

# EOOR SKRIPTA

**MI**

## **1. UVODNI DIO**

Za današnje materijalne potrebe, koristi se ekvivalent 1.5 planeta, a, do 2050., koristit će se ekvivalent od 3 planeta.

**Karbonski otisak:** -količina emisija štetnih tvari u okoliš po čovjeku, tj. udio svakog pojedinca u emisiji  
-proporcionalan je HDI-u (indeksu razvoja/blagostanja čovječanstva)

**Zagađenje tla:**

- odlaganje otpada (curenje zagađene vode i pesticida/metala, ugljikovodika, kruti otpad (spaljivanje))
- rudarstvo
- dezertifikacija i krčenje šuma

**Dezertifikacija:**

- širenje pustinja, pogoršanje kvalitete tla u suhim područjima
- uzroci:** -preveliko korištenje pašnjaka
  - uništavanje okolne vegetacije (paljenje/krčenje/konverzija šuma, razvoj usjeva, loše tlo)
  - loše navodnjavanje

**Problemi urbanizacije:**

- zdravstvo
- opskrba hranom, vodom i energijom
- utjecaj na obale, oceane i šume
- globalno zatopljenje
- uništavanje bioraznolikosti
- nestajanje netaknute prirode (nestaje gotovo u potpunosti do 2100.)

**Bioraznolikost:**

- uzroci:** -fragmentacija i uništavanje staništa
  - invazivne vrste
  - zagađenje okoliša
  - klimatske promjene
  - prevelika eksploatacija i ljudska populacija
- posljedice:** -gubitak lokalnih vrsta i izvora hrane
  - gubitak funkcije ekosustava

### **Utjecaj poljoprivrede na okoliš:**

- pretvorba zemljišta
- rasipanje vode (70% za poljoprivredu)
- (genetska) erozija i zagađenje tla
- klimatske promjene

### **Eutrofikacija:**

- zasićenje vode hranjivim tvarima, cvjetanje algi i rast fitoplanktona, blokiranje sunčeve svjetlosti u vodi i razvoj otrova, manjak kisika, mrtve zone oceana
- uvjetuju ju NO<sub>x</sub>, fosfor, pregrijana ispuštena voda

### **Klimatske promjene:**

- efekt staklenika (toplinska zamka)
- uništavanje ozona (klor, brom, CFC) i spuštanje na površinu Zemlje
- ozonska rupa – stanjeni sloj ozonskog omotača ispod 220 DJ (Dobsonova jedinica)
- povećanje temperature (zasad povećanje od 0.74 °C, do kraja stoljeća još za 1.8-4 °C)
- nestajanje močvara, rast razine mora (najugroženiji Zadar)
- suše, poplave, požari (posljedice: glad, nestašica, masovne migracije, epidemije)

### **UV zračenje:**

- utječe na proizvodnju vitamina D i biljni svijet, koristi se u tehnologiji, prevelike količine - rak kože
- UVC (< 280 nm)
- UVB (280 - 315 nm)
- UVA (215 - 400 nm)
- vidljivi zračenje (380 – 780 nm), infracrveno zračenje (> 780 nm)

### **Održivost:**

- korištenje sadašnjih resursa u svrhu zadovoljavanja razumnih potreba bez ugrožavanja okoliša (minimiziranje istog) uz mogućnost iskorištavanja (i održivosti) resursa kod budućih generacija
- tri elementa za ravnotežu: gospodarstvo, društvo, okoliš
- strategije:** -smanjenje potrošnje energije i vode (procjena porasta potrošnje za 35% do 2035.)
  - obnovljivi izvori energije (sadašnja proizvodnja čini 80% ukupnih emisija)
  - smanjenje onečišćenja okoliša, recikliranje
  - razvoj znanja i tehnologija (povećanje učinkovitosti)

**Zaštita okoliša** – skup aktivnosti koji minimizira ili ukida utjecaj štetnih tvari/aktivnosti na okoliš kako bi mogao upiti određeno onečišćenje bez da se trajno ošteti (bez mogućnosti zadovoljavajućeg samoobnavljanja)

## **2.GLOBALNI RESURSI I IZAZOVI U SVIJETU**

Godišnje povećanje stanovnika za 80 milijuna (najveća stopa porasta u Africi), 9 milijardi do 2040.

Najviše stanovnika u Kini (1.35 milijarde), Indija ju pretječe do 2050.

Najveći grad – Tokyo (35 milijuna stanovnika); u budućnosti – Šangaj (170 milijuna s okolicom).

Ukupno je oko milijardu automobila (7 na jednog čovjeka), najviše po stanovniku u Europi.

Neki gradovi naplaćuju ulazak u centar grada osobnim automobilom radi smanjenja onečišćenja (npr. Milano) ili uvode raspored ulaska prema parnim/neparnim brojevima auto-registracija (Pariz). 10 milijardi stanovnika do 2100. godine.

