


1. Energija u nekom termodinamičkom sustavu je akumulirani (potencijalni) rad, ili sposobnost sustava da kroz određene procese (promjene stanja) obavi rad ili da preda toplinu. Prvi stavak termodinamike: Energija ne može nestati, niti ni iz čega nastati; Zakon o očuvanju energije ($\Sigma E_i = \text{const.}$). Drugi stavak termodinamike: Toplina prelazi samo s tijela (spremnika topline) više temperature na tijelo niže temperature. Toplina je energija. Obrnuto samo uz dovodenje vanjskog rada.
2. Eksnergija (E): udio energije koji se može pretvoriti u bilo koji drugi oblik energije (vršiti rad). Anergija (B): ne može se pretvoriti u eksnergiju (ne može vršiti rad). Gubici (G). Sustav: dovodimo (E+B), izlaz (B+G) i (E-G). Stupnjevi djelovanja: termički $\xi = (E-G)/(E+B)$; maksimalni stupanj djelovanja $\xi = E/(E+B)$; eksnergijski (tehnički) stupanj korisnog djelovanja $\eta = (E-G)/E$.
3. Sustav za pretvorbu energije: postrojenje odvojeno od okoline i u kojem se odvija pretvorba energije (energetska transformacija); postoje otvoreni (razmjena mase i energije) i zatvoreni (razmjena energije, nema toka mase). Stanja sustava se opisuju fizikalno mjerljivim veličinama stanja: vanjsko ili mehaničko stanje (masa, brzina, položaj...) i unutarnje ili termodinamičko stanje (temperatura, volumen, tlak...).
4. Rad: mehanički – tijelo obavlja mehanički rad kada se ono giba po putu s od točke 1 do točke 2 pod utjecajem sile F koja djeluje u smjeru puta $W = \int_1^2 (F \cos \alpha) ds$; termodinamički – promjena tlaka p i volumena V obaviti će TD rad $W = \int_1^2 p dV$ rad konzervativne sile – rad ne ovisi o putu, već samo o točki 1 i 2 (Coulombova sila, gravitacijska, rad takve sile po zatvorenom putu jednak nuli (točka 1= točka 2)
5. Snaga – brzina iskorištavanja energije ili brzina transformacije energije. $P = dW/dt$ Jedinice: W, J/s, KS.
6. Osnovni oblici energije: Nagomilana energija (energija sadržana u materiji – potencijalna, kinetička i unutarnja), Prijelazna energija (vezana uz proces, kratkotrajna, pojavljuje se pri prijelazu nagomilane energije s jednog tijela na drugo – toplina ,rad, zračenje).
7. Pretvorbe energije: primarna (prirodna) energija (u prirodnom stanju), sekundarna energija (pripremljena za korisnika kroz tehničke procese od strane opskrbljivača), krajnja energija (kod korisnika transformirana energija), korisna energija (kod korisnika iskorištena energija).
8. Osnovni izvori energije: energija Sunca (termonuklearna fuzija vodika, zračenjem do Zemlje); energija Zemlje (geotermalna energija) (primjene uz temp. gradijent, slično kao Sunce); gravitacijska energija (posljedica gravitacijske sile između Sunca, Zemlje i Mjeseca).
9. Prirodni (primarni) oblici energije: neobnovljivi (fosilna goriva, nuklearna goriva, geotermalna energija) i obnovljivi (biomase, vodne snage, Sunčevo zračenje, vjetar, plima i oseka, morske struje i valovi).
10. Primarni oblici energije: -prema fizikalnim svojstvima: kemijske energije (sirova nafta, zemni plin, drvo i otpaci, ugljen i treset...), nuklearne energije, potencijalne energije (vodne mase, plima i oseka), kinetičke energije (vjetar, morske struje i valovi), toplinske energije (geotermička), energija zračenja (Sunce); -prema uobičajenosti uporabe: konvencionalni (fosilna goriva, vodne snage, nuklearna goriva, vrući izvori) i nekonvencionalni (ostali); - prema postanku (goriva): biljnog podrijetla (ugljen, treset, biomasa, drvo), životinjskog podrijetla (nafta, plin i uljni škriljavci), mješovitog podrijetla (bioplin).
11. Pretvorbeni (sekundarni) oblici energije: pretvorbe kemijske energije goriva – najčešće se transformira u unutarnju energiju (grijanje i pogon parnih turbina).

