P R E D A V A NJ E 14: ENERGETIKA – STANJE I PROBLEMI

1. ISCRPIVA KONVENCIONALNA ENERGIJA

Proces ekonomskog razvoja, u suštini, jeste proces upotrebe energije i sirovina radi povećanja proizvodnosti ljudskog rada. Taj razvoj mora biti kontrolisan i uskladjen sa prirodnim načelima.

1.1. Istorijat energetike

Prema futurologu Alvinu Tofleru, tokom ljudske istorije, tri su velika civilizacijska talasa uzdrmala našu Planetu, zavisno od oblika pokretačke energije:

- Prvi talas – nadmoć poljoprivrede

- Drugi talas – nadmoć industrije

- Treći talas – nadmoć tehnologije[[1]](#footnote-2)

**1.1.1. Nadmoć poljoprivrede** bila je omogućena upotrebom najpre ljudske i životinjske snage, a kasnije uz pomoć vatre (kovačnice), vodotokova (vodenice) i energije vetra (vetrenjače, jedrenjaci). Trajala je veoma dugo, gotovo 10 milenijuma, sve do XIII veka, mada se na njene ostatke može naići i danas kod nekih primitivnih naroda. U ovo tzv. *eotehničko* doba, glavni proizvod bio je drvo, koje je služilo i kao najvažniji izvor energije i kao osnovna gradja za kuće, brodove, kola i plugove. Osnovna delatnost bila je poljoprivreda, zbog čega je posedovanje zemlje i svih blagodeti koje ona pruža, predstavljalo oličenje prestiža i moći. Obradom zemlje, čovek na siguran način dolazi do većih količina hrane, što mu omogućuje sve više slobodnog vremena.

**1.1.2. Drugi talas – nadmoć industrije**, pokrenula je energija dobijena najpre od uglja ("crnog zlata"), a potom i od nafte ("tečnog zlata”). Ovaj period započinje sredinom 17-og veka i kod najrazvijenijih zemalja traje do sredine 20-og veka, dok je kod velikog broja zemalja još uvek u punom jeku. Industrijalizacija se vrši bespoštednim izrabljivanjem prirodnih bogatstava, ljudi su sve manje vezani za zemlju, porodice se smanjuju, vrši se ruralni egzodus, zagadjuje se životna sredina, stvaraju se milionski gradovi. U ovo doba, nazvano *paleotehničkim,* gvoždje je bila stena na kojoj se temeljila civilizacija. Već više od 100 godina sa paleotehničkim koegzistira i *neotehničko* doba koje se temelji na posve različitoj grupi metala, vezanih za proizvodnju i prenos električne energije.

**1.1.3. Treći talas – nadmoć tehnologije** započinje oko 1955. godine, u malom broju najrazvijenijih zemalja sveta. Izvanredno brz razvoj informacionih tehnologija, omogućen napretkom mikroelektronike, stvara uslove za preokret. *Fokus potrošačkog mentaliteta se dobrim delom prenosi sa materijalnih na duhovne vrednosti***.** Jača potreba kod ljudi za prirodom i jednostavnim životom na selu, gde bi se, posredstvom Interneta, moglo raditi u sopstvenom domu, dok bi kućne instalacije za reciklažu sagorevale otpad uz dobijanje korisne energije, itd.” [[2]](#footnote-3)

Ali, dok opisani treći talas još uvek stidljivo zapljuskuje obale malog broja najrazvijenijih zemalja, drugi talas poput cunamija uveliko preplavljuje zemlju. Posledice industrijske revolucija sa Zapada, u XX veku sele se na Istok, donoseći ubrzano uključivanje sve većih količina energije u proizvodnju i svakodnevnu potrošnju. Od 1950. do 1970. godine, u svetu je utrošeno više energije nego, u hiljadama godina dugom, prethodnom periodu razvoja. Energetika, kao jedna od ključnih privrednih oblasti, danas ima *nezapamćen međunarodni značaj.* Neravnomeran raspored potencijala i proizvodnje u odnosu na najznačajnije potrošače, doprineo je stvaranju *svetskog tržišta energije*.

1.2. Razvoj potrošnje energije

Sve do 1950. godine, kao primaran energetski izvor, u svetskoj potrošnji bio je ugalj, sa približno 60% učešća. Međutim, narednih godina primat je preuzela nafta, zbog boljeg kvaliteta, lakšeg rukovanja i niže cene. Pored toga, argument koji se često izostavlja glasi da je nafta prauzrok i pokretač svetskih i lokalnih ratova koji su odneli desetine miliona ljudskih života. Zbog brzog razvoja proizvodnje i potrošnje oruđa i oružja pokretanih naftom, prethodni vek je proglašen "vekom nafte". Jeftina nafta, mnogim zemljama, omogućila je veoma brz razvoj. Bilo je to vreme posleratnog veštačkog privrednog ”procvata”, zasnovanog na niskim cenama sirovina i energije, rasipničkoj proizvodnji, obilju radne snage i investicionih sredstava.

Danas se pokazuje da se delovanje navedenih faktora odvija u potpuno suprotnom smeru: cene energije i sirovina su relativno visoke, mobilnost kapitala se sužava, ekološki kapacitet nacionalnih privreda je istrošen.[[3]](#footnote-4) Naime, posle 1973. godine i tzv. energetske krize (kada je cena sirove nafte učetvorostručena), politika većine civilizovanih zemalja bila je promenjena. Osnovni ciljevi tada postaju povećanje sopstvene proizvodnje energije, raznovrsnost izvora snabdevanja, smanjenje zavisnosti od nafte, štednja i racionalno korišćenje energije. Međutim, dugoročni trend rasta proizvodnje i potrošnje energije u svetu, nastavljen je i tokom devedesetih godina prošlog veka. Ukupna potrošnja energije u svetu, za samo 30 godina, gotovo se udvostručila: sa 5.536 milijardi tona ekvivalentne nafte (Giga Tons of Oil Equivalent - GTOE) u 1971-oj, na 10.345 GTOE u 2002-oj, godini.[[4]](#footnote-5) Razlog tome prvenstveno treba tražiti u brzom porastu tražnje stanovništva zemalja u razvoju.

Supstituisanje nafte vrši se upotrebom nuklearne energije, prirodnog gasa, uglja, kao i obnovljivim izvorima. Govoreći o nuklearnoj energiji, slobodno se može konstatovati da *nuklearna energija nije ostvarila optimistička predvidjanja.* Naprotiv, krupne promašene investicije[[5]](#footnote-6), česti kvarovi[[6]](#footnote-7) kao i ozbiljni akcidenti[[7]](#footnote-8), poljuljali su poverenje u nuklearne elektrane i doprineli razvoju snažnih antinuklearnih pokreta širom sveta.

To znači da umesto daljeg razvoja nesigurne fisione nuklearne energije, danas treba intenzivno raditi ka većem korišćenju obnovljivih izvora energije, poput biomase, energije vetra, hidro i geotermalne energije, sunčeve energije, vodonika i dr. Ovi izvori mogu u kratkom vremenskom roku zadovoljiti rastuću tražnju za energijom zemalja u razvoju. Ilustracije radi, prema internom scenariju svetske potrošnje energije, donetom u poznatoj naftnoj kompaniji Shell, globalni potrošački apetit će u narednih trideset godina biti utrostručen. Polovina te utrostručene tražnje trebalo bi da se zadovolji putem primene obnovljivih izvora.[[8]](#footnote-9) Inače, prema novijim podacima naftne kompanije British Petrol, svetska potrošnja primarne energije tokom 2015. godine je povećana za 1,0%, što je ispod desetogodišnjeg prosečnog rasta od 1,9%. Posmatrano po oblicima energetskih izvora, najveći udeo u zadovoljenju svetske potrošnje primarne energije imala je *nafta* (34,2%). Drugi po redu bio je *ugalj* (27,6%), a treći *prirodni gas* (23,4%). Potom na red dolaze *obnovljivi izvori* (10,4%) i na kraju *nuklearna energija*  (4,4%).[[9]](#footnote-10)

1.3. Razvoj proizvodnje energije

Najbitnija pitanja održivosti savremene energetike, istovremeno su ključna pitanja održivog razvoja uopšte. Vratimo se sada na protekla zbivanja i pokušajmo da objasnimo uzroke svetskih energetskih kriza.