### **Oko 1 milijarda siromašnog stanovništva u teškim uvjetima:**

- Afrika (suše, slaba opskrba vodom, elektronički otpad)
- Azija (brz porast stanovništva, urbanizacije i industrijalizacije, veliko zagađenje zraka, loš zakon o zaštiti okoliša)
- Europa (veliki gospodarski razvoj, smanjenje emisija, zagađeni gradovi)
- Južna Amerika (ugrožena bioraznolikost, ekstremni klimatski događaji, poboljšano upravljanje otpadom)
- Sjeverna Amerika (iscrpljivanje podzemnih izvora)
- Arktik i Antarktik (topljenje ledenjaka, otrovne tvari u hranidbenom lancu, moguć nestanak leda za 20 godina)

Do 2040., 65% stanovništva živjet će u gradovima, a 92% udiše onečišćeni zrak. Najveća urbanizacija je u Kini, a najviše ljudi u gradovima živi u OECD zemljama.

Onečišćenje zraka finim mikročesticama (termoelektrane, loženje, požar, industrija, vozila).

### **Problemi stanovništva:**

- 925 milijuna pothranjeno
- 884 milijuna nema pristup pitkoj vodi (2.5% vode je pitko, 70% u ledenjacima, puno je podzemne)
- 2 milijarde bez moderne energije
- 1.8 milijarde bez električne energije (duge vremenske konstante u elektrotehnici (10-30g), smanjenje zaliha energenata)
- 2.7 milijarde grije domove drvima što uzrokuje 2 milijuna prijevremenih smrti od trovanja
- onečišćenje zraka usmrti 3 milijuna godišnje
- 80% s manje od 10\$ dnevno
- dnevno umire 24 000 djece
- najbogatija petina stanovništva ima 85% svjetskog materijalnog bogatstva, a 25% troši 80% energije

**Pokretači potrošnje energije i rasta emisija:**

- porast stanovništva
- ekonomski rast
- tehnologija
- politika
- stil života

Agenda21 (konferencija u Rio de Janeiru 1992.): naglašena bitnost održivosti

Teorija razvoja društva: ili razvoj ili očuvanje okoliša, jedno drugo isključuje do određenog razvoja tehnologije

### **3.GLOBALNI ENERGETSKI TRENDovi**

### **4.PROJEKCIJA ENERGENATA U BUDUĆNOSTI**

Uzroci porasta potražnje energije: porast stanovništva i dohotka

BDP brže raste od potražnje za energijom. Procjenjuje se pad emisija CO<sub>2</sub>.

Najveća potrošnja električne energije po stanovniku je u SAD-u. U svijetu raste za 0.9% godišnje.

Ukupno instalirana snaga: 5700 GW

Ukupna proizvodnja: 24 000 TWh (RH: 4900 GW i 18 TWh)

1 toe (tona ekvivalentne nafte) – 10 milijuna kilokalorija (42 GJ) – 12 MWh

**Do 2040.:**

- najveći porast potražnje energije bit će u Indiji (185%)
- najveći udio ima teška industrija
- potražnja za električnom energijom narast će za 65%, a pasti u SAD-u za 5%
- Kina će trošiti četvrtinu svjetske energije

### **Potrošnja primarne energije:**

- primarna energija – energija iskorštena izravno iz prirode bez prethodne transformacije
- 86% primarne energije je iz fosilnih goriva
- do 2040., narast će za 25% u svijetu i pasti za 5% u OECD zemljama
- rast za 1% u 2015.
- OECD (Europa) stagnira
- udio Kine - 23%
- nafta dominantna, najveći proizvođač – SAD (uglavnom iz škrljeveca)
- drugi je ugljen - najveće zalihe u Rusiji; zbog obnovljivih izvora, najviše mu pada potrošnja (pogotovo u SAD-u i Kini koja troši 50% svjetskog ugljena) što zbog sezonski manje potražnje za električnom energijom, što zbog natjecanja s obnovljivim izvorima i konkurentnim plinom
- najveća potrošnja ugljena (73%) – jugoistočna Azija
- prelazak elektrana s ugljen na plin
- plin – najbrži porast proizvodnje (godišnje za 2.2%) i potrošnje (godišnje 1.7%), najskuplji u Japanu, najveća potražnja na Bliskom Istoku i opskrba u Africi
- proizvodnja etanola raste, biodizela pada
- potrošnja nuklearne energije raste u svijetu (1.3%), pada u Njemačkoj i Japanu
- oko 20% el. energije iz obnovljivih izvora:**
  - najveći rast i najviše (apsolutno) vjetroelektrana u Kini
  - najveći udio vjetroelektrana u proizvodnji – Danska
  - problem vjetroelektrana: prijenosni sustav
  - najviše solarnih elektrana - Njemačka (u svijetu, 240GW, udvostručenje kapaciteta svake 2 godine)
  - najviše elektrana na biomasu – SAD
  - najviše geotermalnih elektrana – SAD
  - najviše elektrana na valove/plimu – Južna Koreja
  - cijene solarnih i vjetroelektrana padaju za 60 i 40%
  - hidroenergija - najveći proizvođač i potrošač (30%) je Kina

