenje električnih veličina (unimer, ampermetar, voltmetar...)
- pribor za izolovanje neizolovanih spojeva (izolir-traka...)
- pribor za lemljenje
- skalpel
- pincete i sl.

Najveći dio navedenog alata je osnovni alat koji se koristi za brojne svakodnevne aktivnosti. Međutim, kada se radi u oblasti elektrotehnike, preporučuje se, radi veće bezbjednosti, korišćenje specijalno dizajnirane

verzije tih alata. Prije bilo koje vrste rada sa strujom i pod naponom, preporučuje se navlačenje električarskih rukavica, koje su dodatna zaštita od strujnih udara.



Iako mnogi djelovi električarskog alata imaju zaštitnu izolaciju, nikada ne treba raditi na nekom električnom kolu sve dok se ne isključi glavni dovod električne energije. Rad s djelovima kroz koje može da protiče struja, ili mogu biti pod naponom, veoma je opasan. Zbog toga treba uvijek biti veoma koncentrisan, pribran i pažljiv. **Prilikom rada i rukovanja navedenim alatom i priborom u bilo kojem električarskom okruženju neophodno je strogo voditi računa o mjerama zaštite na radu i načinu rukovanja pojedinim alatima.**

U narednom tekstu je dat kratak opis navedenog osnovnog alata i pribora u elektrotehnici.

Kliješta za skidanje izolacije/blankerice (slika 5.16) jesu specijalna kliješta koja služe za skidanje izolacije s provodnika. Pomoću čeljusti skida se spoljašnji izolacioni omotač kabla (žice) od plastike a da se ne ošteti provodnik ispod. Neophodan su alat pri formiranju bilo kojeg spoja provodnika. Prije skidanja izolacije, kliješta se moraju prilagoditi određenoj debljini žice da ne bi došlo do njenog oštećenja. Dužina izolacije koja se skida određuje se prema dužini golog provodnika koja je dovoljna da se dobije čvrst i pouzdan spoj.



Slika 5.16. Kliješta za skidanje izolacije

Sječice (slika 5.17) služe kao najosnovniji alat za sječenje provodnika/žica (elektrokablova) na željenu dužinu. Sječice su oštre, pa se prilikom sječe provodnika mora obratiti pažnja na mogućnost povrede. Takođe, trebalo bi voditi računa o tome da provodnik koji se siječe nije pod naponom jer to može biti opasno po život. Sječice moraju imati dodatno izolovane drške kako bi se korisnici zaštitili od neželjenih elektro-udara.



Slika 5.17. Sječice

Kombinovana kliješta/motocangle (slika 5.18) jesu ručni alat sa izolovanim drškama koji služi za sječenje provodnika, skidanje izolacije s provodnika, savijanje provodnika, spajanje uplitanjem provodnika, izradu omči, zavrtnje i odvrtanje navrtke/matice itd. Ona mogu da sijeku tvrdi čelik do 1,2 mm, meki čelik do 2 mm i bakar do 2,6 mm prečnika. Kombinovana kliješta mogu zamijeniti kliješta za sječenje i kliješta za skidanje izolacije, ali je za korektno obavljanje elektro-radova neophodno imati i jedna i druga kliješta. Prilikom rada kombinovanim kliještima mora se voditi računa o tome da se rukovalac drži samo za izolovani dio drške kako ne bi mogao doći pod napon.



Slika 5.18. Kombinovana kliješta

Odvijači/šrafcižeri (slika 5.19) koriste se za zavrtnje i odvrtanje šrafova. U praksi se najčešće koriste ravni ili krstasti odvijači od 3 i 5 mm. Zbog različitih tipova zavrtnja koji se koriste prilikom rada sa utičnicama, prekidačima, rasvjetom ili bilo kojim drugim dijelom električnog sistema, neophodno je imati set ravnih i krstastih odvijača raznih veličina. Odvijači moraju biti izolovani, tj. drška i tijelo moraju biti izrađeni ili presvučeni dodatnim izolacionim materijalom, koji je specijalno dizajniran da pruži više zaštite od strujnih udara. Prilikom upotrebe odvijača mora se voditi računa o izboru njegove prave veličine (širina i debljina), kao i o tome da li ona odgovara šrafu, kako ne bi došlo do oštećenja šrafa. Ukoliko se radi manjim šrafovim, treba ih prilikom zavrtnja pridržavati pincetom.



Slika 5.19. Odvijači

Električarski čekić (slika 5.20) ima dodatnu izolaciju za zaštitu od strujnih udara. Ona podrazumijeva gumom obloženi rukohvat i izolovanu fiber-glas ručku koja spaja rukohvat s glavom čekića. Bolji električarski čekići imaju posebno dizajnirane glave za udaranje koje olakšavaju ukućavanje eksera u male prostore u koje je većina elektroinstalacija smještena.



Slika 5.20. Električarski čekić

Ispitivač/tinjalica/glinerica (slika 5.21) namijenjen je za ispitivanje faznog voda, odnosno za testiranje/ispitivanje strujnog kola i utvrđivanje da li u nekom objektu postoji strujno kolo. Najčešće je izrađen u obliku šrafčigera u koji je u prozirnoj dršci ugrađena tinjalica/sijalica. Kada se ispitivač postavi na provodnik, a prst na završnu metalnu kapicu/dugme, tinjalica će zasvijetliti ako je provodnik pod naponom. Metalni vrh ispitivača se ne smije dodirnuti dok se njime vrši ispitivanje. Prije bilo kog rukovanja elektroopremom, neophodno je ispitivačem ispitati mjesto rada više puta.

Ispitivač faze služi za ispitivanje:

- ispravnosti osigurača
- ispitivanje faznog voda na priključnici
- ispitivanje proboja faznog napona na masi električnog uređaja...

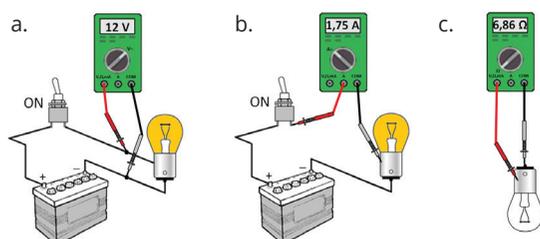


Slika 5.21. Ispitivač/tinjalica

Od instrumenata za mjerenje električnih veličina, pored klasičnih – ampermetra, koji se koristi za mjerenje električne struje i voltmetra, koji se upotrebljava za mjerenje električnog napona, u praksi se veoma često koristi **unimer** – multimetar (slika 5.22). Unimer je jedan od uređaja bez koga je teško zamisliti posao elektrotehničara. Služi za mjerenje i ispitivanje električnih veličina u strujnom kolu. Postoje dvije kategorije unimera: analogni (stariji tip) i digitalni (noviji tip). Osnovne veličine koje mjeri svaki unimer jesu: električna otpornost, jednosmjerni i naizmjenični napon i struja. Koja se električna veličina mjeri, određuje se na velikom preklopniku koji svaki unimer posjeduje. Prije nego što započne mjerenje, neophodno je na preklopniku odabrati odgovarajuću električnu veličinu. Na slici 5.22. prikazan je unimer i načini njegovog spajanja pri mjerenju napona (a), električne struje (b) i otpornosti (c).



Slika 5.22. Unimer



Veoma važan instrument za mjerenje električnih veličina jesu i **amper kliješta (strujna kliješta)** (slika 5.23). Ovaj multimetar služi za mjerenje jačine jednosmjerne i naizmjenične struje i napona.

Za razliku od ampermetra, strujna kliješta ne zahtijevaju prekid strujnog kola radi obavljanja mjerenja. Koristeći princip magnetne indukcije, ovi

instrumenti se koriste tako što specijalnim mehanizmom na oprugu, koji podsjeća na kliješta, obuhvataju jednim svojim dijelom provodnik i oko njega stvaraju krug (zatvorenu petlju) kroz koji se indukuje odgovarajuća električna struja, koja se potom mjeri. Kompaktan dizajn i male dimenzije amper kliješta omogućavaju da ovaj instrument pronađe svoju široku upotrebu kako u komercijalnoj tako i u industrijskoj sferi.



Slika 5.23. Amper kliješta

U pribor za izolovanje neizolovanih spojeva spadaju razne vrste **izolir-trake** (slika 5.24), koja služi za izolovanje spojeva električnih provodnika. Izolovanje pomoću trake vrši se spiralno na mjestu spajanja, tako da namotavanje počinje desetak milimetara ispred, a završava desetak milimetara iza neizolovanog spoja.



Slika 5.24. Izolir-traka



Slika 5.25. Električna lemilica

Električna lemilica (slika 5.25) skromne snage veoma je korisna za spajanje žica u klemama, za spajanje komponenata unutar potrošača i za slična spajanja. Lemilica služi za pravljenje dobrih spojeva lemljenjem. Na vrh očišćene lemilice treba otopiti tinal žicu, a zatim lemilicu prisloniti na mjesto za lemljenje. Lemilicu je potrebno držati toliko dugo dok kalajna žica ne zalemi željeni element. Prilikom lemljenja izvodi elemenata koji se leme drže se pincetama s namjerom odvođenja toplote.



1. Navedi osnovne faktore koji se koriste prilikom odabira alata.
2. Nabroj osnovni alat i pribor za izvođenje radova u elektrotehnici.
3. Opiši kliješta za skidanje izolacije (blankerice) i sječiće i način na koji se koriste.
4. Zašto su ručke na kliještima za električare izrađene od izolacionog materijala?
5. Objasni šta se može ispitati tinjalicom i kako se ona koristi.
6. Opiši načine korišćenja unimera.
7. Koja je prednost amper kliješta u odnosu na ampermetar?
8. Opiši način izolovanja neizolovanog spoja izolir-trakom.