**1.3.1. Naftne krize.** „Cene nafte“ obeležile su XX vek. One su delovale na tražnju preko uticaja na troškove proizvodnje, racionalno korišćenje i štednju energije. Izgradnja ogromnih naftonosnih polja i rafinerijskih postrojenja na koncentrisanim područjima u svetu, omogućila je da se snize troškovi proizvodnje sirove nafte na svega 2-4 USD po barelu. S druge strane*varijacije u finalnoj ceni nafte od 10 do 150 USD po barelu [[10]](#footnote-11) (*zavisno od političkih prilika*) omogućavale su ostvarenja basnoslovnih prihoda petrolejskim kompanijama,* jer je tražnja za naftinim derivatima konstantno bila visoka i neelastična. Dakle, naglašavamo da su rezerve nafte od izuzetnog značaja, zato što nafta, kao megaprofitabilna roba, igra glavnu ulogu na svetskom energetskom tržištu. Smanjenje njene proizvodnje i potrošnje, u periodu posle "energetskih kriza" od kraja sedamdesetih, doprinelo da se iskoristive rezerve nafte mogu eksploatisati znatno duže nego što je to bilo predvidjeno pre dvadesetak godina.[[11]](#footnote-12)

Slično se može govoriti i o *prirodnom gasu*, fosilnom gorivu sa najvećom stopom rasta potrošnje. Intenzivnim istraživanjima na mnogim potencijalnim prostorima, iskoristive rezerve prirodnog gasa su se svakih 10 godina udvostručavale. Proizvodnja i potrošnja ovog, od svih fosilnih goriva, ekološki najpogodnijeg energenta, u narednom periodu trebalo bi da se da se nastavi nesmanjenim intenzitetom. Novije procene svetskih rezervi prirodnog gasa navode podatke od 179,5 milijardi m3, što bi, pri sadašnjoj potrošnji bilo dovoljno za narednih 67 godina.[[12]](#footnote-13)

**1.3.2. Aktuelna gasna kriza**. Svetska *proizvodnja* prirodnog gasa u 2014. godini je povećana za 1,6%, što je ispod desetogodišnjeg proseka od 2,5%, ali i četiri puta više od rasta potrošnje prirodnog gasa, koji je dosegao 0,4%. Regionalno gledano, najveći rast je ostvaren u SAD (6,1%), a najveći pad zabeležen je u Holandiji (-18,7%). U zemljama Evropske unije, proizvodnja je smanjena za (-9,8%), a u Rusiji (zbog sankcija) za (-4,3%). Razloge za zabrinutost valja tražiti na strani *potrošnje* prirodnog gasa, koja je, tokom 2014. godine na svetskoj ravni, kao što smo već naveli, povećana za svega 0,4%. Najveći rast potrošnje ostvarili su Kina (8,6%) i Iran (6,8%). Nasuprot tome, u Evropskoj uniji zabeležen je pad potrošnje prirodnog gasa od rekordnih (-11,6%)!

Usporavanje proizvodnje i potrošnje prirodnog gasa u svetu, i veliki pad istih vrednosti u Evropi, uslovljeni su naglim rastom cena prirodnog gasa, od čak 17,3%! **[[13]](#footnote-14)** Ratovi u Siriji i Ukrajini, sankcije Rusiji, kao i stvaranje kartela zemalja izvoznica gasa, kako na Istoku, tako na Zapadu, glavni su uzrok tako visokom rastu cena. To je sa druge strane podstaklo većinu zemalja Evropske unije da ubrzaju supstituciju uvoznog prirodnog gasa domaćim obnovljivim izvorima energije. Nove komplikacije na evroazijskom tržištu gasa, nastale su zahuktavanjem oružanih sukoba u Ukrajini i odluke ruskog predsednika Vladimira Putina da odustane od planirane trase gasovoda „Južni tok“ [[14]](#footnote-15) njenim preusmerenjem sa dna Crnog mora i teritorije Bugarske na kopno turskog poluostrva, severne Grčke i Makedonije („Turski tok“)...

**1.3.3. Električna energija kao „rešenje“.** *Električna energija***,** prema postojećim saznanjima, predstavlja tehnički najplemenitiji vid energije. Iz godine u godinu povećava svoj udeo u strukturi potrošnje energenata u svetu.

Tako, u 2017. godini, električna struja u svetu se najviše proizvodila iz uglja (38%), potom iz obnovljivih izvora (24%), prirodnog gasa (23%), nuklearne energije (10%) i nafte (5%).[[15]](#footnote-16) Ako sada dublje zaronimo u strukturu porekla tzv. „zelene“ električne struje, prema podacima koji se odnose na 2016. godinu, *u okviru obnovljivih izvora*, najveći deo proizvedene električne energije je poticao od hidroenergije (67,7%), zatim energije vetra (16,3%), pa energije biomase (8,1%), energije sunca (6,1%) i na kraju geotermalne energije (1,6%).[[16]](#footnote-17) U periodu do 2020. godine, brz rast će se zadržati samo u određenim zemljama. Na primer, u Kini i Indiji beleži se povećanje potrošnje od 10-15%, godišnje, što je nekoliko puta više od svetskog proseka, koji iznosi 2%. Upravo u ovom rastu potrošnje mnogoljudnih zemalja u razvoju, leži velika šansa za ubrzanje primene obnovljivih energetskih izvora.

**2. NEDOSTACI KORIŠĆENJA FOSILNIH GORIVA**

Preterano crpljenje i sagorevanje goriva fosilnog porekla (uglja, nafte i gasa) prouzrokuje osetno zagađenje životne sredine. Rezultat toga jesu obešumljavanje, širenje pustinja i sleganje zemljišta.

2.1. Zagađivanje životne sredine kopanjem uglja

Ugalj je uzročnik poznatih ekoloških problema vezanih za vazduh, vodu i zemljište. Razložno gledano, ugalj prvenstveno treba da služi kao dopuna i rezerva za obnovljive izvore energije. Međutim, iz tržišnih, kao i razloga energetske bezbednosti,*ugalj je danas široko korišćeni izvor energije u većini zemalja, pa i u Srbiji.* Pojačana eksploatacija površinskih kopova uglja znači mnoštvo negativnih posledica, kao što su 1) prašina; 2) metan (gasovi sa efektom staklene bašte) i isparljiva organska jedinjenja; 3) emisija iz procesa samozapaljenja; 4) izduvni gasovi (mehanizacija i transport uglja); 5) zagađivanje podzemnih i površinskih voda; 6) zagađivanje zemljišta; 7) buka i 8 ) toplota. [[17]](#footnote-18)

**2.1.1. Površinski ugljenokopi.** Posle drugog svetskog rata, tehnologija površinskih rudnika doživela je veoma brz razvoj, zbog ekonomskih prednosti u odnosu na jamske rudnike. Međutim, pokazalo se da ovakav način eksploatacije prirodnih bogatstava uzrokuje ozbiljne ekološke probleme. Evo pregleda tih negativnih uticaja:

*(1)* Površinski ugljenokopi *fizički razaraju zemljište*. Koeficijent otkrivke 15:1 znači da se za 1 tonu uglja mora otkopati 15 m3 zemlje. Kako se otkrivka mora otkopavati pod uglom koji garantuje stabilnost njene završne kosine, to se amfiteatri površinskih kopova formiraju sa izuzetno velikim dimenzijama koje zahvataju čitava područja u kojima se remeti prirodna ravnoteža.

*(2)* *Preseljavaju se naselja*, pri čemu nastaju teško rešivi problemi sa uređenjem novih lokacija, prekvalifikacijama i novim zapošljavanjem ljudi. Na primer, samo za početak preseljenja varošice Vreoci kod Lazarevca, Elektroprivreda Srbije je iz sopstvenih sredstava i kredita stranih banaka morala da obezbedi oko 50 miliona evra! Takođe prilikom iskopa i drugih radnih procesa podiže se velika prašina koja ugrožava naselja useve, vegetaciju, dok se radom mehanizacije stvara velika buka, koja remeti mir.[[18]](#footnote-19)

*(3)**Gube se prinosi od poljoprivrede.* Kako se rezerve uglja za površinsku eksploataciju obično nalaze u dolinama većih reka, to se na ovaj način trajno oduzimaju najplodnije površine. Prilikom eksploatacije skidaju se velike količine zemlje i uglja. Posle toga ostaju veštački ”krateri”, koji oštećuju reljef i negativno utiču na pejzaž predela.