### **Faktori opterećenja elektrana (učinkovitost):**

- 1.geotermalne, nuklearne i moderne hidroelektrane – 90%
- 2.termoelektrane (ugljen) – 70%
- 3.plin (kombinirani ciklus) – 40%
- 4.vjetroelektrane – 25%
- 5.solarne i elektrane na naftu – 20%

### **R/P omjer:**

- duljina trajanja preostalih rezervi ako bi proizvodnja bila na razini prethodne godine (dijeljenje preostalih rezervi na kraju godine s proizvodnjom u godini)
- najveći R/P – ugljen (još 115 godina)

### **U cijenu električne energije ulaze:**

- financijski (neplanirani) trošak
- trajanje konstrukcije
- kapacitet
- potrošnja goriva
- emisija CO<sub>2</sub>

Brent – mjerilo sirove nafte za Europu, stručnjaci ne vide naftu opet na 100\$ po barelu, cijena pada kao i cijena plina

## **5.NUKLEARNE ELEKTRANE**

### **Kemijska reakcija fosilnog izgaranja:**

- reaktanti: kisik + ugljen
- produkti: vodena para, CO<sub>2</sub>

Potrošnja goriva nuklearne elektrane u elektrani od 1000 MW: 3.2 kg/dan

Uranij za manje dimenzije goriva daje jednaku količinu energije, odnosno ima veću gustoću energije (8.2 x 10<sup>13</sup> J/kg)

Južna Koreja pokriva trećinu potreba za električnom energijom iz nuklearnih elektrana.

### **Nuklearni gorivni ciklus:**

- 1.Iskop uranija: -mala koncentracija rude
  - radiološki utjecaj (povećano pozadinsko zračenje, prisutan i kod obogaćivanja)
  - neradiološki utjecaj (puno otpadnog materijala, HF kiselina, UF<sub>6</sub>)
- 2.konverzija u UF<sub>6</sub>
- 3.obogaćivanje
- 4.prerada u gorivo, izrada elemenata (zanemariv utjecaj na okoliš)
- 5.iskorištenje u reaktoru
- 6.reprocesiranje (uranij ponovno na obogaćivanje, plutonij na preradu u gorivo)
- 7.skladištenje istrošenog goriva
- 8.odlaganje

### Nuklearni reaktor (PWR):

- ostatna toplina - toplina koju radioaktivnim raspadom stvaraju fisijski produkti nakon obustavljanja rada reaktora (oko 6% nazivne snage)

$$P = P_0 \cdot 0,0061 \cdot \left[ (t - t_0)^{-0,2} - t^{-0,2} \right]$$

- tlak primara (15-16 MPa)

- tlak sekundara (6-8 MPa)

- multiplikacijski faktor 'k':** -omjer srednjeg broja neutrona u 2 susjedne generacijeneutrona (prije i poslije fisije)

1 - reaktor kritičan

>1 - reaktor nadkritičan i snaga se povećava

<1 - reaktor nadkritičan i snaga se povećava

-reaktivnost (odstupanje reaktora od kritičnog stanja):  $\rho = (k-1) / k$

Najviše reaktora u pogonu ima SAD, a najviše u planu (25) Rusija. 20% električne energije dolazi iz nuklearnih elektrana.

### Odvođenje ostatne topline (sustav RHR):

- dvije pumpe i izmjenjivači topline paralelni s rashladnim krugom
- voda se uzima iz parogeneratorskog i vraća ispred reaktora
- ne može se uključiti u rad na nazivni tlak sustava

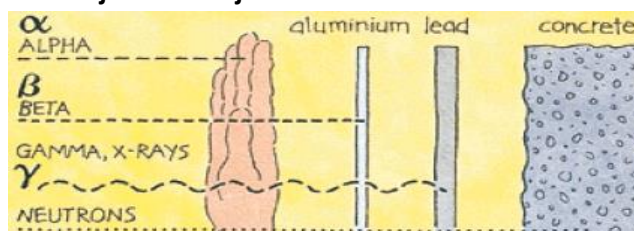
### Hlađenje reaktorske jezgre:

- dobavlja boriranu vodu u cjevovod ispradi i za reaktora
- aktivira se na tlaku ispod 5 MPa
- aktivne komponente: -visoki tlak (pumpe CVCS-a)
  - srednji tlak (SI)
  - niski tlak (RHR)

### Fisija:

- 180 MeV se oslobodi neposredno, 20 MeV raspadom fisijskih produkata
- novonastale jezgre su  $\beta$  i  $\gamma$  radioaktivne (višak neutrona)
- radioaktivnost i toplina su problem u reaktoru
- zračenje nakon nesreće zadržava se stotinama godina
- apsorpciju neutrona potpomažu ksenon (Xe) i samarij (Sm)
- transuranski elementi dolaze od nefisijskih zarobljavanja neutrona u gorivu, odgovorni za radioaktivni hazard
- najveća fisijska nestabilnost za masene brojeve  $A = 95$  i  $137$

### Ionizirajuća zračenja



(lead – olovo)