12. Pretvorbeni (sekundarni) oblici energije: pretvorbe ostalih oblika energije: -pretvorba potencijalne energije vodotoka (kinetička vjetra)->mehanička->električna; -Sunčeva->unutračnja->mehanička->električna; Sunčeva->električna (fotoćelije).
13. Korisni oblici energije: toplinska (izmjenjivači topline, voda i para), mehanička (elektromotori), rasvjetna (izvor samo električna energija, radio, TV, telekomunikacije), kemijska (redukcijske peći i elektroliza), kombinacije.
14. Definicija i podjela rezervi: rezerve neke iskoristive materije – dovoljna koncentracija nastala djelovanjem fizikalno-kemijskih i geoloških faktora. Podjela: utvrđene (bilančne ili iskoristive (mogu se isplativo dobiti uz postojeću tehniku i tehnologiju) i izvanbilančne ili neiskoristive (neisplative, mala debljina sloja, velika dubina...) i potencijalne (dobivene na temelju djelomično provedenih istraživanja, služe za daljnje planiranje i istraživanje).
15. Postanak ugljena: od posebne grupe biljaka koje su rasle u močvarama, pougljenjivanjem bez prisustva kisika i mikroorganizama (obogaćivanje ugljikom, osiromašivanje kisikom, dušikom, sumporom).
16. Karakteristike ugljena: kemijski sastav, gornja ogrjevnna moć (količina topline koja se oslobodi potpunim izgaranjem 1 kg ugljena uz uvjet da se produkt izgaranja ohladi do temperature koju su imali gorivo i zrak prije izgaranja uz pretpostavku da je sva vodena para kondenzirala), donja ogrjevnna moć (razlikuje se od gornje samo za toplinu kondenzacije vode), količina hlapljivih sastojaka, sadržaj pepela, količina ugljika u % suhe supstance (glavno obilježje kvalitete ugljena, suha supstanca nakon odbijanja hlapljivih sastojaka i pepela), količina vlage u % suhe supstance.
17. Podjela ugljena: lignit, mrki ugljen i kameni ugljen (antracit, mršavi, kovački, masni, plinski i plameni - ovisno o količini hlapljivih sastojaka).
18. Rezerve i nalazišta ugljena: rezerve (kameniti do 1200m dubine, lignit i mrki do 500m, minimalna debljina sloja 0,3m); nalazišta: -kameniti: dva velika pojasa- jedan je na sjevernom polu od srednjeg dijela Sjeverne Amerike, preko sjeverne Europe, pa sve do Kine, a drugi je od južnog Brazila preko južne Afrike do istočne Australije; -mrki i lignit: između 35. i 70. stupnja geografske širine na sj. i j. polutci.
19. Udio ugljena u svjetskoj potrošnji primarne energije - 24% ; u proizvodnji električne energije - 56% (udio električne energije proizvedene iz ugljena - 38%).
20. Dobivanje ugljena: iskop (površinski i pod zemljom), odvajanje od jalovine, sortiranje, sušenje i usitnjavanje, briketi se prave od prašine, spaljivanje (pored toga – katran, rasvjetni plin, proizvodnja tekućeg goriva). Uporaba ugljena: loženje (kotlovi, kućanstva), proizvodnja plina, koksiranje ugljena.
21. Postanak nafte i prirodnog plina postupkom bitumeniziranja u mirnoj vodi s malim količinama kisika (deseci milijuna godina), nastali od naslaga organskih tvari: bjelancevina, masti, ugljikohidrata kao ostatka niskorazvijenih biljnih i životinjskih planktona i bakterija koje su živjele u vodi ili u moru.
22. Karakteristike nafte i prirodnog plina: kemijski sastav, gornja ogrjevnna moć (kao kod ugljena), donja ogrjevnna moć (kao kod ugljena), vrelište, specifična gustoća.
23. Traženje nafte: bušenje se vrši kemijski i električki, pri čemu se mjeri 20-ak veličina, koriste se i Archievi zakoni. Bušenje od 2-300 m/dan, najveća prepreka istraživanju, potrebna velika količina energije za crpljenje i bušenje. Crpljenje: -primarno crpljenje (prirodna erupcija), -

sekundarno crpljenje (pospješivanje dotoka, pumpanje pomoću dubinskih sisaljki), -tercijarno crpljenje (podizanje plinom).