*(4) Preseljavaju se saobraćajnice.* Primer za to je ostao u narodnoj pesmi o „lajkovačkoj pruzi“ (Obrenovac-Lajkovac). Ova svojevremeno prirodna veza Beograda i Sarajeva, ukinuta je krajem šezdesetih godina, radi eksploatacije površinskih ugljenokopa u donjem toku reke Kolubare.[[19]](#footnote-20)

*(5)**Izmeštaju se vodotokovi,* pri čemu dolazi do promena u režimu podzemnih voda. To znači da je moguć njihov prekid toka, ili skretanje na drugi pravac, dok se istovremeno remete izdašnost i kvalitet podzemnih voda.

*(6) Potreba za rekultivacijom zemljišta.* **Procenjuje se da je prirodi potrebno oko 200–1000 godina za formiranje 2,5 cm najplodnijeg zemljišta.** Samo selektivnom tehničkom i biološkom rekultivacijom (skidanjem humusnog sloja, njegovim čuvanjem i naknadnim nanošenjem po završenoj eksploataciji) može se u izvesnom stepenu postići prvobitno narušeno stanje agroekosistema. [[20]](#footnote-21)

*(7) Jalovišta i odlagališta pepela*. Zbog promene morfologije terena, kao i promene u režimu podzemnih voda, ove posledice se osećaju na nekoliko puta širem prostoru nego što je to prostor rudnika. Gotovo sve zagađujuće materije iz zemljišta kroz lance ishrane koji se neprekidno odvijaju u ekosistemima završavaju u telima biljaka i životinja. A te biljke i životinje često završavaju na našim pijacama i prodavnicama, a na kraju i na našim trpezama. Tako otrove koje smo rasejali po prirodi sami jedemo, od njih se razboljevamo i umiremo. Dakle, štetu od zagađenog zemljišta ne trpi samo priroda, divlje vrste biljaka i životinje. Ogromnu štetu trpi i sam čovek, glavni uzročnik zagađivanja.[[21]](#footnote-22)

**2.1.2. Podzemni kopovi**. Podzemni (dubinski) kopovi *– takođe se negativno odražavaju na kvalitet okolnog prostora, kao i životne sredine u celini.* Najveći deo nabrojanih efekata za površinski kop mogu se pripisati i za dubinsko kopanje. Podzemni kopoviizazivaju sleganje terena, kao i česte nesreće u vidu obrušavanja, isticanja otrovnih gasova i prodora podzemnih voda u jame. Otpadne vode rudnika uglja sadrže uglavnom čvrste čestice i razne soli, zavisno od sastava tla i primenjenih postupaka pripreme i prerade uglja. Za razliku od površinske eksploatacije, kod dubinskog kopanja uglja, manje su izraženi negativni efekti na površinsku vegetaciju, reljef i pejzaž, koji, na prvi pogled ostaju nepromenjeni. Prema vrsti uticaja rudarstva na životnu sredinu, koji nastaju brže u odnosu na prirodne uticaje, moguće je razlikovati:

(1) *primarne uticaje* koji nastaju tako što se se eksploatacijom ili pojedinim vrstama istraživanja bitno menja postojeća prirodna ravnoteža. Eksploatacijom se iscrpljiva i neobnovljiva mineralna sirovina trajno i nepovratno oduzima od prirodne sredine.

(2) *sekundarne ili izazvane uticaje,* koji su raznovrsniji. Za razliku od primarnih uticaja (gubitka količine), sekundarni uticaji dovode do promene kvaliteta životne sredine (zagađenja, degradacije, promena u stabilnosti tla).

(3) *vanredne uticaje koji* su ređi, ali su iznenadni i kratkotrajni. Posledice mogu biti trajne, a uzrok su im prirodne nepogode i katastrofe (zemljotresi, poplave, klizišta, pucanje brana i sl.,), kao i rudarske nesreće i ratna dejstva. *Jedna od najtežih posledica ovih dešavanja jeste promena kvaliteta površinskih i podzemnih voda.*  Rudarstvo doprinosi zakiseljavanju vode. Od povišene koncentracije kiselina strada akvatični svet.[[22]](#footnote-23) Takva voda je neupotrebljiva za rekreaciju, oštećuje objekte (posebno metalne konstrukcije) koji se nalaze na obalama reka i jezera.[[23]](#footnote-24).

Efikasni monitoring životne sredine u termoelektranama i rudnicima uglja, trebalo bi da obuhvata kvalitet vazduha, površinskih voda, zemljišta, podzemnih voda, lokalnog biljnog i životinjskog sveta i ljudi.[[24]](#footnote-25) Bitna je redovna provera stanja zdravlja stanovništva, posebno dece i starih ljudi. *Troškovi svih procenjenih eksternalija*  moraju biti uključeni u cenu električne energije i drugih finalnih dobara i usluga.

2.2. Štetni uticaji od sagorevanja fosilnih goriva

Sagorevanje fosilnih goriva (uglja, nafte i gasa) u procesima proizvodnje i potrošnje energije, prate svi vidovi zagađivanja i degradacije životne sredine. Glavni zagađivači vazduha jesu: saobraćaj, elektroprivreda, industrijska ložišta i ložišta u sektoru opšte i široke potrošnje. Zavisno od vrste upotrebljenog goriva, ovi zagadjivači emituju uglavnom sledeće štetne materije:

- ugljen monoksid (CO),

- sumpor dioksid (SO2),

- azotne okside (NOx),

- ugljovodonike (CmHn) i

- čvrste čestice (čadj i leteći pepeo).

Najveći emitent ugljen monoksida, ugljovodonika i azotnih oksida jeste *saobraćaj*. Proizvodnja termoelektrične i toplotne energije, industrija i domaćinstva emituju uglavnom sumpor dioksid, pepeo i čađ. U hemijskoj industriji, iz proizvodnje azotne kiseline potiču značajne količine azotnih oksida, a iz proizvodnje sumporne kiseline značajne emisije sumpor dioksida. U crnoj metalurgiji, takođe dolazi do emitovanja velikih količina sumpor dioksida. Emisija čvrstih čestica dolazi i iz raznih tehnoloških procesa u industriji gradjevinskih materijala (cementara), u industriji prerade uglja (koksare), itd. Veliki proizvodjači čadji jesu i dizel motori transportnih sistema. Rad termoenergetskih postrojenja (termoelektrana, toplana, industrijskih energana i sl.), praćen je emisijom velikih količina ugljendioksida (CO2), azotnih oksida (NOx), ugljen monoksida (CO), sumpor dioksida (SO2), ugljovodonika (CnHm), teških metala i letećeg pepela.

Oslobođeni *sumpor dioksid* (SO2) iz termoelektrana zagađuje sve činioce životne sredine (vazduh, zemljište i vodu). Naročito su opasne tzv. "kisele kiše", koje nastaju kao posledica sjedinjavanja oksida sumpora i atmosferske vode. Kada jednom dospeju u atmosferu, gasovi oslobođeni tokom sagorevanja fosilnih goriva stupaju u različite hemijske reakcije, pri čemu nastaju mnoga opasna jedinjenja. Takve su sumporna i azotna kiselina, osnovni sastojci kiselih kiša, koje padaju na zemlju i ulaze u ciklus kruženja vode. Njihova kiselost (pH vrednost) povremeno može iznositi i 3,0 što je izuzetno otrovno za sve organizme (biljke, životinje i čoveka).[[25]](#footnote-26)

Rizik oštećenja obično raste sa stepenom i trajanjem zagađenosti, što znači da i kratkotrajne visoke koncentracije i dugotrajne niske koncentracije polutanata u vazduhu mogu prouzrokovati odredjena oštećenja kod čoveka, životinja, biljaka i materijalnih dobara. Kod živih bića najbolje je istraženo akutno toksično delovanje visokih koncentracija štetnih materija, a najmanje se zna o dugoročnom delovanju malih i veoma malih koncentracija, kao i o kombinovanom delovanju više polutanata. Od svih oblasti zagađivanja životne sredine, najveća neposredna opasnost po čovekovo zdravlje preti od zagađenosti vazduha, zato što vazduh predstavlja onaj životni medijum s kojim čovek preko velike površine njegovih pluća (50-80 m2) ima daleko najintenzivniji kontakt. Štetno dejstvo visokih koncentracija glavnih zagađujućih supstanci na čoveka je poznato:

*- Ugljenmonoksid* ispoljava štetan uticaj tako što se hemoglobin u krvi umesto sa kiseonikom vezuje sa ugljenmonoksidom. Ako se 15-20% ukupnog hemoglobina veže sa ugljen monoksidom, neminovno dolazi do pojave trovanja, a kod viših koncentracija u krvi nastupa smrt.