5.3. Mjerenje dimenzija zadatih elemenata pomoću pomičnog mjerila



Mjerenje je skup postupaka kojima se određuje vrijednost određene veličine. U stvari, mjerenje je upoređivanje neke veličine s drugom istoimenom veličinom koja se dogovorno uzima kao jedinica/etalon.

Mjerni postupak je tok definisanih radnji koje se upotrebljavaju za izvođenje pojedinih mjerenja u skladu s određenom metodom.

Mjerna metoda je niz postupaka koji se upotrebljavaju za izvođenje mjerenja.

Najvažniji ručni uređaji za mjerenje dužine jesu: pomično mjerilo; mikrometar; mikrometar sa sat-komparatorom; mjerni sat; komparator; mjerna traka; visinomjer...

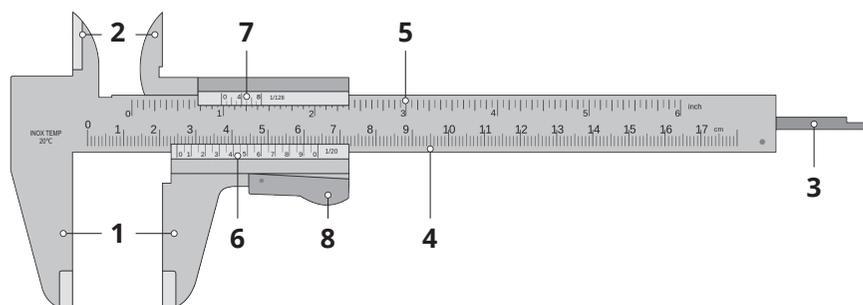


Pomično/pokretno mjerilo (šubler) jeste ručni mjerni instrument/alat koji služi za mjerenje dimenzija različitih pravilnih tijela s velikom preciznošću.

Sastoji se od štapa sa upisanim mjernim skalama (na donjem dijelu je ucrtana milimetarska, a na gornjem skala u inčima), klizača s nonijusom, krakova/kljunova za mjerenje spoljašnjih dimenzija tijela, šiljaka za mjerenje unutrašnjih dimenzija, kao i produžetka za mjerenje dubine.

Radi preciznijeg očitavanja dimenzija pomično mjerilo na klizaču ima ugrađen kočioni mehanizam, najčešće zavrtanj pomoću koga se klizač pričvršćuje za štap.

Osnovni djelovi pomičnog mjerila (slika 5.26) jesu: kljunovi za spoljašnje mjere (1); šiljci za unutrašnje mjere (2); produžetak za mjerenje dubine (3); nepomični dio sa skalom u milimetrima (4); nepomični dio sa skalom u inčima (5); pomični dio sa skalom za mjerenje 1/10 [mm] – nonijus (6); pomični dio sa skalom za mjerenje u inčima (7); kočnica za pomičnu skalu (8).



Slika 5.26. Osnovni djelovi pomičnog mjerila

Izrađuje se od čelika, plastike kao i od drveta – za mjerenje predmeta većih dimenzija (npr. šumari ga koriste za mjerenje prečnika stabala). Klizač i kljun pomičnog mjerila prave se od kaljenog i nerđajućeg čelika, nonijus i mjerna skala su hromirani, a mjerne površine su fino brušene i polirane.



Skala mehaničkog nonijusa podijeljena je obično na deset jednakih dijelova. Pokretanjem klizača u krajnje lijevi položaj poklapaju se nulta oznaka na milimetarskoj i skali nonijusa. Dužina skale nonijusa je za tačno 1 milimetar kraća od određene dužine milimetarske skale. Pomicanjem nonijusa desetinku milimetra udesno, poklopiće se oznaka 1 nonijusa s crticom koja označava 5 mm na milimetarskoj skali. Prema tome, oznaka 1 nonijusa je pomaknuta 0,1 mm od oznake za 5 mm na milimetarskoj skali, oznaka 2 nonijusa 0,2 mm od oznake za 10 mm na milimetarskoj skali itd. Pomjeranjem klizača $n/10$ milimetra udesno, n -ta će se podjela nonijusa poklopiti s jednom od podjela na milimetarskoj skali. Ukoliko se želi dobiti mjerilo preciznosti bolje od desetinke milimetra, skala nonijusa se podijeli na više dijelova.

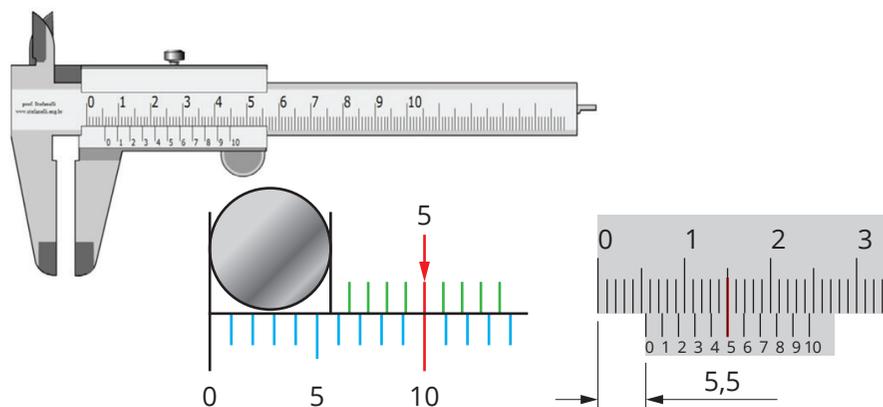
Pomična mjerila se izrađuju u različitim veličinama, a mjerni opseg im može iznositi od 100 mm pa do 3000 mm. Dijelev se u dvije grupe, oni s mjernom skalom manjom od 300 mm spadaju u male, a oni s većom skalom spadaju u velike alate.

Klasična pomična mjerila mogu imati jednu od tri rezolucije očitavanja s obzirom na podjelu skale na klizaču mjerila:

- 0,10 mm – dužina nonijusa je 9 mm sa 10 crtica
- 0,05 mm – dužina nonijusa je 19 mm s 20 crtica
- 0,02 mm – dužina nonijusa je 49 mm s 50 crtica.

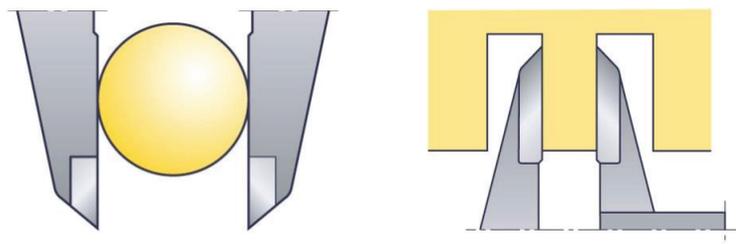
Digitalna pomična mjerila imaju rezoluciju očitavanja: 0,01 mm.

Na slici 5.27. prikazano je pomično mjerilo s rezolucijom očitavanja 0,1 mm, kao i način očitavanja na klasičnom pomičnom mjerilu iste rezolucije (0,1 mm).

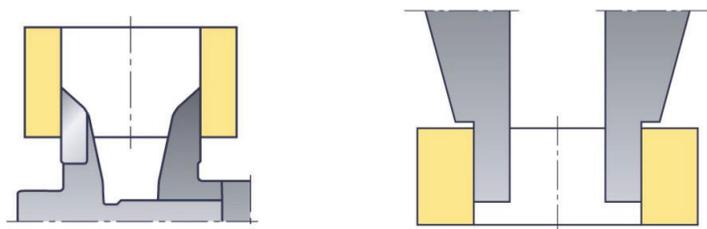


Slika 5.27. Pomično mjerilo s rezolucijom očitavanja 0,1 mm i način očitavanja na njemu

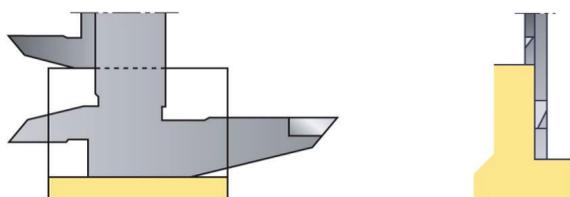
Pomično mjerilo je univerzalan mjerni instrument pomoću koga se može izvesti velik broj različitih vrsta mjerenja. Ovo mjerilo se najčešće koristi za mjerenje unutrašnjih i spoljašnjih mjera, kao i za mjerenje dubine otvora/šupljine. Neki od primjera mjerenja prikazani su na slikama od 5.28. do 5.30.



Slika 5.28. Spoljašnje mjerenje



Slika 5.29. Unutrašnje mjerenje



Slika 5.30. Mjerenje žljeba/ureza i dubine

Osim klasičnog mehaničkog pomičnog mjerila, danas se izrađuju **pomična mjerila s mjernim satom** i **pomična mjerila s digitalnim pokazivačem mjere**.



Digitalno pomično mjerilo je ručni alat koji ima sve mogućnosti mjerenja kao klasično mjerilo, samo je njegova konstrukcija i upotreba osavremenjena i znatno su povećane njegove mjerne sposobnosti i preciznost mjerenja.

Djelovi digitalnog pomičnog mjerila prikazani su na slici 5.31.

Svi elementi koji dolaze u kontakt s mjerenom pozicijom moraju biti napravljeni od tvrdog metala otpornog na trošenje i obrađeni najfinijim procesom završne obrade. Funkcijske tipke najčešće se sastoje od funkcija uključiti/isključiti, funkcija poništavanja vrijednosti kao i mogućnosti *zamrzavanja* rezultata za njihovo kasnije očitavanje, ukoliko se radi o mjerenju dimenzija u skućenim prostorima.

Sistem za očitavanje vrijednosti sastoji se od mjerne skale koja je sa spoljašnje strane vidljiva kao i mjerna skala analognog pomičnog mjerila, dok je onaj nevidljivi dio magnetne mjerne skale podijeljen u mrežu razmaka 0,01 mm, što je ujedno i rezolucija mjernog sredstva.