24. Uporaba (derivati) nafte: sirova nafta se ne upotrebljava u prirodnom obliku, već se podvrgava postupku destilacije i naknadnim sekundarnim postupcima (rafinerije) kako bi se odijelili derivati nafte: 1.rafinerijski plin (metan, eten, etan, vodik kao goriva u ložištima), 2.ukapljeni plin (propan, butan kao goriva u ložištima), 3.laki (benzini), srednji (diesel) i teški(ložišta i parni kotlovi) kapljeviti derivati.
25. Rezerve nafte 1036 milijardi barela nafte (otprilike još 40-ak godina), nalazišta dominantno na Bliskom Istoku, ostalo podjednako, Europa slabo.
26. Udio sirove nafte u svjetskoj potrošnji primarne energije 36%, u proizvodnji električne energije oko 7%.
27. Rezerve nafte u RH 10 milijuna m³, iskorištenje za 12 godina, plina 36000 milijuna m³ iskorištenje za 17 godina.
28. Osnovni pojmovi nuklearne reakcije: -energija vezanja – razlika mase $E=mc^2$ (dio mase se pretvara u energiju pri nuklearnoj reakciji); Radioaktivnost – nestabilnost velikih jezgri (radioaktivnim raspadom uz oslobađanje energije jezgre idu ka stabilnosti); Zračenje: α – jezgra He (list papira); β – elektron ili pozitron (nekoliko mm metala); γ – foton velike energije (nekoliko cm olova).
29. Fisija – nuklearna lančana reakcija koja se ostvaruje slobodnim neutronima koji izazivaju raspad drugih jezgara. Kod fisijske lančane reakcije energija se pojavljuje najviše kao kinetička energija novih izotopa, potom neutrona i energija zračenja, a samo manji dio se pretvara u unutarnju termičku energiju.
30. Kontroliranje lančane reakcije se vrši moderatorom (sredstvo koje usporava neutrone): pri stavljanju reaktora u pogon faktor multiplikacije $k>1$, rad reaktora $k=1$, obustavljanje $k<1$.
31. Podjela reaktora (prema gorivu, moderatoru, rashladnom sredstvu): 1. grafitni reaktor (reaktor hlađen ugljičnim dioksidom, usavršeni reaktor hlađen uglj. dioks., visokotemperaturni plinom hlađen reaktor); 2. lakovodni reaktor (LR s vodom pod tlakom, LR s kipućom vodom); 3. teškovodni reaktori; 4. oplodni reaktori (povećanje korištenja urana do 60 puta).
32. Ciklus uporabe urana kao nuklearnog goriva: prirodni uran, reaktori s prirodnim uranom, oplodivanje urana, obogaćeni uran.
33. Nuklearno gorivo. Obogaćivanje urana se vrši plinskom difuzijom, centrifugom i laserski. U prirodnom obliku (prirodna smjesa U-235 i U-238) ili kao obogaćeni uran (povećani udio U-235). Fisioni produkti (produkti raspadanja) – po toni istrošenog goriva proizvedeno je 35 kg produkata raspadanja, oko 9 kg plutonija, dok se ostatak sastoji od izotopa urana (najviše U-238). Reprocesiranje je kemijsko izdvajanje neiskorištenog urana i plutonija, važno za tehnologiju oplodnih reaktora, smanjuje problem odlaganja nuklearnog otpada. Odlaganje radioaktivnog otpada: niskoradioaktivni otpad (bolnice, industrija, nuklearna elektrana, škole), visokoradioaktivni otpad (radijacija: fisioni produkti, aktinidi, otrovnost, problem ovisan o načinu odlaganja).
34. Rezerve fisijskog nuklearnog goriva u Zemlji: utvrđene 3,3 Mt, potencijalne 15-19 Mt; male koncentracije. Udio u potrošnji primarne energije 7%, u proizvodnji električne energije 16%.
35. Fuzija – spajanje lakih jezgara u težu uz oslobađanje energije (neiscrpan i kontinuiran izvor). Odvija se na Suncu gdje se 4 H spajaju u He. Jezgre dva izotopa vodika, deuterija i tricija spajanjem proizvode jezgru helija i neutron.

36. Tokamak fuzijski reaktor – mješavinu deuterija i tricija treba zagrijati na temperaturu 10 milijuna K na kojoj je sve plazma. Tada se odvija fuzija u reaktoru koji je ujedno i primar (ili sekundar) transformatora, dakle odvija se pretvorba direktno iz nuklearne energije u električnu.
37. Postanak geotermalne energije – isti sastav poput Sunca, hlađenjem postupno nastaje kora. Prosječni temperaturni gradijent Zemlje je 1 K/33 m, a kore 0,3 K/33 m, visoki temp. gradijent u područjima jakih seizmičkih aktivnosti. Osnovne značajke – izvorna toplota i radioaktivni raspad (~40%); dva načina prijelaza topline: kondukcija (litosfera – bez pomicanja materije) i konvekcija (omotač – prijenos topline gibanjem materije).
38. Toplinske crpke – grijanje i hlađenje, nema emisije CO₂, neograničeno, stalno, čisto, gotovo bez održavanja, ali veliko početno ulaganje, potrošnja električne energije, vode, popravci, smrzavanje, prepreke za instalaciju.
39. Geotermalne elektrane – elektrane na suhu paru, „Flash steam“ elektrane, elektrane sa binarnim ciklusom.
40. Stanje u RH: geotermalni gradijent sjeverne Hrvatske iznosi 49 °C/km, što je otprilike 60% iznad europskog prosjeka. Trenutno se koristi oko 545 TJ geotermalne energije godišnje u uslužnom sektoru iz 114 MW instalirane snage na 18 lokacija (77 MW za kupanje i plivanje, 37 MW za zagrijavanje).
41. Obnovljivi oblici energije ne mogu se vremenom iscrpiti, ali je moguće u potpunosti iscrpiti njihove potencijale (vodne snage, biomasa i bioplin, energija vjetra, energija Sunčeva zračenja).
42. EU direktiva o obnovljivim izvorima energije – 2001. – predstavlja obvezu za zakonodavstva zemalja članica EU, u smislu povećanja udjela obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije za EU-15 (1997. – 13,9% ; 2010. – 22,1%). Stanje u RH – 58% ; do 2010. povećanje za 5% (uključujući velike HE).
43. Vodne snage: energija položaja vode je početni oblik energije vode u prirodi koji se može iskoristiti u tehničkim pretvorbenim sustavima; oblici energije položaja vode: vodotoci, plima i oseka, morski valovi.
44. Hidrološka svojstva: protok ($Q=m^3/s$, mogućnost pretvorbe ovisi o protoku); pad ($H[m]$, razina vode u vodotoku); konsumpciona krivulja ($H=f(Q)$, ovisnost pada o protoku)
- 
45. Krivulja trajanja protoka $Q=f(t)$ predstavlja vjerojatnosnu krivulju; Veličina izgradnje: maksimalni protok koji Q_i koji HE može propustiti kroz pretvorbeni sustav;
- $$V_i = \int_0^{Q_i} t dQ \text{ iskoristivi volumen vode; } Q_{si} = \frac{V_i}{t_0} \text{ srednji iskoristivi protok.}$$
46. Snaga HE: $P = g \cdot Q_{si} \cdot H [kW]$; Moguća godišnja proizvodnja el. en.: $W=P \cdot 8760 [kWh]$ Netto snaga, tj. srednja iskoristiva snaga se definira kroz netto pad (gubici u tunelu, tlačnom cjevovodu) $P = g \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot Q_{si} \cdot H_n [kW]$