- *Sumpordioksid* nadražuje gornje i srednje disajne puteve, a velike koncentracije dovode do zaustavljanja disanja i do smrti usled gušenja.

*- Azotni oksidi* takodje nadražuju disajne puteve, pri čemu je otrovnost azot dioksida veća od otrovnosti sumpor dioksida.

*- Ugljovodonici* (policiklični) imaju dokazano kancerogeno dejstvo, dok formal aldehidi nadražuju disajne puteve.

*- Čvrste čestice* su najopasnije, zato što prodiru u gornje i srednje disajne puteve, a čestice prečnika ispod 3 mikrometra ulaze u pluća. Ovakvo unošenje štetnih hemikalija preko površine čvrstih čestica igra važnu ulogu kod kombinovanog delovanja više polutanata na čoveka, i to naročito u situacijama formiranja “smoga”[[26]](#footnote-27) u urbanim sredinama. Kao potvrdu ovih stavova, navešćemo primer istraživanja negativnog uticaja rada obližnjih termoelektrana i površinskih ugljenokopa, kao i preterane upotrebe kolubarskog lignita u pojedinačnim kotlarnicama, na kvalitet vazduha u tamnavskoj varoši Ub.

**Merenje aerozagađenja u naseljenom mestu Ub**.

Na kvalitet vazduha iznad teritorije opštine Ub presudan uticaj ima rad površinskog ugljenokopa Tamnava-Zapadno polje, zatim termoelektrane „Коlubarа“ u Velikim Crljenima, kao i dve termoelektrane kod Obrenovca. Tokom grejne sezone, njima se pridružuju brojne lokalne kotlarnice na ugalj, koje neposredno prouzrokuju izrazito aerozagađenje u varoši Ub. Na teritoriji opštine Ub, počev od 2006. godine, kontinuirano su mereni sledeći polutanti:

- čađ

- sumpor dioksid

- ukupne suspendovane čestice i taložne materije

Rezultati merenja za četiri prve godine, navedeni su u Tabeli 5.3.

Posmatrajući brojeve iz Tabele 3, što se tiče *sumpor dioksida*, vidimo da izmerene srednje vrednosti osciluju oko granične vrednosti imisije, što se duguje relativno niskom sadržaju sumpora u kolubarskom lignitu. Međutim, kada posmatramo izmerene vrednosti *čađi,* uočavamo da su one *od tri do čak jedanaest puta veće od dozvoljenih 50 mikrograma po kubnom metru.* Razlog tome leži u visokom sadržaju pepela u sastavu kolubarskog lignita, koji se pretežno koristi kao gorivo u zimskom periodu. Upravo ta, jako visoka zagađenost vazduha čađu, glavni je uzrok naglog povećanja broja bolesne dece od bolesti disajnih organa.

*Tabela 3. Izmerene srednje vrednosti koncentracija sumpordioksida i čađi na mernom mestu Tehnička škola, u razdoblju 2006-2009. godine*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Godina*** | ***2006.*** | ***2007.*** | ***2008.*** | ***2009.*** | ***GVI\**** |
| **SO2 (μg/m³)** | 61,2 | 47,7 | 51,1 | 32,5 | **50** |
| **Čađ (μg/m³)** | 196,3 | 569,4 | 389,0 | 185,4 | **50** |

\*Granična vrednost imisije (GVI) –maksimalna nataložena količina koja nije štetna po zdravlje

*Izvor:* Geološki institut Beograd, ˝Merenje aerozagađenja na teritoriji opštine Ub“

*Čađ* nastaje nepotpunim sagorevanjem fosilnih goriva. Usled kondenzacije magle na česticama čađi povećava se rastvorljivost supordioksida u sumpornu kiselinu, koја, nošena česticama čađi, dublje prodire u pluća i štetno deluje na bronhije. Prema kriterijumima za čađ, dobijeni su podaci, prikazani na tabeli 4.

*Таbelа 4. Kvalitet vazduha po godinama (2006-2009), na teritoriji gradske zone Uba u pogledu koncentracije čađi*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | | |
| **Kvalitet vazduhа** | Koncentracija  čađi (μg/m³) | 2006.  (dana) | 2007.  (dana) | 2008.  (dana) | 2009.  (dana) |
| **Dobar** | 0-25 | 22 | 1 | 4 | 59 |
| **Umeren** | 26-50 | 6 | 7 | 3 | 23 |
| **Nezdrav za decu i stare** | 51-75 | 13 | 3 | 1 | 33 |
| **Nezdrav** | 76-100 | 13 | 2 | 2 | 40 |
| **Vrlo nezdrav** | 101-150 | 48 | 4 | 13 | 60 |
| **Opasan** | 151-250 | 89 | 28 | 89 | 50 |
| **!!!** | >250 | 156 | 320 | 254 | 100 |

*Izvor:* Geološki institut Beograd, ˝Меrenje aerozagađenja na teritoriji opštine Ub u periodu 2006-2009.“

Iz tabele vidimo da u sve četiri posmatrane godine gustina čađi u vazduhu iznad varoši Ub najveći broj dana spada u opasnu kategoriju (!!!), sa vrednošću iznad 250 μg/m³! Neslavni rekord je postignut 2007. godinе, kada je čak 320 dana koncentracija čađi bila iznad najnezdravije. Nasuprot tome, najmaje opasno bilo je 2009. godine, kada je „svegа“ 100 dana bilo kritično, dok su „dobrih“ 59 dana Ubljani disali vazduh bez čađi. To je posledica činjenice da poslednjih godina, sve veći broj stanovnika varoši Ub, za loženje umesto uglja koristi ogrevno drvo. Međutim i pored toga, broj dece obolele od bolesti disajnih organa se povećavao.

***Dinamika oboljevanja dece od bolesti disajnih organa u Valjevu i na Ubu***

Prema podacima Zavoda za javno zdravlje iz Valjeva, dinamika oboljevanja predškolske i školske dece od bolesti disajnih organa u poslednjih osam godina prikazana je tabelama 5 i 6. iz kojih se jasno može zaključiti da se, u posmatranom vremenskom periodu, ukupan broj (predškolske i školske) dece obolele od bolesti disajnih organa u gradu Valjevu osetno smanjio: са 43.714 у 2005-ој, na 25.088 у 2013-ој godini.

Za razliku od Valjeva, na trideset kilometara udaljenom Ubu, stanje je gotovo alarmantno. Iz Tabela 5. i 6. možemo videti da ukupan broj predškolaca i školaraca na Ubu, obolelih od bolesti disajnih organa, u istom razdoblju značajno je povećan: sа 4.853 u 2005-ој, nа 7.160 u 2013-ој godini, što iznosi visokih 47,5%! Razlozi tome, osim preterane upotrebe kolubarskog lignita u pojedinačnim kotlarnicama za grejanje tokom zime, leže u širenju obližnjih površinskih ugljenokopa i vrlo nepovoljne ruže vetrova, koja tokom dugog sušnog letnjeg i jesenjeg perioda lagano ali kontinuirano natapa vazduh iznad naseljenog mesta Ub različitim vrstama štetnih materija.

*Таbelа 5. Кretanje broja obolele* ***predškolske*** *dece**u Valjevu i na Ubu,*

*od bolesti sistema za disanje u periodu 2005-2013.*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Меsto*** | ***2005.*** | ***2007.*** | ***2009.*** | ***2011.*** | ***2013.*** |
| **VALJEVO** | 21.463 | 16.270 | 15.391 | 14.660 | **13.076** |
| **UB** | **2.714** | **3.173** | **2.632** | **2.768** | **4.152** |

*Tabelа 6. Кretanje broja obolele* ***školske*** *dece**u Valjevu i na Ubu,*

*od bolesti sistema za disanje u periodu 2005-2013.*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Меsto*** | ***2005.*** | ***2007.*** | ***2009.*** | ***2011.*** | ***2013.*** |
| **VALJEVO** | 22.251 | 17.674 | 15.482 | 13.174 | **12.012** |
| **UB** | **2.139** | **2.138** | **2.423** | **2.637** | **3.008** |

*Izvor*: Zavod za javno zdravlje Valjevo: *Morbiditet sistema za disanje u periodou 2005-2013, predškolska i školska deca, Valjevо – Ub*

Sve ovo utiče i na velike troškove lečenja, kako za roditelje, tako i za republički Fond zdravstvene zaštite, kao i za firme u kojima rade roditelji bolesnih mališana (lekovi, pregledi, bolovanja).