Slika 5.31. Prikaz digitalnog pomičnog mjerila

Gornji sistem očitavanja koji klizi po magnetnoj mjernoj skali, mjeri svaku liniju kojom prolazi pokazujući rezultat na ekranu. Zbog toga je vrlo bitno voditi računa o čistoći mjerne skale jer će ukoliko postoji i najmanja prepreka ili oštećenje, mjerni sistem očitavati pogrešnu vrijednost.



1. Šta je mjerenje i mjerni postupak?
2. Opiši pomično mjerilo i način mjerenja dimenzija zadatih elemenata pomoću njega.
3. Opiši tipove pomičnog mjerila.

5.4. Značaj primjene tehničkih propisa, standarda kvaliteta i uputstava proizvođača



Propis je dokument koji sadrži obavezna zakonska pravila, a donosi ga nadležno tijelo.

Tehnički propis je propis u kojemu su tehnički zahtjevi dati ili neposredno ili upućivanjem/pozivanjem na standard, tehničku specifikaciju ili kodeks (ili pravilo) dobre prakse. Njima se definišu sadržaji i postupci usaglašavanja tehničke dokumentacije.

Standard je dokument izrađen uz konsenzus i odobren od priznatog tijela, a koji sadrži niz specifikacija (odnosno zahtjeva) ili preporuka u vezi s proizvodima, sistemima, procesima ili uslugama. Standardi su dobrovoljni za primjenu, osim ukoliko se na njih ne poziva u legislativi/regulativi ili ukoliko nijesu navedeni kao dio nekog ugovora – tada je njihova primjena obavezna.

Legislativa je skup zakona neke zemlje.

Regulativa je skup propisa neke zemlje.

Iako postoji veza između standarda i propisa, posebno tehničkih, to su sasvim različite kategorije dokumenata i po načinu donošenja i po njihovoj primjeni.

Tehnički propis je propis zakonodavne prirode, a sastoji se u uspostavljanju, primjeni i izvršavanju obaveznih zahtjeva za tržišne proizvode, procese njihovog nastanka, usluge, osoblje i operativno osoblje. Ovaj dokument definiše pravila i propise za tehničke objekte. Tehnički propisi su veoma važni za razne vrste proizvoda, zgrade, objekte, postrojenja, proizvodne procese, upotrebe, skladištenja, transport, prodaju, postupke reciklaže i sl. Implementacija ovog dokumenta je obavezna.

Tehnički propisi se donose radi zaštite života, zdravlja i bezbjednosti ljudi, životinja i biljaka, zaštite životne sredine, zaštite imovine i zaštite drugih javnih interesa.

Direktiva EU 2015/1535 primjenjuje se na sve nacрте tehničkih propisa. Po njoj tehnički propisi obuhvataju:

- tehničke specifikacije
- druge zahtjeve
- propise o uslugama i
- propise kojima se zabranjuje proizvodnja, uvoz, stavljanje na tržište ili upotreba proizvoda, ili se zabranjuje pružanje ili korišćenje usluge, ili poslovnog prostora pružaoca usluge.

direktiva

veoma važan pravni akt Evropske unije, koji obavezuje u pogledu rezultata koji se njome ostvaruje, ali nacionalnim vlastima prepušta izbor forme i metode primjene.



Tehnička specifikacija je specifikacija sadržana u dokumentu kojom se utvrđuju karakteristike proizvoda, kao što su dimenzije, označavanje, pakovanje, nivo kvaliteta kao i postupci ocjene podudarnosti itd. Ovaj pojam takođe obuhvata proizvodne metode i postupke.

Drugi zahtjevi obuhvataju zahtjeve za proizvod u svrhu zaštite potrošača odnosno okoline, koji utiču na životni ciklus proizvoda nakon njegovog stavljanja na tržište, kao što su uslovi upotrebe, ponovne upotrebe ili recikliranja. Ovi uslovi moraju značajno uticati na sastav ili prirodu proizvoda ili njegovo stavljanje na tržište.

U pogledu *usluga*, Direktiva se primjenjuje samo na usluge informacionog društva koje su definisane kao svaka usluga koja se po pravilu pruža uz naknadu, na daljinu, elektronskom opremom i na pojedinačan zahtjev korisnika usluge.



U smislu direktive, **proizvod** znači svaki industrijski proizveden proizvod i svaki poljoprivredni proizvod, uključujući ribarske proizvode.

Prilikom izrade propisa nadležna tijela upućuju na standarde. Upućivanje na standarde može biti datirano, nedatirano i opšte.

Pod **datiranim** upućivanjem podrazumijeva se upućivanje na standarde kojima se označava jedan određen standard ili više njih, i to tako da se naknadne revizije standarda ne mogu primjenjivati ako se ne promijeni propis. Pod **nedatiranim** upućivanjem podrazumijeva se upućivanje na standarde kojima se označava jedan određen standard ili više njih, i to tako da se naknadne revizije standarda primjenjuju, a da nije potrebno mijenjati propis. Pod **opštim** upućivanjem podrazumijeva se upućivanje na standarde naznačavanjem svih standarda određenog tijela i/ili naznačavanjem standarda u nekom području, bez pojedinačnog označavanja.



Standard je dokument u kome se definišu pravila, smjernice ili karakteristike za aktivnosti ili njihove rezultate (proizvod ili usluga) radi postizanja optimalnog nivoa uređenosti. Standardi u velikoj mjeri imaju pozitivan uticaj na većinu životnih aspekata. Oni obezbjeđuju željene karakteristike proizvoda i usluga kao što su kvalitet, pozitivno djelovanje na životnu sredinu, bezbjednost, pouzdanost, efikasnost i zamjenljivost.

Kada proizvodi, sistemi, mašine i uređaji rade dobro i bezbjedno, to je uglavnom zato što ispunjavaju zahtjeve standarda. Kada standardi ne bi postojali, to bi se veoma brzo primijetilo, jer bi potrošačima zasmetalo što su proizvodi lošeg kvaliteta, što nijesu odgovarajući, odnosno nekompatibilni su s opremom koju potrošači već posjeduju, ili su nepouzdana i opasni...

ISO (*International Organization for Standardization*) jeste nevladina organizacija i nema autoritet da nametne implementaciju standarda. ISO ne donosi ni propise ni zakone. Međutim, države mogu da odluče da usvoje ISO standarde – prije svega u oblasti kvaliteta, zdravlja, zaštite životne sredine, bezbjednosti hrane, akreditacije laboratorija, implementacije CE znaka, tehničkog nadzora i sl. – kao zakonski obavezne ili da se na njih pozivaju u propisima. Iako su ISO standardi dobrovoljni, oni postaju zahtjev tržišta, kao na primjer serije standarda ISO 9001 i ISO 14001.

Standard se može zamisliti kao formula koja opisuje najbolji način da se nešto dobro uradi. ISO standardi se razvijaju prema potrebama tržišta. Oni pokrivaju veoma širok spektar aktivnosti: može se raditi o izradi proizvoda, upravljanju procesom, pružanju usluge ili isporuci materijala i sl. Standardi su nastali kao aktivnost eksperata, koji su stručni u svojoj oblasti i znaju potrebe organizacija koje predstavljaju. To su proizvođači, prodavci, kupci, trgovinska udruženja, korisnici ili regulatori..., praktično eksperti iz svih sektora industrije, tehnike i poslovanja u kojima se pokaže potreba za standardima. Standardi su bazirani na internacionalnom konsenzusu između stručnjaka u određenoj oblasti. Svi standardi se periodično pregledaju, najmanje jednom u pet godina, kako bi se odlučilo o njihovoj eventualnoj izmjeni, dopuni ili ukidanju. ISO standardi su tehnički sporazumi koji obezbjeđuju okvir za kompatibilnost tehnologije u cijelom svijetu. Oni su dizajnirani da budu globalno značajni i korisni bilo gdje u svijetu.

ISO

Međunarodna organizacija za standardizaciju, izrađuje standarde koji predstavljaju smjernice za pomoć kompanijama u najzahtjevnijim izazovima modernog poslovanja, osiguravajući da poslovanje bude što efikasnije, da se poveća produktivnost i da se pomogne kompanijama u pristupu novim tržištima.



Većina standarda je usko specijalizovana za određeni proizvod, materijal ili proces. Međutim, ISO 9001 i ISO 14001 (slika 5.32) jesu generički standardi upravljanja sistemima. Generički, znači da se isti standard može primijeniti na bilo koju aktivnost i na bilo koju organizaciju, malu ili veliku, bez obzira na proizvod ili uslugu, u bilo kom sektoru i bez obzira na to da li je organizacija privatna ili državna. ISO 9001 sadrži set generičkih zahtjeva za implementaciju sistema upravljanja kvalitetom, a ISO 14001 za upravljanje životnom sredinom.



Slika 5.32. ISO standardi (ISO 9001 i ISO 14001)



U razvijenom svijetu konkurentnost preduzeća i perspektiva njihovog opstanka na tržištu roba i usluga veoma je usko povezana sa njihovom sposobnošću da, u skladu sa zahtjevima odgovarajućih tehničkih propisa i standarda, proizvedu kvalitetne i sigurne proizvode uz prihvatljive cijene. Preduslov za takvu proizvodnju jeste efikasan sistem infrastrukture kvaliteta i postojanje odgovarajućih institucija (instituta, agencija i sl.) koje vrše nadzor nad tržištem, prate primjenu standarda, sugerišu izmjene, dopune i sl.

Na taj način je svima koji proizvode robe i pružaju usluge omogućeno da ispune zahtjeve tržišta u pogledu kvaliteta robe i usluga koje stavljaju na tržište; lakši je i jednostavniji izvoz robe i sl., a potrošačima se garantuje sigurnost i kvalitet proizvoda koje kupuju.