47. Podjela HE: prema padu (niskotlačne <25m, srednjetlačne 25-200m, visokotlačne >200m); prema načinu korištenja vode (protočne-voda se koristi kako dotječe, akumulacijske-dio akumulirane vode koristi se prema potrebi; postoji dnevna i sezonska akumulacija); prema smještaju strojarnice (pribranske-strojarnica smještena neposredno uz branu, derivacijske-strojarnica i zahvat vode prostorno odijeljeni, voda se dovodi do turbina cjevovodom); posebne vrste HE: crpno-akumulacijske (dnevne i sezonske) i plima i oseka.
48. Vodne turbine: turbine slobodnog mlaza (akcijske, za veliki pad i veliki tlak)(Peltonova), pretlačne turbine (reakcijske, za mali pad i tlak, veliki protok)(Francisova, Kaplanova, propelerna), mikroturbine ~5kW
49. Hidrosustavi: veliki (>30 MW)(The Three Gorges Kina), mali (100 kW – 30 MW)(za potrebe industrije i manjih gradova, u RH 10 MW), mikrosustavi (<100 kW)(ekološki prihvatljivi)
50. Male HE u RH: instalirana snaga do 5(10) MW, prostorna disperziranost, mali padovi u nepristupačnim i slabo naseljenim područjima, odlike: smanjivanje potrošnje fosilnih goriva, zaštita od poplava, navodnjavanje, sigurnost i pouzdanost opskrbe energijom, napajanje udaljenih lokacija; problem: nestalnost protoka.
51. Postanak biomase: biomasa su sve biorazgradive tvari biljnog i životinjskog porijekla, dobivene od otpada i ostataka poljoprivredne i šumarske industrije (čvrsto, tekuće, plinovito stanje). Vrste biomase: 1.)šumska biomasa (ostaci i otpad iz drvne industrije); 2.)biomasa iz drvne industrije (ostaci i otpad pri piljenju, bušenju, blanjanju); 3.)poljoprivredna biomasa (ostaci godišnjih kultura: kukuruzovina, slama, oklasak, stabljike, ljuske, koštice); 4.)energetski nasadi (biljke bogate uljem ili šećerom, s velikom količinom suhe tvari: eukaliptus, vrbe, topole, drveća...); 5.)biomasa s farmi životinja (izmet životinja, spaljivanje lešina); 6.)etanol i biodizel (šećerna trska, kukuruz, drvo, uljana repica, suncokret, soja, otpadno jestivo ulje, loj); 7.)gradski otpad („zeleni dio“ recikliranog kućnog otpada, biomasa iz parkova i vrtova, mulj iz kolektora otpadnih voda)
52. Svojstva biomase: 1) obnovljivost (sve vrste biomase su obnovljive); 2) ogrjevna moć biomase (osnovna karakteristika: nehomogenost); 3) utrošak energije za pridobivanje (npr. sječa drvne mase, moguće: utrošak>proizvodnja; isplativost?); 4) emisije štetnih plinova pri sagorijevanju (manje štetnih plinova nego kod konvenc. goriva, nema sumpora; opasnost kod otpada, smeća); 5) kumulativna CO₂ neutralnost (godišnje iskorištavanje mase jednako ili manje od godišnjeg prirasta nove mase - neutralnost); 6) površinska raspodjela i energetska gustoća (relativno ravnomjerno raspoređena, no vrlo male energetske gustoće); 7) mogućnost transportiranja i skladištenja (transportirati na razumno veliku udaljenost i mogućnost skladištenja).
53. Tehnologije prerade biomase: 1) zgušnjavanje (briketiranje i peletiranje)(smanjivanje volumena, radi transporta, automatizacije loženja); 2) biokemijske pretvorbe (anaerobno truljenje - bioplin, fermentacija – bioetanol, esterifikacija - biodizel); 3) termokemijske pretvorbe(sagorijevanje, rasplinjavanje, piroliza).

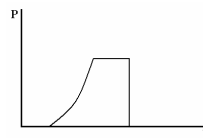
54. Uporaba biomase: 1) za proizvodnju električne energije (kao fosilna goriva, termoelektrane); 2) kogeneracija – električna energija i proizvodnja topline; 3) motori s unutarnjim izgaranjem (bioetanol-benzin, biodizel-dizel).
55. Stanje korištenja biomase u RH: velik šumski potencijal (45% teritorija), izvrsne osnove za proizvodnju energije iz biomase; trenutno 16 PJ energije iz biomase (1998.), potencijal 50-80 PJ.
56. Sunčevo zračenje: postanak – termonuklearna fuzija na Suncu, zračenjem se prenosi energija do Zemlje; jakost Sunčeva zračenja približno kvantitativno