2.3. Ostali negativni uticaji na živi svet i materijalna dobra.

Delovanje štetnih materija na životinje i biljke je veoma različito od delovanja na čoveka i to u negativnom smislu. Poznato je da su poslednjih decenija izumrle mnoge vrste životinja i da se raznolikost “starog” životinjskog sveta i dalje smanjuje, dok se na drugoj strani usled rastuće zagadjenosti i genetičkih eksperimenata umnožavaju sasvim nove vrste algi, bakterija i posebno opasnih virusa.

*(1) Flora i fauna*. Oštećenja flore najviše se zapažaju u poljoprivredi i šumarstvu, zato što ovde dolazi do neposrednih ekonomskih šteta usled umanjenog biljnog rasta i prinosa. Biljni svet, po pravilu reaguje već na male koncentracije štetnih materija u vazduhu, zahvaljujući intenzivnijoj razmeni gasova sa okolinom. Uticaj štetnih gasova na biljke najjači je u prisustvu sunčeve svetlosti, vlage i toplote, leti i po danu. Noću i zimi biljke su u mnogo manjoj opasnosti, zbog čega su po tom osnovu zimzelene biljke znatno ugroženije od listopadnih. Na primer, neprirodne crveno-zelene šume na planini Kosmaj obuhvataju uglavnom četinare crnog bora (*Pinus nigra)*, čija stabla (prema jednom zanimljivom naučnom istraživanju iz 2013. godine) sadrže znatno veće koncentracije nikla u odnosu na druge ispitivane listopadne biljne vrste Kosmaja.[[27]](#footnote-28) Osnovni uzroci tome jesu štetni gasovi od površinskog ugljenokopa u Baroševcu, kao i termoelektrane ”Kolubara” u velikim Crljenima, koji se nalaze 20-ak kilometara zapadno od Kosmaja.

(*2) Štete na materijalnim dobrima*. Osim biljaka, i *materijalna dobra*, koja su izložena dejstvu štetnih materija, vremenom pokazuju izvesna oštećenja. Pod uticajem zagadjenog vazduha metali brže korodiraju, a prirodni kamen i drugi gradjevinski materijali se postepeno raspadaju. Čvrste čestice, pored toga što pojačavaju štetno dejstvo drugih zagadjujućih materija, izazivaju neželjena prljanja materijalnih dobara i povećavaju potrebe za njihovim čišćenjem.

*(3) Delovanje na zemljište*. Kao posledica rada termoelektrana na ugalj, neophodno je uzeti u obzir neposredno i posredno *štetno delovanje na zemljište*. Neposredni uticaji ogledaju se u trajnom gubljenju kvalitetnog poljoprivrednog zemljišta, usled zauzimanja velikih površina za potrebe deponovanja pepela, kao i rudnika za eksploataciju uglja. Na primer, površine pod deponijama pepela termoelektrana "Nikola Tesla" A i B kod Obrenovca iznose 800 hektara. Za razliku od toga, degradacija zemljišta indirektnim putem (raznošenje pepela, kisele kiše), nastaje na daleko širim prostorima. Budući da su deponije pepela locirane u blizini seoskih naselja, usled eolske erozije dolazi do taloženja pepela na obradivom poljoprivrednom zemljištu, što umanjuje njegov kvalitet.[[28]](#footnote-29)

*(4) Radioaktivne materije*, koje se obično pripisuju samo nuklearnim elektranama, nastaju i u termoelektranama. One, uz poznate zagadjivače kao što su CO2, NO2, čadj i dr., takodje emituju karcinogene organske čestice: policiklične ugljovodonike, čestice teških metala (olova–PB, žive–Hg, arsena–As), ali i prirodne radioaktivne elemente iz niza Urana U–238 (radijum Ra–226, radon Rn–222, olovo Pb–210, polonijum Po–210), Torijuma (torijum Th–232, Th–228) i kalijuma (radioaktivni kalijum 40). Sagorevanjem uglja u termoelektranama, ovi radioaktivni elementi se prenose iz uglja u biosferu. Na primer u okolini površinskih kopova i TE u Kostolcu, sadržaj teških metala (olova i kadmijuma) u lisnatom i krtolastom povrću (kupusu, zelenoj salati i luku) znatno je iznad maksimalno dozvoljenih vrednosti.[[29]](#footnote-30) Dok u uglju postoji radioaktivna ravnoteža niza (svi članovi radioaktivnog niza imaju istu aktivnost), ona se sagorevanjem narušava, zbog čega u pepelu dolazi do višestrukog povećanja sadržaja radioaktivnih elemenata, pa može iznositi i do nekoliko stotina puta više od prirodnog zračenja.[[30]](#footnote-31)

*(5) Dejstvo na vode*. Usled reagovanja čestica pepela sa vodom na deponijama može se očekivati prisustvo prirodnih radionuklida i u podzemnim vodama. Uticaji na *površinske i podzemne vode*mogu se razmatrati sa aspekta neposrednih promena u njihovom kvalitetu usled ispuštanja otpadnih voda i odvijanja drugih procesa, kao i sa aspekta obezbedjenja budućih potreba za vodom za rad termoelektrana. *Dve trećine ukupne toplote, stvorene sagorevanjem uglja u klasičnim termoelektranama, završava u površinskim vodotocima.* Zagrejane vode koje se ispuštaju u rečne tokove dovode do promene bioloških uslova u površinskim slojevima vode. Biološke promene se manifestuju u promeni mikroklime i njenom uticaju na razvoj mikroorganizama, porastu biljne proizvodnje ("cvetanje reka"), promeni načina života riba i drugih rečnih životinja, poremećajima života kopnenih životinja i ptica u okolini ispuštanja ovih voda.

*(6) Otpadna toplota* je možda najznačajnija vrsta emisije iz energetskih procesa. Ona dovodi do zagrevanja vodotokova i do ugrožavanja rečnih organizama. Naime, sa porastom temperature vode, raste i biološka aktivnost organizama, temeljena na povećanoj potrošnji kiseonika. Medjutim, usled toplotnog zagadjenja vode, sadržaj slobodnog kiseonika opada. Topla voda od 30o C sadrži samo polovinu one količine kiseonika koja se nalazi u vodi od 0o C. To važi, medjutim, samo za čiste vodotokove. U zagadjenim rekama tačke kritične temperature vode stoje niže, iz razloga što i proces samoprečišćavanja vode traži velike količine kiseonika. [[31]](#footnote-32)

*Sa druge strane, potrebe za vodom, neophodne za rad termoelektrana u Republici Srbiji se stalno povećavaju.* Utrošak vode za transport otpadnih materijala, po jednoj elektrani iznosi 2000 m3 na čas.[[32]](#footnote-33) Energetski razvoj zasnovan na termoelektranama, otvoriće teško rešive probleme vezane sa obezbeđenjem dovoljnih količina zdrave vode za piće. Čiste, pitke vode danas ima toliko malo, a kako stvari stoje, biće je sve manje! To znači da će voda biti sve skuplja. Onaj ko na svojoj teritoriji bude sačuvao čiste vode, imaće u budućnosti šansu da kvalitetno i napredno živi.

**2.2.4. Načini smanjenja zagađivanja od industrije uglja**. Postoje vrlo značajne razlike u standardima koji se primenjuju na nova i postojeća termoenergetska postrojenja. Velika nova postrojenja u većini zemalja moraju da se drže strogih granica emisije, dok stara termoenergetska postrojenja te ciljeve mogu ispuniti posle određenog perioda. Na primer, termoelektrana Kolubara A u Velikim Crljenima, izgrađena pre pola veka, nedavno je revitalizovana. To znači da su izvršene određene tehnološke popravke, sa ciljem smanjenja nekontrolisanih emisija zagađujućih materija. Međutim, naredni koraci podrazumevaju dalje smanjenje zagađenja putem čišćenja uglja, modernizacije ložišta, odsumporavanja i denitrifikacije izlaznih gasova, boljeg prečišćavanja pepela i čađi, što vodi ka većem iskorišćenju otpadne toplote.

Najjednostavniji način za kontrolu emisije SO2 jeste *korišćenje uglja sa niskim sadržajem sumpora* (0,5-1%), što je slučaj kod domaćih lignita. Međutim, ligniti imaju niske toplotne vrednosti, što znači da je potrebno iskopati i transportovati mnogo veće količine (nagomilati odgovarajuće deponije pepela) da bi se dobila ista količina energije. U basenu "Kolubara", kao tehnološki najsavremenijem, vrši se mlevenje uglja i primena postupka flotacije, čime se može redukovati količina sumpora u uglju do 30%. Troškovi takvog prečišćavanja su relativno niski: svega 2-3 USD po toni.[[33]](#footnote-34) U tom smislu valja izvršiti odabir odgovarajućih naprednijih metoda odsumporavanja (pre, u toku ili posle sagorevanja), čime bi se u potpunosti ostvarili međunarodno postavljeni standardi.