Uz sav isporučen alat, opremu i uređaje, proizvođač mora da dâ detaljna uputstva za njihovo korišćenje, s detaljnim opisom svih elemenata i njihovim tehničkim karakteristikama, preciznom šemom i načinom sastavljanja/montiranja (ukoliko to nije uradio proizvođač), opisom radnog procesa (uključivanje, rad, isključivanje i sl.), opisom i rokovima održavanja, remonta, zamjene djelova, odlaganja i sl., pravilima i uputstvima za siguran i pouzdan rad, zaštitu na radu, garancije i sl. Korisnici/potrošači su u obavezi da se striktno pridržavaju ovih uputstava, kao i ostalih postupaka i procedura predviđenih odgovarajućim standardima i propisima.



1. Definiši pojmove *propis* i *tehnički propis*.
2. Definiši pojmove *standard* i *standard kvaliteta*.
3. Navedi i opiši djelove koje obuhvataju tehnički propisi.
4. Opiši sistem rada ISO (*International Organization for Standardization*).

5.5. Osnovni mašinski materijali i mašinski elementi u elektroenergetici



Materija je sve što okružuje ljude, a **materijali** čine jedan njen dio. Materijal je materija koju ljudska bića upotrebljavaju i/ili prerađuju.

5.5.1. Osnovni mašinski materijali

Najčešće korišćeni **mašinski materijali** (podjela prema porijeklu) jesu:

- metalni materijali, u koje spadaju čisti metali (gvožđe, aluminijum, bakar, nikl, cink, hrom...) i legure (čelik, mesing, bronza, silumin...)
- keramički materijali
- polimerni materijali
- kompozitni materijali.

Metalni, keramički i polimerni materijali predstavljaju osnovne materijale, dok se kompoziti (međusobno čvrsto spojeni različiti materijali) dobijaju kombinacijom osnovnih materijala.

Legura je smješa dva ili više elemenata od kojih je barem jedan metal. Ona ima osobine metala, ali one mogu biti znatno različite od osobina čistih komponenata iz kojih se sastoji.

Metalni materijali obuhvataju čiste metale kao što su željezo, aluminijum, cink, bakar, nikl i sl. i njihove kombinacije poznate pod imenom legure (čelik, gvožđe, mesing, bronza...). Odlikuju se dobrom električnom i toplotnom provodljivošću, relativno velikom čvrstoćom i tvrdoćom, dobrom duktilnošću (plastična svojstva i žilavost), obradljivošću i otpornošću prema udaru. Koriste se za izradu konstrukcija i visokopterećenih elemenata.

Prema boji metalni materijali se dijele na:

- a) crne (ferometali – željezo, kobalt, nikl i mangan; teško topljivi metali – volfram, molibden, tantal; uranovi metali – uranijum, aktinijum, plutonijum...; rijetki (zemni) metali – lantanijum, neodijum, prazeodijum i dr.)
- b) obojene (laki – aluminijum, magnezijum i berilijum; plemeniti – zlato, srebro, platina i poluplemeniti bakar; lako topljivi metali – cink, olovo, bizmut i dr.).

Prema temperaturi topljenja dijele se na:

- a) teško topljive (Cu, Ni, Fe, W, V, Mo)
- b) lako topljive (Sn, Pb, Cd, Al, Mg, Zn).

Prema specifičnoj težini dijele se na:

- a) lake (gustina im je manja od 5 g/cm^3)
- b) teške (gustina im je veća od 5 g/cm^3).

Najlakši metal je litijum ($\rho = 0,53 \text{ g/cm}^3$), a najteži metal je osmijum ($\rho = 22,6 \text{ g/cm}^3$).

Keramički materijali su cigla, staklo, porcelan, neki izolacioni materijali i abrazivi. Ovi materijali imaju veliku čvrstoću i tvrdoću, ali su im duktilnost, obradivost i otpornost prema udaru veoma niski. Imaju lošu toplotnu i električnu provodljivost. Mnogi keramički materijali su veoma postojani na visokim temperaturama, imaju dobru korozionu postojanost i dobre optičke, toplotne i električne osobine (izolatori), pa im je primjena raznovrsna i brojna.

Polimeri su guma, plastični materijali i mnoge vrste ljepila. Imaju lošu toplotnu i električnu provodljivost, malu čvrstoću i nijesu podesni za upotrebu na povišenim temperaturama.

Kompozitni materijali se dobijaju kombinacijom dva ili više materijala. Njihove osobine se razlikuju od osobina svakog od tih materijala. Tipični predstavnici su beton i šperploča. Odlikuju se malom specifičnom težinom, dobrom čvrstoćom, a neki i otpornošću prema udaru, postojanošću na povišenim temperaturama i otpornošću prema dejstvu agresivnih sredina.

Prema **namjeni** mašinski materijali se dijele na konstrukcione, pomoćne i pogonske materijale.

Konstrukcioni materijali se upotrebljavaju za izradu konstrukcija, mašinskih elemenata, uređaja, mašina, postrojenja i alata. Odlikuju se dobrim mehaničkim svojstvima (čvrstoćom).

Pomoćni materijali se koriste za izradu manje opterećenih djelova – zaptivača i spojnica, izolacionih i koroziono otpornih slojeva.

Pogonski materijali se koriste za proizvodnju, transformaciju i prenos različitih oblika energije. To su sve vrste goriva (čvrsta, tečna i gasovita), maziva, voda i vazduh.

Zbog dobrih osobina, prije svega mehaničkih i električnih, u elektrotehnici se najviše kao provodni materijali koriste bakar i njegove legure, aluminijum i njegove legure, te gvožđe i čelici. Zbog dobrih elektroizolacionih svojstava koriste se keramički materijali i neki polimeri.

5.5.2. Osnovni mašinski elementi

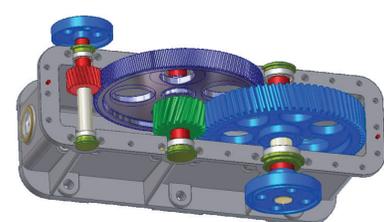
Svaka mašina ili mašinski uređaj ima velik broj sastavnih djelova. Svaki od tih djelova u sklopu mašine vrši tačno određenu funkciju i predstavlja mašinski elemenat.

Mašinski elementi su izvršioци elementarnih funkcija mašinskih sistema.

Mašinski sistem (slika 5.33) predstavlja materijalizovani proizvod ljudskog rada koji samostalno vrši određenu funkciju.

Prema namjeni mašinski sistemi se dijele na radne, energetske i sisteme posebne namjene. Radni sistemi vrše konkretan rad, dok se u energetskim sistemima vrši transformacija energije iz jednog oblika u drugi. U mašinskim sistemima posebne namjene ostvaruju se posebne funkcije.

Mašinski elementi imaju razne namjene i oblike. Neki od njih su prikazani na slici 5.34.



Slika 5.33. Primjeri mašinskih sistema



Slika 5.34. Oblici nekih mašinskih elemenata

Neki mašinski elementi nalaze se na skoro svim mašinama (zakovice, zavrtnji, opruge, vratila, ležišta, klinovi, zupčanci i dr.) i predstavljaju opštu grupu mašinskih elemenata.

Elementi kao što su klipovi, klipnjače, ventili, cilindri i dr. nalaze se samo na nekim mašinama i predstavljaju posebnu grupu mašinskih elemenata.

Opšta grupa mašinskih elemenata dijeli se na:

- elemente za spajanje (klin, zavrtnj, zakovica, opruga, čivija, osovinica i dr.)
- elemente za kružno kretanje (vratilo, osovina, spojnica, ležaj i dr.)
- elemente za prenos snage (zupčanik, remen (kaiš), lanac (mašinski element), tarni (frikcioni) točak i dr.)
- elemente za provođenje tečnosti i gasova (cijevi, cijevni zatvarači i dr.).

U **elemente za spajanje** ubrajaju se:

- mašinski elementi za čvrste, nerazdvojive veze koji se ostvaruju: zakovicama, zavarivanjem, lemljenjem i lijepljenjem
- mašinski elementi koji se koriste za čvrste i razdvojive veze: klinovi (uzdužni i poprečni), zavrtnji/vijci i navrtke, podloške (podložne pločice), osigurači navojnih veza i ključevi
- mašinski elementi koji se koriste za elastične spojeve (npr. opruge)
- mašinski elementi koji se koriste za pokretne spojeve (npr. osovinice)...

Zakovice i spojevi zakovicama su nekada bili osnovni vid spajanja metalnih djelova. Danas su ostali kao osnovni vid čvrstog spajanja nekih lakih legura (duraluminijum) i posebno u avio-industriji. Dijele se na: sitne (s prečnikom do 10 mm) i krupne (s prečnikom od 10 do 37 mm). Prema obliku glave, sitne zakovice mogu biti: s poluokruglom glavom, s upuštenom glavom, s pljosnatom glavom, s trapeznom glavom i sa sočivastom glavom.

Zavareni spojevi predstavljaju cjelinu ostvarenu zavarivanjem. Njihove prednosti jesu:

- lakši su od zakovanih i livenih konstrukcija
- djelovi se mogu sklapati sučeono i ugaono
- zavarene konstrukcije su jeftinije za izradu
- smanjena je buka pri radu.

Osnovni nedostaci zavarenih spojeva jesu zavisnost kvaliteta vara (zavara) od varioca i elektrode, pojava zaostalih napona i deformacija i slabljenje mehaničkih osobina materijala.

Lemljeni spojevi su spojevi kod kojih se spajanje vrši primjenom metalnih veziva, lemila i topitelja. Imaju ograničenu čvrstoću na povišenu temperaturu jer dolazi do rastapanja lema.

Lijepljenim spojevima postiže se smanjenje površine potrebne za vezivanje. Otpornost na vlagu i hemijske spojeve je ograničena.