$$E_0(n) = \varepsilon_0(n) E_{0sr}$$
; ε_0 =ekscentritet elipse, n=broj dana u godini; prosječna dnevna snaga 230 W/m^2 ; prosječna dnevna energija iznosi $5,52 \text{ kWh/m}^2$ ovisno o trajanju insolacije, zagađenosti i naoblaci. Problemi pri korištenju: 1) mala gustoća energetskeg tijeka; 2) oscilacija intenziteta zračenja tijekom dana; 3) ovisnost zračenja o klimatskim uvjetima; 4) intenzitet zračenja ne poklapa se s intenzitetom potrošnje; 5) nemogućnost skladištenja; 6) trenutna neisplativost
57. Pasivno solarno grijanje: izravno grijanje zgrade kao kolektora; zahtjevi – velika južna površina za prihvata Sunčeva zračenja, konstrukcija s velikom termalnom masom, dobre izolacije na vanjskim strukturama, izbjegavanje zasjenjivanja objekta.
58. Aktivno solarno grijanje: zagrijavanje vode pomoću solarnih kolektora (grijanje vode u domaćinstvima, bazena i kupatila, procesne vode, dogrijavanje). Indikatori potencijalno isplativih primjena solarnog zagrijavanja vode: 1) potreba za toplom vodom konstantna kroz tjedan i godinu, 2) visoka cijena ostale energije, 3) dovoljno površine za postavljanje kolektora, 4) sunčanija klima pomaže, ali nije nužnost, moguće i u hladnijoj klimi. Solarni toplinski kolektori preuzimaju energiju solarnog zračenja i griju vodu (niskotemperaturni kolektori, srednjotemperaturni kolektori, visokotemperaturni kolektori).
59. Solarne toplinske elektrane: 354 MW uspješno u pogonu preko 10 god. Korištenje spremnika topline ili hibridnih rješenja. Zrcala usmjeravaju zrake svjetlosti prema središnjem kolektoru (one pilot izvedba).
60. Fotonaponska pretvorba je izravna pretvorba sunčeva svjetla u električnu struju preko fotonaponske (PV) ćelije, tj. sunčeve ili solarne ćelije (poluvodički element koji se obično pravi od silikonske legure, tj. legure Si ili drugog poluvodiča).
61. Fotonaponska ćelija je poluvodički element koji se obično pravi od silikonske legure. Tehnološki pravci: 1) monokristalni (i polikristalni) silicij (visoka proizvodna cijena, problem vijek trajanja – sunce, kiša, led...); 2) tanki filmovi (radi smanjenja cijene); 3) galij – arsenid (i kadmij - telurid) (vrlo efikasno, skupo); 4) novi koncepti (niža cijena/viša efikasnost). Stupanj djelovanja: idealni 33%, teorija 10-35%, praksa 7,5-17%.
62. Fotonaponsko tržište: EU trenutno godišnji rast 40%; cijena još uvijek nije konkurentna (0,30-0,60 EUR/kWh). Najveći proizvođači: BP Solarex, Kyocera, Sharp, Siemens Solar, Sanyo.

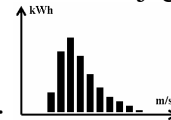
63. Sunčeva energija u RH: godišnji prirodni potencijal 250 EJ – 700 puta više od ukupne godišnje potrošnje RH; godišnji tehnički potencijal 2,8 EJ – 7,5 puta više od ukupne godišnje potrošnje.

64. Postanak vjetra: vjetar je posljedica djelovanja Sunca (oko 50%-tna konvertirana energija Sunca); masa zraka u pokretu, uzrokuje ga razlika tlakova (rezultat razlike temperatura). Energija vjetra je kinetička energija. Brzina vjetra je vrlo varijabilna u vremenu, nema točnog proračuna. Statistika vjetra se dobiva lokalnim mjerenja (problem kratko vrijeme mjerenja) i podacima sa sličnih lokacija (problem: lokacije ne odgovaraju) – rješenje: koreliranje s lokacijama gdje je duže mjereno (uzima se obzir tlo, prepreke...).

65. Maksimalna teorijska energija vjetra: $W = 0,625 \cdot A \cdot v^3$; A=površina rotora vjetroelektrane; maksimalna teorijska energija vjetroturbine: $W = 0,193 \cdot A \cdot v^3$; često se uvrštava promjer D: $W = 0,152 \cdot D^2 \cdot v^3 \cdot 10^{-3}$.



66. Dijagram ovisnosti snage o brzini vjetra: promjena stupnja djelovanja, maksimalna snaga, maksimalna brzina (izlazi iz pogona). Procjena proizvodnje energije: dobije se iz dijagrama ovisnosti snage o brzini vjetra i dijagrama vjerojatnosti brzine vjetra tijekom godine; u dobivenom dijagramu površina



ispod krivulje predstavlja proizvedenu električnu energiju:

67. Osnovne komponente vjetroatagregata: lopatice rotora, kućište (pozicioniranje, prijenos, generator, kontrola), toranj, temelji. Princip rada: dotok vjetra pokreće lopatice i rotor, rotor i lopatice okreću vratilo i prijenos koji okreće rotor generatora. Vjetroparkovi: trebaju biti na blagim obroncima gdje nema prepreka ili strmih litica. Snage jedinica se kreću od 55 kW do 1 MW.