Odsumporavanje izlaznih gasova se vrši tzv. *suvim i vlažnim postupcima*. Odsumporavanje izlaznih gasova takođe može da se vrši uz pretvaranje sumpordioksida u drugu vrstu otpada (mulj) ili u korisne nusproizvode (sumpornu kiselinu i gips). Na primer, na ”zelenom” projektu odsumporavanja dimnih gasova velikih termoelektrana kod Obrenovca, vrednom 250 miliona evra, koji je finansiran od strane vlade Japana, radiće zajedno srpski i japanski stručnjaci. Ostvarenjem projekta, osetno će biti smanjena emisija sumpor dioksida u vazduhu na izlazu iz postrojenja i to značajno ispod 200 miligrama po kubnom metru izlaznog gasa, što zadovoljava evropske standarde. Istovremeno, emisija azotnih oksida će biti svedena na vrednosti ispod 20 mg/m3 izlaznog gasa.[[34]](#footnote-35)

Za smanjivanje emisije *azotnih oksida* (NOx), danas se uglavnom primenjuju sledeće mere: 1) smanjivanje protoka vazduha; 2) dvostepeno sagorevanje; 3) recirkulacija dimnih gasova.

Smanjivanjem protoka vazduha, količina emitovanih oksida azota se redukuje izmedju 40 i 60%, zavisno od vrste goriva i načina loženja. Poslednjih godina ostvareni su povoljni efekti u prečišćavanju SO2 i NOx primenom metoda "elektronskog snopa" i metoda električnog pražnjenja. Efikasnost tzv. ELFI (elektronskih filtera) je 89% za sumpor dioksid i oko 90% za okside azota.[[35]](#footnote-36) Upotrebom električnog pražnjenja, pored sprečavanja kiselih kiša, može se realizovati proizvodnja kvalitetnog veštačkog djubriva. Međutim, nedostaci ovog metoda ogledaju se u potrebi ugradnje snažnih akceleratora visoke struje. **Tako se dolazi do apsurda da je potrebno trošiti mnogo električne energije kako bi se ona proizvela na ekološki prihvatljiv način.** Naime, potrošnja energije za rad sistema za prečišćavanje, kreće se u opsegu od 1-5% ukupne energije koja se proizvodi. [[36]](#footnote-37)

Za otklanjanje emisije *čvrstih čestica*(otprašivanje) dimnih gasova primenjuju se dva različita sistema: mehaničko otprašivanje pomoću ciklonskih otprašivača i električno otprašivanje pomoću elektrofiltera. Elektrofilteri imaju veći stepen delovanja od ciklonskih otprašivača. Pomoću elektrostatičkih filtera moguće je otkloniti emisiju i do 99,5% pepela.

Korišćenje *zaštitne vegetacije* za smanjivanje zagađenosti vazduha je višestruko podesno, budući da zeleni pojasevi deluju kao prirodne prepreke širenju emisije odredjenih vrsta štetnih materija. Uz to, drvoredi i druge prirodne prepreke pojačavaju strujanje vazduha u donjim slojevima, te na taj način doprinose razredjivanju emisija. Pored toga, odgovarajućim merama, poljoprivreda i šumarstvo se delimično mogu prilagoditi zagađenju. Na primer, stabla kruške i šljive su manje osetljive na sumpor dioksid od stabala jabuka i višanja, dok je listopadno drveće manje osetljivo od zimzelenog drveća.

Izgradnjom*visokih dimnjaka* poboljšava se razredjivanje štetnih materija u vazduhu, zbog čega dolazi do smanjenih šteta u okolini emitenta. Medjutim ovo rešenje lokalnog problema stvara nove teškoće na znatno širem području. Najpoznatiji primer jesu “kisele kiše” u Skandinaviji prouzrokovane emisijama sumpor dioksida iz industrijskih regiona Zapadne i Srednje Evrope. Osim toga treba imati na umu, da transmisioni mehanizam visokih dimnjaka može da otkaže u periodima vremenskih inverzija, tj. upravo onda kada bi bio najpotrebniji. Vezano sa tim, u razvijenom svetu je postignuta saglasnost u pogledu potrebe zaštite životne sredine. Pokrenuta je široka aktivnost za ograničavanje emisije štetnih gasova na svim mestima nastajanja. Zato će u skorijoj budućnosti primenjivost svake energetske tehnologije biti omeđena ograničenjima emisija, koja će morati da budu zadovoljena. Predmet ograničenja koja se odnose na termoenergetiku jesu emisije SO2, NOx i čvrstih čestica. U Evropskoj uniji usvojeni su sledeći granični uslovi emisije štetnih gasova:

SO2 < 400 mg/Nm3, odnosno NOx < 200 mg/Nm3

Zbog toga, sve nove i postojeće usavršene tehnologije sagorevanja uglja moraju da obezbede veću efikasnost konverzije energije uz ekonomsku i ekološku prihvatljivost. Posledjnih godina, u svetu se koriste tzv. *čiste tehnologije uglja*, koje su interesantne iz više razloga, a najvažniji su:

- velika efikasnost ciklusa (veća za 2-12%) u odnosu na klasični ciklus sa čvrstim gorivom,

- velika efikasnost sagorevanja (i preko 99%),

- velika fleksibilnost u pogledu vrste i kvaliteta čvrstog goriva,

- dobre ekološke osobine. [[37]](#footnote-38)

U domaćim termoelektranama koje koriste ugljeve niske toplotne moći (u proseku od 6 do 10 MJ/kg), nastaju velike količine *pepela*.Tako, sagorevanjem oko 40 miliona tona uglja u termoelektranama Srbije, godišnje se "proizvede" oko 8 miliona tona pepela. Usled toga, pojavljuje se problem tzv. "eolske erozije pepela", odnosno dolazi do neželjenog raznošenja pepela pod dejstvom vetra. U tom smislu preduzimaju se mere kvašenja pepelišta vodom ili privremene i trajne mere biološke zaštite, kao što su sadnja tolerantnih biljnih kultura na pepelištima, odnosno podizanje vetrozaštitnih pojaseva oko pepelišta. Na primer, termoelektrana ”Nikola Tesla A” kod Obrenovca raspolaže deponijom pepela površine 400 hektara. Ova deponija, debljine sloja pepela od 35 metara, nalazi se desetak kilometara zapadno od grada, što se pokazalo kao suviše blizu[[38]](#footnote-39) zbog čega bi buduća pepelišta obrenovačkih elektrana trebalo da budu izmeštena na neku drugu, udaljeniju lokaciju.

2.3. Zagađivanje životne sredine od proizvodnje, prerade i potrošnje nafte

Nafta je danas najvredniji energetski izvor, pre svega zbog svoje uloge u saobraćaju i ratu. Veliki broj analitičara smatra da će rezerve nafte biti iscrpene do polovine XXI veka. Ovde je u fokusu zagađenje koje uzrokuje proizvodnja, transport i potrošnja nafte.

(1) Problemi sa naftom nastaju već u fazi *istraživanja i bušenja.* Pošto se nafta skuplja u sedimentnim slojevima, koji se nalaze na različitim dubinama u zemljinoj kori, saniranje korišćenog isplačnog mulja iz naftnih bušotina predstavlja teško rešiv ekološki problem.[[39]](#footnote-40) Mnoge zemlje ulažu znatna sredstva u istraživanja podvodnih nalazišta, radi crpljenja nafte sa morskog dna, preko platformi montiranih na površini mora. Tom prilikom mogu da se dogode brojne neželjene ekološke posledice. Najteža je svakako, kad se celokupna platforma obruši u more, što se već događalo u Brazilu, a potom u SAD, pri čemu se javljaju ogromne ekonomske i nemerljive ekološke štete. I pri normalnom radu ovih postrojenja, usled najmanjih izlivanja nafte u morsku vodu, dolazi do poremećaja akvatičnog sveta ili uništavanja planktona neophodnih za proizvodnju kiseonika. Izlivena nafta iz uređaja za njeno crpljenje pliva po morskoj površini tamo gde se plankton množi, i na taj način ih ugrožava. Svaki od sastojaka smeše mnoštva ugljovodonika i nećistoća koje se nalaze u nafti, kada se nađe u sredini, može sa drugim elementima da daje nova jedinjenja, čije ekološko delovanje nije poznato. Izlivena nafta u moru, širi se po površini u vidu veoma tankog sloja, tako da relativno male količine nafte mogu da zagade veoma veliku površinu morske vode kao i priobalne podzemne vode i ušća reka. Štete od izlivene nafte mogu da budu ekološke, ekonomske i estetske.