U elemente za čvrste i razdvojive veze spadaju **klinovi**. Uzdužni klinovi se koriste za razdvojivu vezu vratila s glavčinom zupčanika, kaišnika i sl. Postoje zaobljeni klinovi, klinovi s kukom, klinovi bez kuke, segmentni klinovi, klinovi s nagibom i klinovi bez nagiba. Poprečni klinovi se koriste za nastavljanje dva mašinska dijela koji prenose **aksijalna opterećenja**.

aksijalno opterećenje
opterećenje koje djeluje
u smjeru osa određeno-
ga elementa.

U ovu grupu spadaju i **zavrtnji i navrtke** koji vezuju mašinske djelove koji se, ako je potrebno, lako mogu razdvojiti a da se ne oštete ni oni ni zavrtnji. Zavrtnji zajedno s navrtkama služe i za pretvaranje kružnog u pravolinijsko kretanje, pri čemu se obrtni moment pretvara u aksijalnu silu ili istezanje. Navoji mogu biti unutrašnji i spoljašnji, sa desnim i lijevim nagibom zavojnice. Zavrtnji i navrtke se sastoje od stabla zavrtnja, dijela sa zavojnicom, glave zavrtnja, navrtke. Navoj može biti unutrašnji i spoljni.

Zadatak **podložnih pločica** je da povećaju dodirnu površinu između dijela glave zavrtnja i navrtke, da zaštite dodirne površine od habanja i da prilagode površinu nalijeganja normalno na osu zavrtnja.

Elementi za ostvarivanje elastičnih spojeva su **opruge**. Opruge se pod dejstvom sila deformišu, a nakon prestanka dejstva sila vraćaju se u prvobitni oblik. Primjene: akumulacija energije (časovnik); amortizacija udara (amortizer); mjerenje sila (dinamometar); prinudno kretanje (opruge ventila); ograničenje pritiska (ventili sigurnosti)... Dije se na fleksione (proste lisnate, gibnjeve, spiralne, zavojne, tanjiraste) i torzione – zavojne (zatezne, pritisne, pužaste).

Elementi za ostvarivanje pokretnih spojeva jesu: osovinice ili svornjaci, osovine, vratila, rukavci, ležajevi i spojnice.

Osovinice ili svornjaci su mašinski elementi koji se upotrebljavaju na mjestima gdje treba obezbijediti zglavkastu vezu za oscilatorno, odnosno kružno kretanje (npr. veza klipnjače i klipa). Izrađuju se kao pune i šuplje, s naslonom i bez naslona.

Osovine su mašinski elementi za kružno kretanje, i služe kao nosači drugih mašinskih djelova. Napregnute su na savijanje i nikad ne prenose obrtne momente. Mogu biti pokretne i nepokretne, pune i šuplje. Osnovni djelovi su rukavac i ojačani dio. Radi uštede materijala osovine se proizvode kao stepenaste. Izrađuju se od žilavih konstrukcionih čelika.

Vratila su mašinski elementi za kružno kretanje, pri čemu prenose obrtne momente – snagu. Za razliku od osovine, vratila su izložena uvijanju i uvijek se okreću. Dije se na savitljiva i čvrsta. Savitljiva mogu biti zglavkasta i gipka, a čvrsta prava i koljenasta.

Rukavci su djelovi vratila i osovine koji se obrću u ležaju.

Ležajevi (ležaji) zavisno od pravca djelovanja sile mogu biti:

- radijalni ili poprečni, kod kojih sila djeluje normalno na osu ležaja
- aksijalni ili uzdužni, kod kojih sila djeluje u pravcu ose ležaja
- kombinovani, kod kojih istovremeno sile djeluju u pravcu ose i normalno na osu.

Prema konstrukciji ležaji se dijele na klizne i kotrljajuće.

Spojnice su mašinski elementi koji služe za spajanje krajeva dva ili više vratila u jednu cjelinu. Prema načinu prenošenja snage kao kriterijumu grupisanja, spojnice se dijele na:

- mehaničke
- elektromagnetne
- pneumatske
- hidrauličke
- turbohidrauličke
- specijalne.

Mehaničke spojnice se dijele na: čvrste (s naglavkom, oklopne, kružne); pokretne (aksijalno-pomične, elastične i zglavkaste) i isključno-uključne (kandžasto isključne, frikционе). Isključno-uključna spojnica je i spojnica motornog vozila (kvačilo).

Postoje različite podjele/vrste **prenosa snage**.

Kod **zupčastog prenosa** (zupčasti parovi) glavnu ulogu imaju zupčanici. Kod njih se mehanička energija prenosi između mašina i uređaja pomoću zupčanika. Zupčanici su mašinski elementi koji međusobnim uzastopnim zahvatanjem zubaca prenose obrtno kretanje i obrtni moment s jednog na drugo vratilo. Prema obliku zubaca, ovi zupčanici mogu biti s pravim, kosim, i strelastim zupcima. Ako se ose vratila sijeku pod nekim uglom, prenos se ostvaruje konusnim zupčanicima, koji mogu biti sa: pravim, kosim, krivolinijskim zupcima. Za prenos obrtnog kretanja između vratila čije se ose mimoilaze, upotrebljavaju se hiperboloidni zupčasti parovi i pužni par.

Djelovi sistema **lančanog prenosa** jesu lanac, pogonski točak i pogonjeni točak. Mehanička energija između mašina i uređaja prenosi se pomoću lanca. Lanac se sastoji iz karika i kuka. Kod većih udarnih opterećenja koriste se i lanci koji se mogu rastavljati na svakoj karici.

Kod **prenosa remenom** (kaišem) prenos snage se ostvaruje savitljivim elementima – kaiševima (remenima). Remen je mašinski element namijenjen za stvaranje pokretnih spojeva i prenos snage rotacionog kretanja. Prema obliku poprečnog presjeka remena razlikuju se: pljosnati remen, klinasti (trapezni) remen, okrugli remen i druge vrste.

Frikcioni (tarni) prenos se ostvaruje neposrednim dodiranjem trenjem (frikcijom) između površina. Postoje: cilindrični frikcioni parovi i konični frikcioni parovi.

Elementi za provođenje tečnosti i gasova su **cijevi i cijevni zatvarači**. Oni se upotrebljavaju za provođenje fluida, gasova i čvrstog materijala u usitnjenom obliku. Oblici završetka cijevi i cijevni priključci mogu biti: pravouglava račva, kosougla račva, T-račva, jednostrani luk, luk, koljeno i reducir. Djelovi cijevnih zatvarača jesu: ventil, zasun, preklopac i slavina.



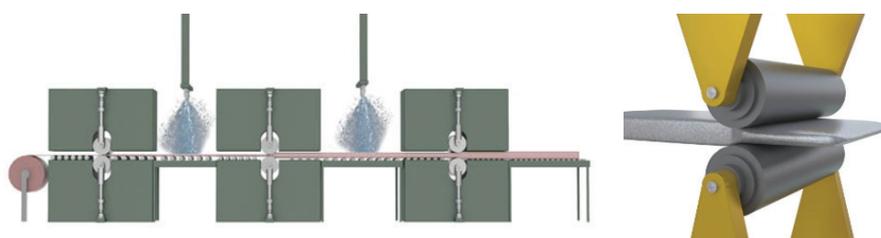
1. Navedi podjelu mašinskih materijala prema porijeklu.
2. Objasni osnovne mašinske materijale.
3. Definiši mašinski sistem i mašinski element.
4. Opiši osnovne mašinske elemente u elektroenergetici.
5. Napravi uporednu analizu mašinskih elemenata za spajanje i za kružno kretanje.

5.6. Osnovni načini spajanja limova

Lim je metalni poluproizvod normiranih dimenzija.

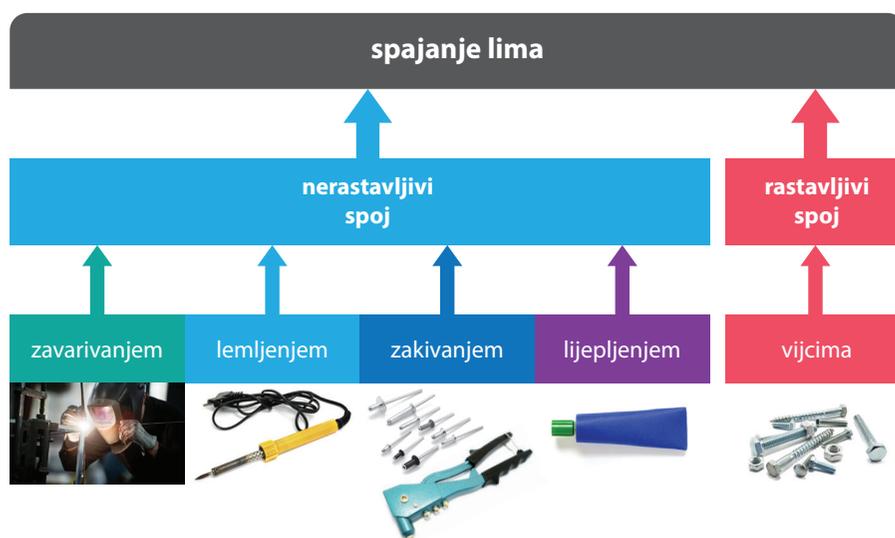
Primjenjuje se za proizvodnju kućišta peći, mašina i drugih uređaja, posuđa, limenki za napitke, karoserija za automobile i autobuse, oplatu brodova i šinskih vozila, novca, krovova kuća...

Lim se proizvodi različitim postupcima valjanja (slika 5.35). Komadi užarene kovine dopremaju se u uređaj za valjanje, gdje im se višestruko smanjuje debljina na potrebnu dimenziju. Dobijene ploče se očiste od korozije, režu na potrebne dimenzije i po potrebi ravnaju.