### **Prednosti NE:**

- zauzimanju najmanju površinu po MW instalirane snage
- imaju manje emisije plinova od termoelektrana
- zalihe uranija su veće od fosilnih goriva
- rade barem 90% vremena tijekom godine (olakšava elektroenergetsko planiranje)
- konzervativan i uhodan projekt s visokim stupnjem sigurnosti/visoki zahtjevi za materijal i gradnju

### **Nedostaci NE:**

- rizik od nesreće (mete terorizma)
- odlaganje radioaktivnog otpada
- ograničen životni vijek
- moraju se razmontirati ako se ne izgrade u danom roku
- ovise o udaljenim rudnicima uranija i transportu

### **Postizanje sigurnosti NE: (ovaj dio nuklearnih elektrana ide u ZI)**

- sprječavanje naglog porasta snage i ispuštanja radioaktivnog materijala
- osiguranje odvođenja ostatne topline
- uvjet za godišnju radijaciju ispod indeksa 0.05
- skladištenje istrošenog goriva
- **principi projektiranja:** - jednostruki otkaz
  - redundantnost
  - diverzitet
  - neovisnost sustava
  - fizička separacija
  - provjera stanja sustava
  - aktivna/pasivna sigurnost

### **Obrana po dubini:**

- aktivne/pasivne višestruke barijere protiv radioaktivnosti
- fizičke barijere: - matrica nuklearnog goriva
  - obloga gorivnog elementa
  - primarni rashladni krug
  - zaštitna posuda
- tehnički sustavi: - hlađenje jezgre
  - ograničavanje rasta tlaka

### **Zaštitna zgrada:**

- $P = 0.3 - 0.5 \text{ Mpa}$
- $V = 70\,000 - 95\,000 \text{ m}^3$
- štiti od porasta tlaka
- mehanizmi: tuširanje, recirkulacija, kondenzacija



### **Skladištenje istrošenog goriva:**

- kategorije (W - waste): exempt (EW), very short-lived (VSLW), very low-level (VLL), low-level (LLW), intermediate-level (ILW), high-level (HLW)
- (prerada) i odlaganje
- suho: -u betonu (MPC), iz PWR i BWR NE
  - ISFSI (suho-vertikalno)
- mokro: -bazeni za hlađenje ili AFR postrojenje
  - isplativo samo za masovno kapacitet

Analiza sigurnosti elektrane - sigurnosni izvještaj (FSAR): analiza projekta, pogonska svojstva

## **6. TERMOELEKTRANE I ONEČIŠĆENJE ZRAKA**

CO<sub>2</sub> je otrovan i može usmrтити ako ga u zraku ima 5-10%. 10% najbogatiji zemalja ispušta polovicu svjetskog.

Prirodno onečišćenje zraka – požar, erupcija vulkana, radioaktivni raspad stijena unutar Zemlje...

Primarno onečišćenje – ispušteno s površine planeta

Sekundarno onečišćenje – međusobna kombinacija primarnih onečišćivača

### **PRIMARNI ONEČIŠĆIVAČI:**

#### **Ugljikov monoksid (CO) i dioksid (CO<sub>2</sub>):**

- nepotpuno izgaranje organskih materijala
- automobil najveći proizvođač
- veže se u krvi
- izdržljiv i opasan u zatvorenom
- posljedice ovise o:
  - vrsti i pripremi goriva
  - načinu izgaranja
  - pročišćavajućem uređaju
- Kyoto protokol: ograničenje emisija CO<sub>2</sub>
- najveće smanjenje emisija CO<sub>2</sub> u 2015. imala je Danska

#### **Hlapljivi organski spojevi (HOS):**

- ugljikovodici
- iz nepotpuno izgorjenog goriva (ublaživanje katalizatorom u automobilu)
- dugoročan učinak na zdravlje

**Sumporni dioksid (SO<sub>2</sub>):**

- 80% od izgaranja nečistog goriva (mazut, ugljen); ostalo: vulkani, izvori vruće vode
- uvjetuje kisele kiše
- ugljene elektrane su najveći izvor (preko 90% SO<sub>2</sub> i manje od 10% SO<sub>3</sub>)
- kratko se zadržava u atmosferi
- količina čestica u zraku iznad 20 ppm trajno oštećuje pluća

**Dušikovi oksidi (NO<sub>x</sub>):**

- nastaju izgaranjem u zraku
- automobili najveći proizvođači
- uvjetuje smog, kisele kiše, eutrofikaciju, ozonske promjene i utječe na zdravlje
- NO brzo oksidira u NO<sub>2</sub>
- količina ovisi o:
  - pretičku zraka za izgaranje
  - sadržaju N u gorivu
  - temperaturi plamena

Klorofluorouglijci (CFC) – hladnjaci i aerosoli

Uglikovodici – ako izgaraju potpuno, pretvaraju se u CO<sub>2</sub> i vodu, inače stvaraju CO

Olovo, živa, teški metali – u obliku čestica, otrovnih spojeva, ispušnih plinova, aerosola i pepela

**Sekundarni onečišćivači:**

- ozon (O<sub>3</sub>, otrovan pri Zemljinoj površini, inače na 20-30 km u stratosferi)
- smog (CO + NO<sub>x</sub> + VOC + olovo; fotokemijski je smeđi, a industrijski je sivi)
- PAN
- aldehidi
- kisele kiše