*Ekološke štete* se ogledaju uništenjem biocenoze u moru i priobalju. Takođe, u kružnom toku zagađenja istovremeno se zagađuje vazduh i zemljište na obali. Površinski razlivena nafta plimom i morskim talasima odlazi na obalu i natapa pesak, nakon čega se podzemnim putem i osekom vraća nazad u more.

*Ekonomske štete* mogu da budu velike a to su, za duži period neupotrebljive plaže, oštećeni objekti na obali i uništen fond riba. Na taj način, posebno su ugrožene dve velike privredne grane: turizam i ribarstvo.

*Estetske štete su različite.* Najčešće se pejzaž naružuje katranom i uljem, uginulim pticama rasutim po obali, ostacima biljaka, zapuštenim plažama, prljavim priobalnim objektima. Sa ovako degradiranih prostora širi se neprijatan miris. I ovde, kao i u drugim vrstama zagađenja, prisutan je kružni tok: voda - vazduh - zemljište - biljke - životinje - čovek![[40]](#footnote-41)

(2) *Transport sirove nafte* je, kao moguća pretnja za životnu sredinu, postao udžbeničko štivo. Prilikom prevoza nafte i njenih derivata dolazi do čestih zagađivanja okoline.[[41]](#footnote-42) Pripadnicima starijih generacija verovatno još uvek nije izbledela slika spektakularne havarije tankera u kanalu Lamanš, kada je davne 1967. godine iscurilo 120.000 tona nafte na obale Kornoula (Engleska). Bombardovanje ogromne naftne mrlje napalm-bombama, prizori nemoćnih ptica, slepljenih krila, osuđenih na smrt, očaj na licima meštana kojima je upropašćena turistička sezona i drugi prizori, delovali su šokantno. [[42]](#footnote-43) Zato je, u godinama koje su usledile, velika pažnja bila posvećena povećanju bezbednosti prevoza "tečnog zlata", što je umnogome uticalo na porast njene cene.

(3) Pri *preradi nafte* u rafinerijama, javljaju se emisije ugljen dioksida, sumpor dioksida i azotnih oksida. Ređe su moguće i emisije lako isparljivih ugljovodonika, aromatičnih i cikličnih ugljovodonika. U naftnoj industriji kao posebno *opasan otpad* tretiraju se iskorišćena mo*torna ulja*, koja se, barem u našoj zemlji, umesto obaveznog recikliranja, najčešće koriste u individualnim kotlarnicama, zagađujući vazduh otrovnim sastojcima poput arsena, kadmijuma i drugih.

(4) Pri *potrošnji* naftnih derivata stvaraju se na globalnom nivou najštetniji uticaji. Milioni privatnih automobila, stotine hiljada autobusa, kamiona, brodova, putničkih i vojnih aviona svakodnevno ispuštaju teško merljive količine otpadnih štetnih materija u vazduh. Za ilustraciju dimenzija problema poslužiće rezultati jednog istraživanja izvršenog u Velikoj Britaniji krajem osamdesetih XX veka.

*Tabela 8. Emisija zagađujućih gasova po jednom malolitražnom automobilu*

*u V. Britaniji u 1989. godini*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Zagađujući gas* | *Emisija* | |
|  | mg/km | kg/godišnje |
| SO2 | 42 | 0,2 |
| Nox | 140 | 0,7 |
| CO2 | 132.000 | 633,6 |

*Izvor:* Wood M.: "Environment and development" SUN WORLD, june 1992, p. 24

U *Tabeli 8.* prikazana je izmerena masa emitovanog SO2, NOx i CO2 u miligramima po jednom vozilu za svaki pređeni kilometar. Računajući da vlasnik automobila vozi samo 20 km dnevno (na posao i nazad) za vreme jedne godine (240 radnih dana) ova kola emituju 0,2 kg sumpor dioksida, 0,7 kg azotnih oksida i čak 633 kg ugljen dioksida! Da bi se dobila realnija predstava o ukupnom nivou zagadjenosti atmosfere prouzrokovanom saobraćajem motornih vozila, dovoljno je pomnožiti vrednosti iz prethodne tabele brojem automobila ili predjenih kilometara. Rezultati se izražavaju u hiljadama tona za gradove, odnosno milionima tona za države!

Setivši se Berija Komonera i njegovog „drugog zakona ekologije“, koji kaže: ”Sve mora ići nekud”,[[43]](#footnote-44) valja se podsetiti da CO2 uzrokuje globalne klimatske promene; SO2 hronične respiratorne probleme kod ljudi, kisele kiše pomor riba, koroziju metala, tekstila i kamena, dok NOx prouzrokuju i globalne klimatske promene i nadražaj očiju kod ljudi, usporen rast biljaka, ubrzano rabaćenje guma, tekstila i plastike. Pored toga ugljovodonici deluju štetno za oči i pluća, olovo deluje na krv, ugljen monoksid utiče na živce i hemoglobin u krvi, dok azbestna prašina od konvencionalnih automobilskih kočionih obloga predstavlja jednog od glavnih uzročnika raka na plućima. Zbog toga, najrazvijenije zemlje u poslednje vreme u oblasti gradskog saobraćaja stimulišu korišćenje drugih, manje štetnih oblika energije u odnosu na naftu i njene derivate. To su različite forme šinsko-električnih sistema, zatim javni gradski autobusi sa pogonom na biodizel, individualni električni automobili, oni sa pogonom na vodonik i naravno – stari dobri bicikli.

2.4. Zagađivanje životne sredine od nuklearnih postrojenja

Nuklearna energetika je nastala iz potrebe za energijom, ali nipošto ne treba smatrati tu činjenicu ključnom za njen razvoj. Daleko važniji razlog leži u potrebi ovladavanja nuklearnom tehnologijom za primene u vojne svrhe. Eksplozije američkih atomskih bombi iznad japanskih gradova Hirošime i Nagasakija, u leto 1945. godine, obeležile su početak atomske ere ljudskog roda, početak strahovite ekspanzije nauke i tehnike, ali su i zanavek ostavile pečat užasa na sve što je vezano za nuklearnu energiju. *Politika i vojne potrebe* su uslovili početak korišćenja nuklearne energije, kao i sve dosadašnje faze razvoja nuklearnih tehnologija i nuklearne energetike*.* Nuklearni reaktori, kao ”civilni deo” korišćenja atomske energije, razvijani su naporedo sa proizvodnjom atomskog oružja. Ovladavanje pojave cepanja (fisije) teških atomskih jezgara (urana 235 ili plutonijuma 239) bilo je prvi veliki korak u pravcu dobijanja neizmernih količina nove, nuklearne energije. Umesto hemijske oksidacije (sagorevanja) fosilnih goriva, kod nuklearne fisije se promene dešavaju u atomskim jezgrima (nukleusima). U ovim malim ”krletkama” kriju se ogromni iznosi energije, koji su stotinama hiljada puta veći od energije koja se dobija sagorevanjem. (Tabela 9.)

*Tabela 9. Količina energije koja se dobija utroškom 1 kg materije*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Gorivo* | *Proses ”izgaranja”* | *Oslobođena energija*  *MWh* |
| Vodonik | Hemijska reakcija | 0,034 |
| Uran 235 | nuklearna fisija | 26.000 |
| Deuterijum+Tricijum | nuklearna fuzija | 120.000 |
| materija + antimaterija | Anihilacija | 25.000.000 |

*Izvor:* Ajdačić Vladimir: ”Nauka kao bajka 1”, Zlatna knjiga, Bgd, 1998, str.70

Nuklearna opcija je razvijana uglavnom u visoko razvijenim zemljama, ponajviše u Francuskoj i Japanu. Maksimum razvoja dostignut je krajem sedamdesetih godina prošlog veka, sa oko 250 nuklearnih elektrana u pogonu i nekoliko stotina novih elektrana u fazi izgradnje i projektovanja. Međutim, sa brojnim havarijama koje su uskoro usledile, pokazalo se da priča o fisionoj energiji ima i svoju crnu, ”černobiljsku” stranu.