Slika 5.35. Postupci proizvodnje lima

Pošto se, po pravilu, dimenzije proizvedenog lima ne poklapaju s dimenzijama gdje se lim ugrađuje, neophodno je lim izrezati prema potrebnim dimenzijama i izvršiti spajanje limova gdje je to potrebno. Spajanje lima može se izvesti različitim postupcima, prikazanim na slici 5.36.



Slika 5.36. Postupci spajanja lima

Postupak spajanja lima zavrtnjima/šrafovim/vijcima jeste postupak spajanja lima rastavljivom vezom/spojem. Limovi se buše burgijom nešto većeg prečnika od prečnika zavrtnja, zatim se zavrtnji provuku kroz izbušene rupe i stegnu maticama. Postoje i zavrtnji za lim koji nemaju maticu.

Kod njih se lim buši na nešto veći prečnik od korijena zavrtnja i zatim se zavrtnaj uvrne. Za sprečavanje odvrtanja matica koriste se: elastični ili zvjezdasti prsten, dvije matice, rascjepka / sigurnosni klin ili klin uz običnu maticu i krunasta matica osigurana rascjepkom.

Postupci spajanja lima nerastavljivom vezom su: spajanje zakovicama, mekim lemljenjem, tvrdim lemljenjem, plinskim zavarivanjem, elektrolučnim zavarivanjem i lijepljenjem.

Zakovice se rade od čelika, bakra, aluminijske i mesinga, a imaju razne oblike glava. Kvalitetno spajanje zakovicama / zakivanje postiže se korišćenjem podmetača i oblikača. Prilikom izrade metalne bravarije koristi se postupak zakivanja pop-zakovicama pomoću pop-kliješta.

Lemljenje je postupak spajanja limova pomoću električnog lemila i rastopljenog lema (legura olova i kalaja). Kod postupka mekog lemljenja tačka topljenja lema je do 450 °C. Kod tvrdog lemljenja koriste se lemovi mesing, bronza i legura srebra. Temperatura je između 450 i 900 °C a postiže se acetilenskim ili propanskim plamenikom uz dodavanje kiseonika. Tokom ovog postupka ne topi se osnovni materijal. Tvrdim lemljenjem se može spajati čelik, bakar, aluminij, nikl, hrom, molibden, volfram, keramika i sl.

Zavarivanje je postupak spajanja debljih limova pomoću aparata za zavarivanje i elektrode. Tokom gasnog zavarivanja takođe se koriste propanski ili acetilenski plamenici uz dodavanje kiseonika. Temperature su od 900 do 3000 °C. Topi se i osnovni materijal koji s dodatnim čini zavar. Prije zavarivanja potrebno je napraviti pripremu.

Prilikom elektrolučnog zavarivanja temperatura za zavarivanje se postiže električnim lukom, i iznosi do 4500 °C. Napon zavarivanja je oko 75 V, a struje od 20 do 500 A. Prilikom zavarivanja topi se elektroda i osnovni materijal koji zajedno čine zavar. Obloga se takođe topi i štiti zavar od korozije. Takođe je neophodna priprema. Pri elektrolučnom zavarivanju koristi se sljedeća zaštitna oprema: zaštitne naočare za gasno zavarivanje; zaštitna maska za elektrolučno zavarivanje, koja može biti ručna i naglavna (naglavna može biti fotosenzibilna); radno odijelo: pregača; cipele s kapicom i kapa (slika 5.37).

Postupak lijepljenja. Tehnologija lijepljenja je u novije vrijeme znatno napredovala, pa se sve više koristi zbog niza prednosti. Osnovne prednosti:

- male dimenzije spoja
- ravnomjerna raspoređenost naprezanja
- mogućnost spajanja materijala koji se ne mogu spajati drugim postupcima (metal i plastika, i metal i staklo).

Lijepljenje se zasniva na molekularnim silama adhezije i kohezije. Adhezija je odgovorna za površinsko prianjanje, a kohezija za unutrašnju čvrstoću ljepila. Poznata ljepila su metalakrilatno, cijanakrilatno, epoksidno i poliuretansko.



Slika 5.37. Postupci elektrolučnog zavarivanja

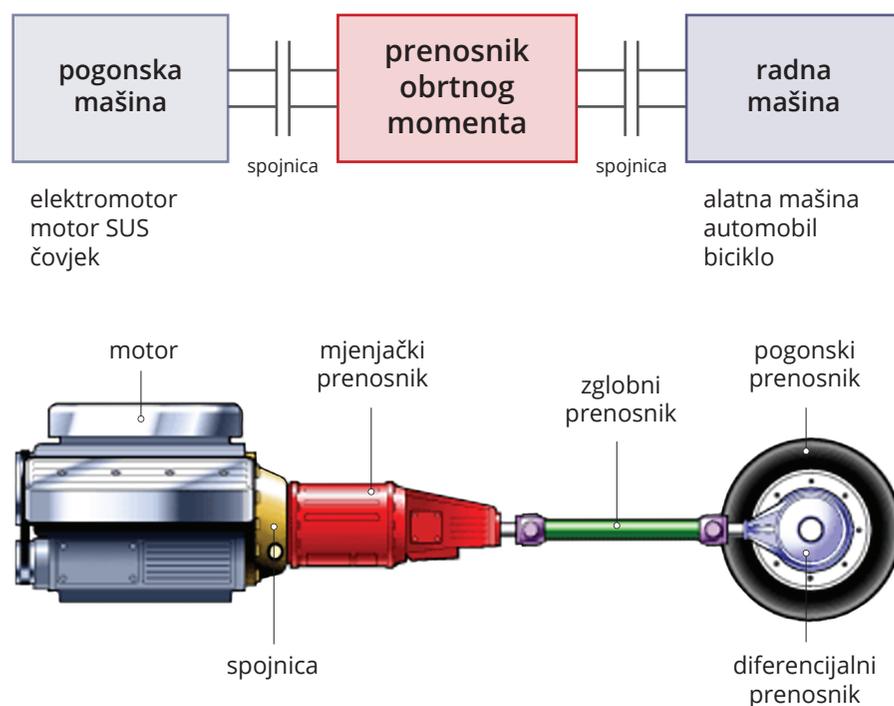


1. Definiši šta je lim i za šta se sve primjenjuje.
2. Navedi osnovne postupke za spajanje lima.
3. Analiziraj razliku između nerastavljivog i rastavljivog spoja limova.
4. Nabroj koji se postupci koriste da ne bi došlo do odvrtnja matica.
5. Objasni postupak spajanja debljih limova pomoću aparata za zavarivanje i elektrode.

5.7. Određivanje prenosnog odnosa prenosnika za odabrani primjer



Pod **prenosnikom** (mehanički prenos ili elementi za prenos snage) u najširem smislu podrazumijeva se mehanizam, mašinska grupa ili cijela mašina čiji je zadatak prenošenje mehaničke energije (zbir potencijalne i kinetičke energije), od pogonske mašine (elektromotor, SUS motor, parna turbina...) do radne mašine, sprave, uređaja ili objekta koji koristi tu energiju. Pomoću njih se takođe može izvršiti promjena parametara, snage, veličine obrtnih momenata i ugaonih brzina ili sile i njenih brzina (slika 5.38).



Slika 5.38. Veza prenosnika i pogonske i radne mašine

Po pravilu, prilikom prenosa se mijenja brzina rotacije, obrtni momenat i sl., ali je moguće i direktan prenos (preko osovine ili vratila) ako su pogonska mašina i gonjeni sistem udaljeni.

Prema principu i načinu prenošenja energije, prenosnici se dijele na:

- mehaničke
- hidrauličke
- pneumatske.

Uvođenje prenosnika kao posrednika između pogonske i radne mašine diktirano je uslovima rada kako radne tako i pogonske mašine. Potrebna ugaona brzina radne mašine vrlo rijetko odgovara najpogodnijoj ugaonoj brzini pogonske mašine (obično je mnogo manja). Čest je slučaj da ugaonu brzinu glavnih djelova radne mašine treba mijenjati nezavisno od ugaone brzine pogonske mašine. Mijenjanje ugaone brzine pogonske mašine u širim granicama ili je vrlo neekonomično ili čak i nemoguće.

Pogonske mašine imaju obično konstantnu ili približno konstantnu ugaonu brzinu, uz konstantan obrtni momenat. Veće smanjenje minutnog broja obrtaja kod pogonske mašine u većini slučajeva dovodi i do smanjenja obrtnog momenta, što je vrlo nepovoljno za radnu mašinu, jer ona zahtijeva velike obrtne momente pri malim brzinama.

Brojevi obrtaja pogonskih mašina obično su veliki, a obrtni momenti mali, što znači da se određena snaga postiže velikim ugaonim brzinama, a malim obrtnim momentima.

Radna mašina, u većini slučajeva, zahtijeva male brojeve obrtaja, a velike obrtne momente, i to bilo u toku režima rada, bilo samo u izvjesnim periodima.

Prenosnici omogućavaju izradu pogonskih mašina s velikim brojevima obrtaja a malim obrtnim momentima, jer vrše povećanje obrtnog momenta na račun smanjenja ugaone brzine.

Brzohodna pogonska mašina zajedno s prenosnikom ima manje dimenzije i manju težinu nego sporohodna pogonska mašina upotrebljiva bez prenosnika. Ako je iz nekih razloga potrebno radnu mašinu udaljiti od pogonske, prenosnikom se može premostiti to rastojanje.

Kod mehaničkih prenosnika mehanička energija se prenosi preko mašinskih djelova, međusobnim dodirivanjem. Mehanički prenosnici mogu prenositi energiju odnosno mijenjati obrtni moment i ugaonu brzinu bilo prijanjanjem/dodirivanjem, bilo zupcima, i to ili neposrednim dodirivanjem pogonskog ili gonjenog elementa, bilo preko posrednika.