Čestice < 10 mikrona – dim, azbest, prašina, pepeo (najviše iz prometa i termoelektrana)

Ostali onečišćivači – spaljivanje otpada, biomasa kao gorivo

**Kontrola onečišćenja zraka:**

- katalizatori
- uklanjanje sumpora
- industrijski uređaji: -mokri postupak
  - taložnici
  - filtri

**Utjecaj proizvodnje električne energije na okoliš (rizici):**

- količina goriva
- tehnologija
- razina kontrole emisija
- učinkovitost pretvorbe

**Rizici gradnje elektrane:**

- manjak finansijskih sredstava
- (prirodna) nesreća
- ograničenje zakonskim okvirom, nemogućnost izgradnje u roku
- nekonkurentnost cijene goriva

**Utjecaj termoelektrana:**

- komponente: prostor, vrijeme, vrsta utjecaja
- spaljivanje fosilnih goriva ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , prašina, Pb, Hg)
- fizička lokacija
- vizualno zagađenje
- ispuštanje vode
- toplinski utjecaj
- buka, vibracije, neugodni mirisi, mogućnost nesreće
- kombinirana plinska elektrana ima najmanji utjecaj na okoliš

**Zauzeće zemljišta pojedinih elektrana po MW snage (od najviše prema najmanje):**

- 1.biomasa
- 2.vjetro
- 3.hidro
- 4.plimne
- 5.PV elektrane
- 6.solarno-termalne
- 7.geotermalne
- 8.termo
- 9.nuklearne

**Dovedena toplina u termoelektrani:**

- proizvodnja električne energije
- dimni plinovi
- odlazak u rashladnu vodu (rijeku, more)

**Kiseljenje voda:**

- suho i mokro taloženje
- ispod 6 pH, ugrabu ribe (oslobađanje Al, Cd, Zn i Pb iz tla)

Obična kišnica ima pH oko 5.6 zbog primjese  $\text{CO}_2$ , a kod primjese  $\text{SO}_2$  4.5 ili niže.

Kisele kiše (3-5 pH): korozija/erozija tla, štetni utjecaj na šume, riblji svijet i ljude

## **(ZI) 7. TEHNOLOGIJE SMANJENJA EMISIJA, SKLADIŠTENJE OTPADA, LOCIRANJE ELEKTROENERGETSKIH OBJEKATA**

### **Tehnologije smanjenja fisija:**

- prije izgaranja (čišćenje ugljena)
- na mjestu izgaranja (plamenici s niskom emisijom NO<sub>x</sub>, ubrizgavanje upijača)
- poslije izgaranja (odsumporavanje, katalitička redukcija, filtri)

### **Kontrola ispuštanja sumpornog dioksida:**

- oporezivanje ispuštanja SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub>
- prije izgaranja: -gorenje ugljena s malo S
  - uklanjanje S iz ugljena (20-50%)
  - pretvaranje ugljena u gorivo (IGCC) (nizak prinos energije)
- tijekom izgaranja: -uklanjanje 90% S i NO<sub>x</sub> za vrijeme gorenja ugljena na 800-900 °C
- nakon izgaranja: -dimnjak viši od sloja temperaturne inverzije (manje zagađenje u postrojenju, veće niz vjetar)
  - mokro odsumporavanje (mješavina vapna i vode, krute tvari se talože s pepelom i vapnom, uklanjanje 90% S, dodatnih 5-10% uz aditive)
  - suho odsumporavanje (vapno i voda rasprše se u plinu koji reagira sa SO<sub>2</sub>, taloženje uklanja 70-90% S)

### **Stvaranje NO<sub>x</sub>:**

- termički – iznad 1300 °C, oksidacija molekularnog dušika u gorivu za vrijeme izgaranja
- trenutni – u prisutnosti slobodnih radikala CH, smjesa bogata gorivom kod nižih temperatura, nije značajan za postrojenje
- iz goriva – organski dušik vezan u gorivu, ovisi o njegovoj koncentraciji, a slabo o temperaturi

### **Smanjenje emisija NO<sub>x</sub>:**

- izbor goriva i stupnjevito dovođenje
- konstrukcija ložišta i dimnjaka
- primarna mjerenja izgaranja
- sekundarne mjere (nekatalitička redukcija SNCR, NH<sub>3</sub> u pari na 800-900 °C, manje za 70%)
- katalizatori (do 90% smanjenja)
- odušičivanje dimnih plinova
- napredne tehnologije izgaranja
- katalitički nakon izgaranja (ubacivanje ureje/amonijaka)
- uklanjanje za izgaranja u tekućem ležištu (50-75%)
- termalni – manja temperatura
- iz goriva – manji dovod kisika
- trenutni – nema ih

### **Ispuštanje čestica:**

- (leteći) pepeo (ovisi o veličini čestica mineralne tvari, sistemu i uvjetima izgaranja)
- preventivne mjere – efikasnost, održavanje, izbor goriva (prirodno, tekuće) i čišćenje