68. Karakteristični troškovi izgradnje: male vjetroelektrane (<30 kW): 1500 do 3000 EUR/kW. Srednje i velike VE (30-1500 kW): 700 do 1100 EUR/kW. Na pučini: 1500 EUR/kW (velik problem temelji). Cijena proizvodnje električne energije VE: velike kapitalne investicije, u pogonu mali troškovi (0,04 – 0,08 EUR/kWh).

69. VE – pristup i rad na mreži: vjetra u blizini prijenosne mreže je značajno manje od vjetra koji je udaljen više od 30 km od mreže. Izgradnja dužih vodova povećava troškove. Velika varijabilnost i slaba predvidljivost brzine vjetra su ograničenja pri integraciji u mrežu. VE mogu smanjiti potrošnju goriva u TE, ali ne mogu smanjiti njihovu izgradnju jer ne mogu jamčiti proizvodnju električne energije u kritičnim razdobljima (problemi s frekvencijom, smetnje i nestabilnost).

70. Energija vjetra u RH: izdvojeno 29 povoljnih makrolokacija, 19 na otocima i poluotoku Pelješcu, 10 u priobalju. Potencijalna godišnja proizvodnja: 0,375 – 0,80 TWh godišnje, ovisno o veličini jedinica (250, 500, 700 kW). Potencijal na morskoj površini 170 – 250 GWh godišnje (najmanji prioritet).

71. Električna energija kao sekundarni oblik energije: prednosti (moguća je pretvorba iz svakog energetskog izvora; pouzdano i uz racionalne gubitke se prenosi do zadnjeg korisnika; daljnje pretvorbe su jednostavne i ekonomične; jednostavna je za regulaciju, upravljanje i mjerenje; nezamjenjiva je za obradu i prijenos podataka; ne šteti okolini); nedostaci (dobiva se uglavnom toplinskim pretvorbama; ne da se ekonomično akumulirati; prijenos je vezan na elektroenergetske vodove i transformatore; elektrane i mreže su kapitalno-intenzivne investicije); pretvorbe: fosilna goriva, nuklearna goriva, energija vode, energija vjetra, Sunčeva energija, biološki otpad u električnu energiju, zatim u svjetlo, mehaničku energiju, kemijsku energiju, toplinsku energiju, pomoćnu energiju.
72. Pretvorba kemijske energije u unutarnju toplinsku energiju – izgaranje: kemijska energija goriva se oslobađa izgaranjem, ona tada prelazi u unutarnju toplinsku energiju tijela ili medija (sastoji se od kinetičke energije molekula koje se gibaju i potencijalne energije molekula koja je posljedica odbojnih i privlačnih sila).
73. Pretvorba unutarnje toplinske energije u mehaničku: za pretvaranje topline u mehanički rad potreban je pad temperature (prijelaz topline) – događa se u turbinama ili motorima s unutarnjim izgaranjem.
74. Termička jednadžba stanja: $p \cdot v = n \cdot R \cdot T$; v-specifični volumen, R- univerzalna plinska konstanta 8,314 J/kmolK, n-množina tvari. Entropija: veličina stanja, zadovoljava drugi stavak termodinamike. Ima sljedeća svojstva: 1) kod adijabatskog sustava nikada se ne smanjuje; 2) kod povratljivih procesa ostaje konstantna; 3) kod nepovratljivih procesa se povećava. $dS = \frac{dQ_{12} + dW_R}{T} [J / K]$
75. Promjene stanja idealnih plinova: ($\Delta Q > 0$) 1) izohora ($V = \text{const.}$, p, T raste); 2) izobara ($p = \text{const.}$, V, T raste); 3) izoterma ($T = \text{const.}$, p pada, V raste); 4) adijabata ($\Delta Q = 0$) postoji kompresija (p, T raste, V pada) i ekspanzija (obrnuto). Promjena stanja realnog plina: politropa $q_{12} = c_v \cdot (T_1 - T_2) \cdot (n - \kappa) / (n - 1)$; gdje je $\kappa = c_p / c_v$ Pri tome se dobija za: $n=0$ izobara; $n=1$ izoterma; $n=\kappa$ adijabata; $n=\infty$ izohora.
76. Kružni termodinamički proces: zatvoreni proces kod kojeg su početna i završna točka jednake (iste veličine stanja p, V i T). U kružnom procesu toplinskog stroja pogonski medij ekspanzira s višeg na niži tlak uz povećanje volumena, proizvodeći mehaničku energiju, što se vidi na p-V dijagramu. Kada bi kompresija tekla po istoj krivulji po kojoj je obavljena ekspanzija, ne bi se mogao izvršiti rad (razlika dovedene i odvedene topline). Uvjet za dobivanje energije iz sustava je da je utrošeni rad za kompresiju manji nego dobivena energija ekspanzijom medija.
77. Turbostrojevi (Carnotov kružni proces): potrebno je načiniti otvoreni termodinamički proces – mogućnost izmjene mase i energije (da bi bio kružni proces). Tok energije sastoji se od dviju izoterma i dviju adijabata. Toplina se dovodi po izotermi, zatim se odvija adijabatska ekspanzija, zatim se toplina odvodi po donjoj izotermi, te se odvija adijabatska kompresija bez izmjene topline (realno nije ostvarivo). termički stupanj djelovanja: $\eta_t = \frac{W}{Q_d}$; Izvršeni mehanički rad: $W = Q_d - Q_o$

78. Stapni strojevi (Otto i Sabathe ružni proces): pretvorba energije se odvija u cilindru i dobiveni rad se prenosi dalje preko stapa (klipa) na vratilo stroja, radilicu, crpku i sl. Energija se dovodi u cilindar izvana iz okoline, putem medija: 1) vodena para za parni stroj; 2) plinovito ili tekuće gorivo za motore s unutarnjim sagorijevanjem. Parni stapni strojevi se danas upotrebljavaju relativno malo (lokomotive). Motori s unutarnjim izgaranjem: 1) Otto ili benzinski (Otto kružni proces); 2) dizelski (Diesel) motor (dizelski i Sabatheov kombinirani dizelski kružni proces).