Glavni tipovi mehaničkih prenosnika:

1. frikcionni prenosnici
2. remeni prenosnici

3. lančasti prenosnici
4. zupčasti prenosnici.

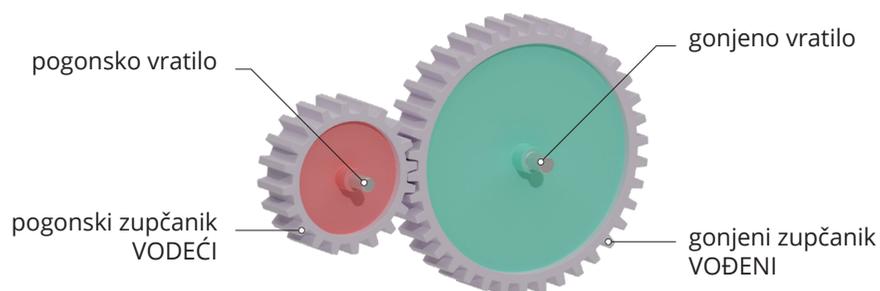
Osnovni elementi ovih prenosnika i njihov princip rada objašnjeni su u dijelu 5.5.2. Izgled raznih tipova mehaničkih prenosnika energije prikazan je na slici 5.39.



Slika 5.39. Razni tipovi mehaničkih prenosnika energije

Frikcioni i kaišni prenosnici spadaju u grupu prenosnika koji opterećenje prenose pritanjanjem, a zupčasti i lančani prenosnici u grupu prenosnika koji opterećenje prenose zupcima. Frikcioni i zupčasti prenosnici spadaju u prenosnike koji rade s neposrednim dodirivanjem pogonskog i gonjenog dijela, a remeni i lančani prenosnici u grupu prenosnika koji rade preko posrednika.

Posmatrajući prenosnik kao cjelinu, razlikuju se pogonsko ili ulazno vratilo (preko koga je prenosnik vezan za pogonsku mašinu) i gonjeno ili izlazno vratilo (preko koga je prenosnik vezan za radnu mašinu) (slika 5.40).



Slika 5.40. Veza pogonskog i gonjenog vratila



Prema međusobnom položaju osa ulaznog i izlaznog vratila, prenosnici mogu biti s paralelnim, ukrštenim i mimoilaznim osama vratila. Paralelne ose ulaznog i izlaznog vratila prenosnika mogu biti u horizontalnoj, vertikalnoj ili kosoj ravni. Pored prenosnika s jednim ulaznim i jednim izlaznim vratilom, postoje i prenosnici s više ulaznih i više izlaznih vratila.

Karakteristika mehaničkog prenosa jeste njegov prenosni odnos (i), koji se može predstaviti preko odnosa broja obrtaja pogonskog i gonjenog vratila, ili kao odnos broja zubaca vođenog i vodećeg zupčanika (slika 5. 41).

$$i = \frac{\text{broj obrtaja pogonskog vratila}}{\text{broj obrtaja gonjenog vratila}} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

n_1 broj zubaca vođenog zupčanika
 n_2 broj zubaca vodećeg zupčanika
 z_2 broj zubaca vođenog zupčanika
 z_1 broj zubaca vodećeg zupčanika

Slika 5.41. Prenosni odnos prenosnika

Radni prenosni odnos prenosnika može se predstaviti i kao odnos između ugaone brzine pogonskog (vodećeg, ulaznog) vratila/kaišnika prema ugaonoj brzini gonjenog (vođenog, izlaznog) vratila/kaišnika.

Prenosni odnos isporučuje/prenosi pogonsku silu s motora na mašinu radilicu.

Ako je radni prenosni odnos $i > 1$, prenosnik vrši smanjenje broja obrtaja a povećanje obrtnog momenta, idući od ulaznog ka izlaznom vratilu. Takav prenosnik naziva se **reduktor**.

Ako je radni prenosni odnos $i < 1$, prenosnik vrši povećanje broja obrtaja a smanjivanje obrtnog momenta, idući od ulaznog ka izlaznom vratilu. Takav prenosnik naziva se **multiplikator**.



VJEŽBA: Odabir alata i realizacija konkretnih praktičnih zadataka

Cilj zadatka: Nakon urađene vježbe učenik/učenica će biti sposoban/sposobna da protumači preporuke za izbor; da izvrši odabir potrebnog alata i da realizuje neki od zadatah konkretnih praktičnih zadataka (obilježavanje, sječenje, bušenje, brušenje, skidanje izolacije i zaštitnih slojeva, spajanje provodnika sa alatom i bez alata – prostim vezivanjem, lemljenje i dr.).

Nalog: Koristeći stečena znanja, samostalno demonstriraj (na zadatom primjeru) odabir odgovarajućeg potrebnog alata i realizuj dobijeni zadatak.

Nastavnik/nastavnica formira grupe. Svakoj od njih daje posebne zadatke: da pregledaju sajtove proizvođača alata (treba da ih pronađu na internetu); da iz kataloga/ponuda proizvođača izaberu alat koji može da zadovolji potrebe za realizaciju postavljenog praktičnog zadatka i da realizuju zadatak.

Proizvođača alata i konkretni praktični zadatak za svaku grupu određuje nastavnik/nastavnica.

Na osnovu rezultata istraživanja predstavnici grupe prezentuju svoje zaključke, tumače način odabira i funkciju alata, kao i način realizacije zadatka.



VJEŽBA: Mjerenje dimenzija zadatih elemenata korišćenjem pomičnog mjerila

Cilj zadatka: Nakon urađene vježbe učenik/učenica će biti sposoban/sposobna da opiše pomično mjerilo i da izmjeri dimenzije različitih zadatih elemenata korišćenjem pomičnog mjerila.

Nalog: Koristeći stečena znanja, opiši i samostalno demonstriraj na zadatom elementu mjerenje njegovih dimenzija korišćenjem pomičnog mjerila.

Nastavnik/nastavnica formira grupe. Svakoj od njih daje posebne zadatke, odnosno definiše elemente različitih oblika i dimenzija. Učenici treba da pomoću pomičnog mjerila izmjere sve dimenzije zadatog elementa (dužinu, širinu, visinu, dubinu – ukoliko postoje), da opišu pomično mjerilo i komentarišu postupak mjerenja (koristiti stečena znanja iz ove oblasti).

Nakon izvršenih zadataka grupe prezentuju svoje zaključke. Opisuju mjerilo i na različitim analiziranim primjerima komentarišu dobijene mjerene dimenzije i načine njihovog dobijanja.



VJEŽBA: Demonstriranje postupka spajanja limova pomoću zavrtnja, matice i podloške

Cilj zadatka: Nakon urađene vježbe učenik/učenica će biti sposoban/sposobna da opiše postupke spajanja limova i na datom primjeru demonstrira primjenu postupka spajanja limova korišćenjem zavrtnja, matice i podloški.

Nalog: Koristeći stečena znanja, na datom primjeru samostalno demonstriraj primjenu postupka spajanja različitih limenih konstrukcija korišćenjem zavrtnja, matice i podloški.

Nastavnik/nastavnica formira grupe. U zavisnosti od raspoložive opreme i uslova u laboratoriji svakoj od grupa daje posebne zadatke, odnosno posebne oblike limova ili limene konstrukcije, koje učenici treba da spoje koristeći zavrtnje, matice i podloške.

Nakon izvršenih zadataka grupe prezentuju svoje zaključke. Opisuju postupke spajanja limova i na zadatom primjeru demonstriraju i komentarišu primjenu postupka spajanja dobijenih limova ili limenih konstrukcija korišćenjem zavrtnja, matice i podloški.



VJEŽBA: Demonstriranje postupka određivanja prenosnog odnosa za odabrani par remenica i/ili zupčanika

Cilj zadatka: Nakon urađene vježbe učenik/učenica će biti sposoban/sposobna da objasni i demonstrira primjenu postupka određivanja prenosnog odnosa za odabrani par mašinskih elemenata (remenica i/ili zupčanika).

Nalog: Koristeći stečena znanja, samostalno demonstriraj primjenu postupka određivanja prenosnog odnosa za odabrani par mašinskih elemenata.

Nastavnik/nastavnica formira grupe. U zavisnosti od raspoložive opreme i uslova u laboratoriji, svakoj od grupa daje posebne zadatke – da opišu postupak određivanja prenosnog odnosa i da za par raspoloživih mašinskih elemenata (po mogućnosti par remenica i/ili zupčanika) odrede prenosni odnos.

Nakon izvršenih zadataka grupe prezentuju svoje zaključke. Opisuju postupak određivanja prenosnog odnosa i na zadatom primjeru demonstriraju primjenu postupka određivanja njegovog prenosnog odnosa, uz analizu postupka i dobijenih rezultata.



VJEŽBA: Istraživanje i prezentovanje karakteristika i primjene mašinskih materijala i/ili elemenata u elektroenergetici

Cilj zadatka: Nakon urađene vježbe učenik/učenica će biti sposoban/sposobna da istraži i prezentira različite karakteristike i primjenu mašinskih materijala i/ili elemenata u elektroenergetici.

Nalog: Koristeći stečena znanja i raspoloživu opremu i uređaje, samostalno istraži i prezentiraj različite karakteristike i načine primjene različitih mašinskih materijala i/ili elemenata u elektroenergetici.

Nastavnik/nastavnica formira grupe. U zavisnosti od raspoložive opreme i uslova u laboratoriji, svakoj od grupa daje posebne zadatke, povezane sa istraživanjem i prezentovanjem različitih karakteristika i primjenom mašinskih materijala i/ili elemenata u elektroenergetici. Nastavnik određuje koji se mašinski materijali i/ili elementi istražuju i prezentiraju (koristiti stečena znanja iz ove oblasti).