### **Uklanjanje čestica:**

- prije izgaranja – pretvaranje ugljena u tekućinu/plin
- nakon izgaranja: -elektrostatski taložnici (skupljanje 95-99% čestica PM-10, PM-2.5 i žive, na elektrodi, ekonomski ograničeni)
  - vrećasti filtri (čišćenje 99% čestica 0.05-1.0 mikrona)
- uklanjanje CO<sub>2</sub>: -odvajanje CO<sub>2</sub> i ugljika prije izgaranja (60% iz ljudskih izvora)
  - (CCS) hvatanje: -duboki slojevi, slani vodonosnici
    - diže cijenu 1.3 - 3 kWh, smanjuje snagu elektrane za 10%, pogonski troškovi
    - skladištenje (geološko, oceani, utiskivanje CO<sub>2</sub> uz proizvodnju CH<sub>4</sub> i crpljenje nafte (EOR))
    - rizik: neispravna bušotina; još nije komercijalno

### **Otpad:**

- vrste: -komunalni, industrijski, građevinski, poljoprivredni, rudarski, mulj
  - energetski: tekućine, mulj, filtri, krš, pepeo, tlo, dimni plinovi, teški metali, kemikalije, radionuklidi, otrovni materijali (azbest)
- zbrinjavanje – prerada i konačno odlaganje (utiskivanje)
- gospodarenje: -sprječavanje nastanka otpada, sakupljanje, prijevoz i zbrinjavanje na lokacijama
  - koncept 6R+3E (Reduce, Reuse, Repair/Remove, Recycle, Recover, Residual disposal, Educate, Economise, Enforce)
- obrada: -mehanička, fizička, termička, kemijska, biološka, razvrstavanje, mijenjanje svojstava za manje količine otrovnih sastojaka
  - eliminiranje otpada, jednostavnije odlaganje, manji rizik za okoliš
  - mehanička – usitnjavanje, drobljenje, prosijavanje, odvajanje
  - biološka – sušenje, stabilizacija, kompostiranje
  - termička – spaljivanje, piroliza, rasplinjavanje (ograničen kisik), plazma proces
- odlaganje: -površinsko (antropogene udubine) i dubinsko (rudnici, bušotine, umjetne barijere)
  - metode: -razrijedi/rasprši
    - skoncentriraj/zadrži (procjedne vode)
- tekući: -ispuštanje vode dovoljne čistoće
  - mulj se spaljuje ili ukrućuje
  - procjedne vode – ispiru onečišćujuće tvari iz otpada i cijede se u podzemlje; zadržava se do željenog stupa razgradnje nečistih tvari
- 500 MW godišnje izbací – 100 000t pepela, 25 000t šljake, 140 000t ostataka dimnih plinova

### **Lociranje elektroenergetskog objekta:**

- tri faze: 1. globalna valorizacija prostora, razmatranje potencijalnih
- 2. eliminacijski kriteriji (mjerilo 1:100 000)
- 3. istraživanja na konkretnim lokacijama

## **9. ATMOSFERA, OZONSKI OMOTAČ**

**Slojevi okoliša:** -plinovita atmosfera (regulira temperaturu, filtrira sunčevo zračenje)

- tekuća hidrosfera
- kriosfera (led)
- kruta litosfera
- živa biosfera

Meteorološki elementi: temperatura, tlak, gustoća i vlažnost zraka, vjetar, isparavanje, naoblaka, munje, vidljivost...

**Plinovi atmosfere:** -N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, Ar, Ne (u tragovima: H<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, Kr)

- nepromijenjen sastav do troposfere, pri površini vodena para, sol i prašina

**Slojevi atmosfere:** -troposfera (11 km): -temperatura pada s visinom (6 °C/km, raspon od -45 do -80)

- sve klimatske promjene i turbulencije (malo u stratosferi)
- (tropopauza debljine 0.1 – 2 km)
- stratosfera (11-40): -temperatura se ne mijenja (izotermija)
- ozon upija UV zračenje i regulira temperaturu
- mezosfera (40-80) – temperatura pada s visinom
- termosfera (80-800) – temperatura raste s visinom (inverzija)
- egzosfera (iznad 800 km)

**Sunčevo zračenje:** -ultraljubičasto (UV): -UV-C (100 – 280 nm) - smrtonosno

- UV-B (280 – 315 nm) – upija se u atmosferi, štetno za kožu
- UV-A (315 – 380 nm) – prolazi do zemlje (vitamin D)
- vidljivo zračenje (svjetlost) – 380 – 780 nm
- infracrveno (IR) – iznad 780 nm
- ovisi o: geografskoj širini, nadmorskoj visini, dobu godine i dana
- UV indeks: -djelotvorna doza, kroz vremenski interval, pomnožena s faktorom 40
- 1/2 bezopasni; 8/9 vrlo opasni; 10 ide kroz odjeću; 11+ ekstremno
- veći prema jugu, najveća opasnost od 12 do 14h
- akcijski spektar UV indeksa: -funkcija koja opisuje djelotvornost UV valnih duljina na biološke reakcije
- CIE spektar opisuje utjecaj na kožu
- visina Sunca – kut između horizonta i smjera prema Suncu