79. Pretvorba potencijalne energije vode u mehaničku: snaga turbine

$P = g \cdot Q_{sr} \cdot H_n \cdot \eta_t [kW]$; neto pad: $H_n = H_b - H_{dr} - \Delta H$, H_b -bruto visina vode, H_{dr} -visina donje vode, ΔH -gubici uslijed protoka vode. Ukupni gubici u turbini sastoje se od hidrauličnih gubitaka η_h , gubitaka vode η_v i mehanikih gubitaka η_m . Ukupni stupanj djelovanja turbine: $\eta_T = \eta_h \cdot \eta_v \cdot \eta_m$ Ograničenja maksimalnog protoka vode kroz turbinu: maksimalni protok vode kroz turbinu određen je prolaskom vode uz maksimalno otvorene zasune prema turbini. Raste s povećanjem neto pada, jer raste brzina protjecanja vode. $Q_{max} = \frac{P_{Gmax}}{g \cdot H_n \cdot \eta_T \cdot \eta_G}$; svaka turbina se gradi za određeni neto pad, tzv. konstrukcijski pad.

80. Pretvorba električne energije u potencijalnu energiju vode (crpka): za pretvorbu el. energije u potencijalnu energiju vode koriste se centrifugalne crpke. Ukupni stupanj

korisnog djelovanja crpke: $\eta_C = \eta_h \cdot \eta_v \cdot \eta_m$; snaga crpke: $P_C = g \cdot Q_p \cdot H_C \cdot \frac{1}{\eta_C} [kW]$;

$\frac{1}{\eta_C} > 1$; snaga crpke je veća od snage turbine.

81. Neposredne pretvorbe oblika energije u električnu: 1) toplinska u električnu (termoelektrična, termionska, magnetohidrodinamički generator); 2) Sunčevo zračenje u električnu (fotonaponska pretvorba – fotoelektrični efekt); 3) kemijska u električnu (gorivni elementi (ćelije)); 4) kombinacija fotoelektrične i kemijske u električnu (fotoelektrokemijska). S pretvorbama u više etapa nastaju veći gubici, postrojenja su vrlo složena, skupo i teško održavanje.

82. Termoelektrična pretvorba: međusobna ovisnost strujanja topline i električne struje; 1) Seebeckov efekt: kada su krajevi dvaju međusobno spojenih različitih vodiča na različitim temperaturama pojaviti će se električni napon; 2) Peltierov efekt: kada kroz spojeve međusobno spojenih različitih vodiča protječe električna struja oni će izmjenjivati toplinu; 3) Thomsonov efekt: kada vodičem teče struja i temperatura uzduž njega opada ili raste on će preuzimati ili odavati toplinu, ovisno o smjeru struje. Temeljni princip: postojanje kontaktnog napona između dva metala u dodiru (različitih veličina izlaznog rada), odnosno prelazak slobodnih elektrona iz jednog u drugi metal

ovisno o temperaturi. Kontaktni napon je vrlo mali: $U_{AB} = k \cdot (T_1 - T_0)$; k – termoelektrični koeficijent.