Na osnovu rezultata istraživanja grupe prezentuju svoje zaključke – na različitim primjerima analiziraju i komentarišu njihove karakteristike i primjenu u elektroenergetici.



1. Opiši način rada prenosnika.
2. Objasni podjelu prenosnika prema principu rada i načinu prenošenja energije.
3. Objasni glavne tipove mehaničkih prenosnika.
5. Objasni prenosni odnos prenosnika.
6. Objasni razliku između reduktora i multiplikatora.

Literatura

1. *The International System of Units (SI), 9th ed.*, ISBN 978-92-822-2272-0, Paris May, 2019.
2. *World Energy Outlook 2015–2020 – Analysis* – IEA
3. World Energy Council, <https://www.worldenergy.org>
4. *International Energy Outlook 2017, 2019, 2020*, Washington, U.S. DOE/IEA
5. U. S. Department of Energy, EIA, *Annual Energy Review, 2000–2020*.
6. *Statistical Review of World Energy 2019* / 68th edition.
7. *Renewable Energy in Europe*, EUREC, Brussels, 2016.
8. *The State of Renewable Energies in Europe*, Edition 2014, 14th EurObservER Report, Paris, France, 2014.
9. *The Strategic Energy Technology (SET) Plan*, Directorate General for Research and Innovation, European Commission, Joint Research Centre, Brussels, 2017.
10. *Wind Atlas Balkan*, Federal Ministry for Economic Development SR Germany, KfW, SANDER GmbH, Institut für Strömungsmechanik, Munich, Germany, 2015.
11. *World Energy Outlook Special Report*, International Energy Agency, Paris, France, 2017.
12. *Snapshot of Global PV Markets 2020*, Report IEA-PVPS T1-37: 2020
13. EU Direktiva 2015/1535
14. *International Atomic Energy Agency*, IAEA, Viena, Austria, 2018, 2020.
15. *The World Small Hydropower Development Report (WSHPDR) 2019*, United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) and the International Center on Small Hydro Power (ICSHP), 2020.
16. *The International Renewable Energy Agency (IRENA) 2020 Report*, Abu Dhabi, UA Emirates
17. WRI (2010), *Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 8.0*, <http://cait.wri.org>
18. S. O. Ezennaya, F. O. Enemuoh, V. N. Agu, *An Overview Of Electrical Hazards And Safety Tips*, *International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 8*, Issue 5. 5. 2017.
19. Lehrman, Robert L. (1973). *Energy is not the ability to do work*. The Physics Teacher. Arhivirano iz originala na datum 20. 1. 2017.
20. Abdel Gelil, prof. dr Ibrahim, *Framework Conditions for Solar Thermal Energy Use in the Southern Mediterranean Countries*, CEDARE, Egypt, 2007.
21. Boxwell, Michael, *Solar Electricity Handbook – 2011 Edition: A Simple Practical Guide to Solar Energy – Designing and Installing Photovoltaic Solar Electric Systems*, Greenstream Publishing, UK, 2011.

22. Boyle, Godfrey, *Renewable Energy – Power for a Sustainable Future*, Oxford University Press, Oxford, UK, 2004.
23. Fanchi, J. R., *ENERGY Technology and Directions for Future*, Elsevier Academic Press, London, UK, 2004.
24. Kemp, H. William, *The Renewable Energy Handbook, Revised Edition: The Updated Comprehensive Guide to Renewable Energy and Independent Living*, 2009.
25. Laughlin, B. Robert-Nobel Laureate in Physics, *Powering the Future: How We Will (Eventually) Solve the Energy Crisis and Fuel the Civilization of Tomorrow*, Basic Books, 2011.
26. NASA Earth Observatory, *Large, Deep Antarctic Ozone Hole in 2020*.
27. Nelson, Vaughn, *Wind Energy, Renewable Energy and the Environment*, Taylor & Francis Group, LLC, 2009.
28. Scharmer, K., Greif, J., *The European Solar Radiation Atlas – Vol. 1. Fundamentals and Maps*, Les Presses de l'Ecole des Mines, Paris, 2000.
29. International Organization for Standardization, *ISO Reports*, Geneva, Switzerland
30. *Delivering Energy and Climate Solutions* (EWEA 2016 Annual Report).
31. *Directive on Electricity Production from Renewable Energy Sources*, 2001/77/EC, EU Commission, 2001.
32. Global Wind Energy Council, *Global Wind Energy Outlook 2008–2020*.
33. *Layman's Guidebook on How to develop a Small Hydro Site*, EUC, ESHA, Brussels, 2004.
34. JUS N. B2.741 i IEC 60364-4-41
35. Požar, H. (1992). *Osnove energetike I, II, III*. Zagreb: Školska knjiga.
36. Đorđević, B. (1984). *Korišćenje vodnih snaga*. Objekti hidroelektrana. Beograd: Građevinski fakultet, Naučna knjiga.
37. Škuletić, S. (2006). *Elektrane*. Podgorica: Univerzitet Crne Gore – Elektrotehnički fakultet.
38. Škuletić, S. (2008). *Osnovi elektroenergetike, skripta*. Podgorica: Univerzitet Crne Gore – Elektrotehnički fakultet.
39. Škuletić, S., Sekulić, Z. (2019). *Proizvodnja električne energije*, udžbenik. Podgorica: ZUNS.
40. Udovičić, B. (1993). *Elektroenergetika*. Zagreb: Školska knjiga.
41. *Energija i životna sredina*, udžbenik za učenike osnovnih i srednjih škola, UNDP SPARE BiH.
42. Milanković, M., Perić, D., Vlajić-Naumovska, I. (2016). *Osnovi elektroenergetike*. Beograd: Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija.
43. Jovanović, J. (2004). *Proizvodnja i prenos električne energije*. Beograd: ZUNS.
44. Mindjov, K., Keri, A. *Značaj energije u svakodnevnom životu – Green Pack Online*, www.greenpackonline.org
45. Kalea, M. (2005). *Nekonvencionalni izvori energije – svemogućí ili nemogućí*. Elektroenergetika, Zagreb.

- 
46. Doljak, D. (2014). *Obnovljivi izvori energije – uticaj na životnu sredinu. Zbornik radova 10. regionalne konferencije „Životna sredina ka Evropi“*. Beograd, Srbija.
 47. Drašković, M. (2010). *Priručnik za praktičnu nastavu – Energetika*. Podgorica: Centar za stručno obrazovanje, GTZ.
 48. Milovanović, Z. (1988). *Program ispitivanja i puštanja u rad elektroopreme*. EE Tuzla.
 49. Milošević, M. (2014). *Efekat staklene bašte i globalno zagrevanje*. Wayback Machine. Niš: PMF, Univerzitet u Nišu.
 50. Furdi, N. (2016). *Postupak umjeravanja uređaja za mjerenje duljine u svrhu osiguranja mjerne sljedivosti*, Master's thesis, University of Applied Sciences, Karlovac.
 51. Radetić, R. (2013). *Priručnik za rukovaoce TS/RP 135, TEMPUS JPHE5 158781*. Bor.
 52. *Nacionalni akcioni plan za obnovljive izvore energije do 2020*. Vlada CG, Podgorica, 2014.
 53. *Uputstvo za bezbjedan rad u elektroenergetskim postrojenjima i na dalekovodima*. Crnogorski elektroenergetski sistem, CGES. Podgorica, 2020.
 54. *Pravila za funkcionisanje distributivnog sistema električne energije*. Odbor direktora EPCG AD, Nikšić, 2012.
 55. *Pravilnik o održavanju elektroenergetskih objekata Crnogorskog elektroenergetskog sistema*. CGES, Podgorica, 2017.
 56. *Pravilnik o postupku i rokovima za vršenje periodičnih pregleda i ispitivanja sredstava za rad, sredstava i opreme lične zaštite na radu i uslova radne sredine*. *Službeni list RCG*, br. 71/05, 2005.
 57. *Pravilnik o načinu izrade i sadržini tehničke dokumentacije za građenje objekata*. *Službeni list Crne Gore*, br. 044/18 od 6. 7. 2018.
 58. *Procjena potencijala obnovljivih izvora energije u RCG*. Italijansko ministarstvo za zaštitu životne sredine, kopna i mora (IMELS), CETMA (Brindizi, Italija), br. 06-407-H2, 2007.
 59. *Zakon o energetici*, Sl. list Crne Gore br. 005/16 od 20. 1. 2016. godine
 60. Čalasan, M., Čalasan, B. (2015). *Električne instalacije i osvjjetljenja – 2*, udžbenik za drugi razred srednjih stručnih škola. Podgorica: ZUNS.

Korisni sajтови

www.wikipedia.org

www.worldenergy.org

www.iea.org/reports/electricity-information-overview

www.iea-pvps.org

www.eia.gov/outlooks/ieo

www.ourworldindata.org

www.esru.strath.ac.uk

www.glossari.eea.europa.eu

www.unido.org/world-small-hydropower-development-report

www.izvorienergije.com

www.energy.gov

www.doe.gov

www.europa.eu.int/comm/dgs/energy

www.windenergy.org

www.erac-renewables.org

www.energyobserver.com

www.refokus.net

www.esha.be

www.erec-renewables.org

www.irena.org/Statistics

www.hydropower.org

www.eufores.org

www.eurec.be

www.ewea.org

www.nrel.gov

www.solarschoolhouse.org

www.storm.de

[www.umelbl.com/dokumentacija/Zastita i bezbednost u elektrotehnici.pdf](http://www.umelbl.com/dokumentacija/Zastita_i_bezbednost_u_elektrotehnici.pdf)

www.cnti.info/energija

www.ereciklaza.com

www.clivus-era.com

www.sunce.org

cait.wri.org

www.oie-res.me

www.epcg.me

www.cges.me

www.cedis.me