- Ozon:** -nestabilna molekula (otpušta atom kisika za N, H, Br, Cl)  
-nastao UV zračenjem na molekulu O<sub>2</sub> (Chapman reakcija)  
-plavičast, fotokemijski oksidant  
-nepoželjan pri Zemljinoj površini, otrovan, stvara sekundarne polutante  
-mjerna jedinica: -dobson (DU), količina plina u 1 cm<sup>2</sup> pri tlaku od 1 atmosfere  
    -za ozon, prosječno, 300 DU  
    -ozonska rupa ima manje od 220 DU  
-klor (nastaje u oceanu) katalizira uništenje ozona (prevodi ga u kisik), ali i F, Br, C, N  
-haloni, kloridi, bromidi, triklor etan i freoni (CFC, klorofluorouglicji) uništavaju ozon (aerosoli, poliuretanske termalne pjene, plastika, hladnjaci, klime, uređaji za gašenje požara), ali i promjene sunčevog zračenja i erupcije vulkana  
-do 2050., oštećeno 50% ozona srednjih i 70% južnih geografskih širina (5% po desetljeću)  
-na Antarktici ostala trećina od početnog ozonskog sloja  
-GOME – sustav praćenja ozona  
-Montrealški protokol (1987.) – smanjenje CFC za 50% do 2020., naglasak na zemlje u razvoju  
    obnavljanje ozona; RH od 1991., dopuna u Kopenhagenu 1992.  
-Nacionalni program ukidanja tvari koje uništavaju O<sub>3</sub> (1996.) – utvrđena njihova potrošnja i  
    projekt ukidanja, zabrana  
    uvoza freona u RH

## **8. EMISIJE PLINOVA, KLIMATSKE PROMJENE**

### **Antropogeni izvori onečišćenja:**

- milijarda vozila (5 milijardi tona CO<sub>2</sub> godišnje)
- rafinerije (1.1 milijardi tona CO<sub>2</sub> godišnje)
- industrija cementara (2 milijarde tona CO<sub>2</sub> godišnje)
- pola emisija CO<sub>2</sub> otpada na zgrade

### **Klima:** -prosječno stanje atmosfere u barem 30 godina

- elementi: insolacija, naoblaka, padaline, temperatura/tlak/vlažnost zraka, smjer/brzina vjetra,
- ovisi o: udaljenosti od Sunca, elektromagnetskom zračenju, atmosferskoj propusnosti, struji oceana, nadmorskoj visini, geografskoj širini
- utjecaj promjena na: zdravlje (toplinski udari, infekcije), vodu (kvaliteta, poplave), žetvu, šume, priobalje (razinu mora, 25-30cm u SAD-u);
- zatopljenje od 1 °C pomiče temperaturne zone 150 km sjeverno/150m u visinu
- konferencija UN-a (COP-a) (1994.), 5. IPCC izvješće
- Kyoto protokol (1997.,obvezujući do 2020.): -20% smanjenje emisija, 20% energije iz obnovljivih izvora, 20% bolja učinkovitost  
    -Aneks I (OECD države) smanjuju ukupnih 5%  
    -Hrvatska od 2007.
- COP sporazum (Pariz 2015.): -ograničenje rasta temperature za 2 °C  
    -petogodišnje revizije, pomoć zemljama u razvoju  
    -obnovljivi izvori, pošumljavanje

**Sunčeva energija:** -kratkovalno zračenje, 120 – 10 000 nm (maksimum na 480 nm)

- zračenje crnog tijela na 5800-6000 K
- 30% se reflektira ( $100 \text{ W/m}^2$ ), 25% upija u atmosferi ( $90 \text{ W/m}^2$ ), 45% upija na površini Zemlje ( $170 \text{ W/m}^2$ )
- dio Zemlja troši na vlastito toplinsko zračenje (dugovalno), a dio su latentna i senzibilna turbulentna toplina u atmosferi
- senzibilna (osjetna) toplina – mijenja temperaturu objekta
- latentna toplina – potrebna za promjenu agregatnog stanja, ali ne mijenja temperaturu objekta
- sustav Zemlja-atmosfera je u ravnoteži
- Milankovićevi ciklusi – promjena izduženosti Zemljine putanje oko sunca, ovisi o precesiji i osi rotacije

Planckov zakon: -tijelo na temperaturi višoj od apsolutne nule zrači toplinsku energiju u okoliš  
-zračenje Zemlje je infracrveno, upijaju ga staklenički plinovi

Relativni potencijal zagrijavanja ovisi o apsorpcijskoj moći i rezidentnom vremenu u atmosferi (kad se početna koncentracija plina, djelovanjem prirodnih procesa, smanji 'e' puta).