83. Termionska pretvorba: jedna od najjednostavnijih pretvorbi; princip: pri zagrijavanju metala oslobađaju se elektroni. Postoji emiter koji pri visokoj temperaturi emitira elektrone koje skuplja kolektor (anoda i katoda). Primjena: vakuumske cijevi, visokotemperaturni pretvornici s plazmom (plasma TV).
84. Fotonaponska pretvorba: naposredna pretvorba Sunčeve energije u električnu; pojava fotoelektriciteta, tj. oslobađanja elektrona iz poluvodiča obasjanog svjetlošću. Dva osnovna tipa uređaja: 1) fotoćelije – pasivan fotokemijski pretvarač jer je za gibanje oslobođenih elektrona potreban vanjski izvor energije; 2) fotočlanak ili fotoelement – na metalnoj elektrodi skupljaju se elektroni-negativni naboj, a na poluvodičkoj elektrodi pozitivni naboji pa nastaje razlika potencijala; nizak stupanj djelovanja (0,33) i vrlo mali izlazni napon (do 0,7 V).
85. Elektrokemijska pretvorba (gorivne ćelije): to su uređaji u kojima se kemijska energija neposredno pretvara u električnu, a sastoje se od dvaju elektroda uronjenih u isti elektrolit; u principu, gorivna ćelija radi kao baterija; za razliku od baterije, ne prazni se i ne treba ju nadopunjavati, proizvodi energiju u obliku električne struje i topline dokle god je opskrbljena gorivom (vodikom).
86. Fotoelektrokemijska pretvorba: vrsta izravne pretvorbe solarne energije zračenja u istom pretvaraču i u električnu i u kemijsku energiju proizvodnjom goriva; princip: elektrolitski uređaji u kojima se konvencionalni izvori energije za kemijsku razgradnju elektrolita zamijenjeni solarnom energijom.
87. Energetska bilanca: statistika posebnog oblika kojim se prate tokovi energije od njezine pojave u energetskej privredi promatranog područja do predaje neposrednim potrošačima. Tokovi svih oblika energije: 1) prirodni oblici energije; 2) energetske pretvorbe; 3) uvoz/izvoz različitih oblika energije; 4) vlastita potrošnja; 5) gubici energije u transportu i distribuciji; 6) opskrba neposrednih potrošača. Shema.
88. Štetni nusproizvodi TE: 1) prašina iz dima; 2) sumporni dioksid SO_2 ; 3) dušični oksidi NO_x ; 4) ugljični monoksid CO ; 5) ugljikovodici C_mH_n ; 6) ugljični dioksid CO_2 ; 7) radioaktivni otpaci.
89. Zagađivanje zraka (sumporni dioksid i dušični oksidi): izvor: elektrane, transport, industrija. Najveći zagađivači: TE na ugljen i nuklearna goriva. Zagađivanje vode (smanjivanje koncentracije kisika, toplinsko zagađenje): izvor: industrija, poljoprivreda, proizvodnja energije (toplinski). Hidroelektrane smanjuju koncentraciju kisika i ugrožavaju ekološke cjeline u vodi. Zagađivanje tla (pepeo, gips, mulj, radioaktivni otpad): izvor: otpad industrije i ljudi, proizvodnja energije, kemijsko zagađivanje. Ostali oblici: biološko (izravan utjecaj na vrste); svjetlosno; bukom; vizualno; elektromagnetsko; radioaktivnost.
90. Zagađivanje nuklearnih TE: NE slabi zagađivači (nemaju ispušne plinove i smrad, CO_2); problem recikliranja atomskog goriva i odlaganje radioaktivnog otpada smatra se znanstveno riješenim – pobjeda straha i iracionalnog nad činjenicama i znanosti. Zagađenje zračenjem ako dođe do nesreće.

91. Efekt staklenika: drži globalnu temperaturu Zemlje na +15 stupnjeva. CO₂ i vodena para ne propuštaju duge valove već ih vraćaju na zemlju – time se zagrijavaju niži slojevi zraka. Efekt staklenika pojačavaju (emisijom CO₂) energetske pretvorbe fosilnih goriva u toplinu, raste globalna temperatura.
92. Ozonske rupe: stvaraju se u ozonskom omotaču (zbog fluorovodika i klorovodika) koje propuštaju kancerogene UV-zrake (izazivaju karcinom kože). Najveća ozonska rupa na južnoj polutki (Pacifik, Australija).
93. Globalno zagrijavanje: javlja se zbog emisije CO₂ i efekta staklenika; posljedice: podizanje razine mora što rezultira potapanjem priobalnih područja i velikih gradova; ubrzano topljenje ledenjaka što izaziva podizanje razine mora; širenje zaraza kao rezultat tople i vlažne klime.
94. Eksterni troškovi energetskih pretvorbi: troškovi oko rješavanja ekoloških i ostalih utjecaja na okoliš, nastalih kao posljedica energetskih pretvorbi.
95. Rješenja problema: 1) smanjenje specifične potrošnje u domaćinstvima, prometu, itd.; 2) povećanje efikasnosti pretvorbi u elektranama; 3) povećanje udjela spojnih procesa struje s toplinom; 4) korištenje obnovljivih izvora energije.
96. Kyoto protokol: međunarodni sporazum o smanjenju CO₂ i ostalih stakleničkih plinova; nastoji smanjiti kombiniranu emisiju stakleničkih plinova razvijenih zemalja za otprilike 5 % u odnosu na vrijednost iz 1990., u razdoblju 2008. do 2012. Očekivani troškovi oko 150 milijardi dolara godišnje. Mala vjerojatnost efikasnosti.
97. Montrealski sporazum: 1987. o ograničenju uporabe tvari štetnih za ozonski omotač i niz amandmana – ogroman utjecaj na rizik pojave karcinoma kože.
98. Mjere: pročišćavanje dimnih plinova u elektranama (odvajanje prašine, SO₂, NO_x); racionalizacija potrošnje u domaćinstvima (bolja izolacija stambenih objekata manje grijanja).
99. Mjere: smanjenje potrošnje u prometu (smanjenje mase vozila, poboljšanje aerodinamike, zahvati na gumama, elektronička regulacija na motoru, tehnika više ventila, prijenos bez zupčanika, poboljšanja na komori za sagorijevanje, gradnja cesta, regulacija semafora, tehnika vođenja na putevima, prilagođena vožnja); kućanski aparati (povećanje učinkovitosti aparata i smanjenje potrošnje energije, povratno korištenje topline hlađenja); smanjenje gubitaka u prijenosu (tehnika visokih napona); LCP (Least – Cost Planning): planska metoda koja ima zadatak da ustanovi ekonomski optimum između stimuliranja štednje i gradnje novih proizvodnih kapaciteta.