CO<sub>2</sub> ciklusi – vegetacije i oceana

### **Zračenje Zemlje**

$$\frac{E_{sun}}{4}(1 - \alpha) = \sigma T^4$$

E – sunčeva konstanta

$\alpha$  – albedo (odnos reflektirane i dozračene energije, 0.3)

f – faktor atmosferske transmisije za infracrveno zračenje (0.61; za f = 1, Zemlja je crno tijelo)

T – apsolutna temperatura površine planeta (15 °C)

$\sigma$  – Stefan-Boltzmannova konstanta

Povećanje srednje temperature zbog efekta staklenika – 33 °C

### **Staklenički plinovi:**

- prirodni - CO<sub>2</sub> (mali potencijal zagrijavanja, ali velika koncentracija), CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O (para)
- antropogeni: -CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> (močvare, rudnici, biomasa, stoka...), N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>, CFC (neuništivi klorofluorouglikovodici)
- goriva, industrija, odlaganje otpada, sječa, poljoprivreda, stočarstvo (najviše od proizvodnje el. energije)
- rast CO<sub>2</sub> iz ne-OECD zemalja (tona košta 40\$)
- smanjenje emisija: kontrola, redukcija, prirodni plin, nuklearne elektrane/obnovljivi izvori energije, bio-produkti, hvatanje/skladištenje ugljika, javni prijevoz, nisko-energetske i učinkovite instalacije



## **10. ENERGETIKA I ZAŠTITA OKOLIŠA U HRVATSKOJ**

**\*Sva nabrajanja u ovom poglavlju idu od najzastupljenijeg prema najmanje zastupljenom.**

Najveća proizvodnja primarne energije - prirodni plin/hidroenergija.

Najveći uvoz/izvoz primarne energije – nafta.

Ekonomsko-energetski indikatori: GEC raste, TPES pada.

Potrošnja po stanovniku je ispod europskog prosjeka, a najveća iz obnovljivih izvora.

Više se troši iz domaćih izvora, nego iz uvoza.

Potrošnja po sektorima: kućanski, uslužni, industrijski, gubitak prijenosa i distribucije, potrošnja energetike, promet

Neposredna potrošnja po sektorima: opća potrošnja, (53%), promet (33%, industrija (15%)

Potrošnja daljinske topline: kućanstva, industrija, usluge, potrošnja energetike, gubitak prijenosa/distribucije

Udio energenata u neposrednoj potrošnji: tekuća goriva, električna energija, drvo, plin, toplina

Proizvodnja električne energije po vrsti elektrana: HE (60-70%), TE (24-34%), VE (5-7%), industrijske (0.002%); uvoz električne energije nešto je veći od proizvodnje domaćih TE

Najviše je transformatorskih stanica (i vodova) naponske razine(a) 110/X kV.

Godišnja potrošnja energije: 16 – 18 TWh; vršno opterećenje – oko 3 GW

Instalirana snaga vjetroelektrana – 430 MW (godišnja proizvodnja – 800 GWh

Instalirana kapaciteti po veličini: VE, SE, male HE (< 10 MW), biomasa, bioplin

Proizvodnja po obnovljivim izvorima energije: VE, bioplin, male HE, biomasa, SE

Povlašteni proizvođači: VE, kogeneracijska postrojenja, SE, biomasa, bioplin, deponijski plin

Buduće instalacije (po kapacitetu): VE, SE, biomasa, bioplin, male HE, geotermalne

Ukupna prekogranična razmjena električne energije: ulaz 13 TWh, izlaz 5.5 TWh (razlika 7.5 TWh)

Emisija CO<sub>2</sub> po vrsti izvora: cestovni promet, postrojenja proizvodnje/transformacije energije, neindustrijska ložišta, industrija/građevinarstvo, vancestovni promet

Specifični faktor emisije CO<sub>2</sub> (2010. – 2015.): -po proizvedenoj energiji (0.25)  
-po potrošenoj energiji (0.17)

**Energetski subjekti:**

- Sabor
- Vlada
- Ministarstvo zaštite okoliša i energetike: -Uprava za energetiku
  - CEI (Centar praćenja poslovanja i investicija)  
(Nacionalno tijelo za energetske učinkovitost)
  - Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja
- HERA (Hrvatska energetska regulatorna agencija)
- HROTE (Hrvatski operator tržišta energije)
- Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost
- udruge potrošača

Toplane: Zagreb, Osijek, Sisak

**Plin:** -domaća proizvodnja veća od uvoza (više proizvodnje na obali nego na moru); uvoz će prerasti proizvodnju; planira se Adria LNG terminal u Kvarneru  
-najviše se troši na distributivno područje, a zatim na energetske transformacije, petrokemiju i samu proizvodnju plina  
-Zagreb, Osijek, Varaždin, Čakovec  
-transport 'Plinacro'  
-skladištenje: 'Podzemno skladište plina d.o.o'

**Nafta:** -proizvodnja (INA)  
-transport (Jadranski naftovod)  
-HANDA (Hrvatska agencija za obvezne zalihe nafte i naftnih derivata)

Energetski sektor daje 70% emisija stakleničkih plinova.

Emisija plinova po indeksima: ULČ, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>

Sisak ima emisiju PM<sub>10</sub> čestica iznad granične dopuštene vrijednosti.