Sredinom devedesetih godina XX veka u svetu je radilo 447 nuklearnih elektrana sa ukupnom instalisanom električnom snagom od 350 GW, dok se postavljalo još 39 novih elektrana, sa 33 GW.[[44]](#footnote-45) Poređenje ovih podataka sa podacima od pre 30 godina vrlo je ilustrativno. Naime, tadašnji broj nuklearnih elektrana u pogonu gotovo je udvostručen, ali je broj elektrana u izgradnji ili u fazi ugovaranja drastično smanjen. Evidentni su sve veći problemi sa radioaktivnim otpadom i toplotnim zagađivanjem vode. Nuklearne elektrane takođe zahtevaju veoma dobro obrazovanu radnu snagu i kvalitetnu prateću infrastrukturu, kao i veoma skupo tekuće održavanje. Povrh svega, brojni akcidenti u dosadašnjem radu nuklearnih elektrana doveli su do toga da je javnost u većini zemalja protiv korišćenja (fisione) nuklearne energije.

Zbog ovih opasnosti, a i zbog iscrpivosti fisionih goriva, čovek je usmerio pažnju ka *nuklearnoj fuziji*, kao konačnom rešenju svojih energetskih potreba. Fuzija je nuklearni proces u kome se dva laka jezgra spajaju radi stvaranja jednog težeg jezgra, na veoma visokoj temperaturi i pritisku, uz oslobađanje ogromne energije. U prirodi se to odvija na Suncu. Ovde treba zapamtiti da nuklearna fuzija izotopa vodonika u izotop helijuma predstavlja mnogo bolji izvor energije od nuklearne fisije, prvenstveno jer koristi čistu vodu kao gorivo. Takođe, za razliku od fisije koja zahteva rizičnu eksploataciju ruda radioaktivnih metala, pri čemu kao posledica ostaje i zloglasni nuklearni otpad, u slučaju fuzije svega toga nema. Nažalost, kontrolisanu nuklearnu fuziju na Zemlji još uvek nije moguće ostvariti zbog potrebe za jako visokim temperaturama (107 oK).[[45]](#footnote-46) Pokušaji sa tzv. „hladnom fuzijom“ pri elektrolizi „teške“ vode sa elektrodama od platine i paladijuma, ostali su samo san.[[46]](#footnote-47) Fuzija ipak mora biti „vruća“! Za to najviše izgleda pružaju fuzione mašine – reaktori tipa ”tokamak”.[[47]](#footnote-48) Međutim, još uvek su količine oslobođene energije u fuzionim reaktorima manje od uložene energije.

**2.4.1. Opasnosti dobijanja fisionog goriva**. Najveću opasnost pri korišćenju nuklearne energije predstavlja *radioaktivno zračenje*. Ono se javlja u svim procesima dobijanja fisionog goriva: prilikom eksploatacije rude urana, na deponijama jalovine, pri obogaćivanju rude, pri proizvodnji i transportu goriva, u nuklearnim elektranama, kao i prilikom transporta i odlaganja nuklearnog otpada.[[48]](#footnote-49) Od prirodnih izvora jedino gas radon može ozbiljnije da ugrozi životnu sredinu. To je uglavnom radon 222 koji dolazi iz stena bogatih uranom, a naročito je obilan u rudnicima urana. Na površinu dospeva nošen podzemnim vodama, ali se kao stvarni nosilac pri isticanju javlja ugljen dioksid (sam radon je znatno teži od vazduha). Na taj način radon može da prodre u prizemne stanove, a pri tuširanju i u kupatila viših spratova.[[49]](#footnote-50)

Posmatrano sa stanovišta prostornog razmeštaja nuklearnih sirovina, područje Istočne Srbije predstavlja najinteresantniju oblast naše zemlje. U okviru nje nalazi se veliki broj pojava i ležišta urana, o kojima je prikupljen veliki broj geoloških podataka. Među ekonomski najinteresantnijim područjima je prostor Stare planine. Probna eksploatacija urana na Staroj planini, počela je oko 1960. godine, a trajala je sve do 1966. godine. Ovi rudnici su napušteni zbog nekoliko razloga: jedan je ekonomska neisplativost eksploatacije, drugi, tadašnja Jugoslavija se opredelila za druge izvore energije nenuklearnog porekla. [[50]](#footnote-51)

**2.4.2. Termičko zagađivanje i nuklearne havarije**. Za hlađenje uređaja u nuklearnim elektranama, koriste se ogromne količine vode iz reka. Zagrejana voda se vraća u reke, povećavajući temperaturu vode, istovremeno uništavajući akvatični svet. Osim zagrevanja vode, zagreva se delimično i atmosfera u okolini. Energija koja se dobija razbijanjem jezgra uranijuma-235 i plutonijuma-239, zagreva celu konstrukciju reaktora. Tako velika toplota mora da se odstrani, da ne bi istopila konstrukciju. Ako je rashladni sistem otvoren, on tada propušta običan vazduh ili vodu direktno kroz jezgro i vraća iz natrag u atmosferu ili reku. Međutim, danas se ta energija najščešće koristi bez rasipanja. Stvarna opasnost dolazi od radioizotopa koji su rasuti u vazduhu posle nuklearnih eksplozija, a naročito usled havarija reaktora nuklearnih elektrana i postrojenja za preradu nuklearnog goriva, od kojih je daleko najveća bila černobiljska katastrofa. [[51]](#footnote-52)

**2.4.3. Nuklearni otpad.** Problem radioaktivnog otpada i zaštite životne sredine predstavlja ključni argument u razmišljanjima o budućnosti nuklearne energetike. *Pitanje prerade i čuvanja radioaktivnog otpada i nije toliko veliki tehnološki problem, ali svakako jeste ekonomski, jer u velikoj meri poskupljuje gradnju i korišćenje nuklearnih elektrana.*

Radioaktivnim otpadom smatraju se one otpadne materije koje sadrže radioaktivne izotope iznad dozvoljene koncentracije. Nuklearni otpad može biti u dva agregatna stanja: tečnom i čvrstom i ne može se uništiti, niti se može korisno upotrebiti (osim u vojne svrhe). Izvori nastajanja radioaktivnih otpadnih materijala (RAO) podeljeni su u nekoliko grupa:

*- Radioaktivni otpad iz nuklearnih elektrana* uglavnom je nisko i srednje aktivan. Nasuprot ovom otpadu, iz postrojenja za preradu istrošenog nuklearnog goriva nastaje visoko radioaktivni otpad koji sadrži dugoživeće radionuklide. Preradom istrošenog goriva nuklearne elektrane, snage 1000 MW, nastaje 10–15 m3 visokoradioaktivnog otpada.[[52]](#footnote-53)

*- Nuklearno istraživački centri* tokom svog rada stvaraju sve vrste radioaktivnih materijala. Kao izvori RAO materijala smatraju se nuklearni istraživački reaktori, vruće ćelije, pilot postrojenja, produkti iz dekontaminacionih radova.

*- Medicinske ustanove, univerziteti i industrije* produkuju nisko i srednje aktivni otpad. Aktivnost takvog otpada se smanjuje na nivo prirodne radioaktivnosti okoline za 300 do 400 godina. Problem odlaganja radioaktivnog otpada je veoma složen. Razlikujemo nekoliko faza obrade do konačnog odlaganja RAO materijala:

*1. Predtretman.* Nakon tehnološke obrade, *prva faza* prerade radioaktivnih otpadnih materijala (tečnih), sa ciljem smanjenja njihove zapremine i dovodjenje u povoljniju hemijsku formu, postiže se: 1) hemijskim tretmanom (neutralizacija), 2) taloženjem, 3) filtriranjem, 4) centrifugiranjem, 5) evaporacijom i 6) jonskom izmenom. Potom se RAO materijali podvrgavaju *drugoj fazi,* kondicioniranju (imobilizaciji) zbog transporta i privremenog čuvanja. Čvrsti RAO materijali se pre imobilizacije podvrgavaju presovanju ili incineraciji radi smanjenja njihove zapremine.

*2. Kondicioniranje* podrazumeva operacije transformisanja RAO materijala u forme pogodne za kasniju manipulaciju.

3. *Stokiranje* RAO materijala predstavlja privremeno odlaganje ovog otpada u odgovarajuća, privremena skladišta (zatvorene hangare), obično uz same nuklearne elektrane, sa kojih se u datom trenutku RAO materijal može transportovati na konačna odlagališta.[[53]](#footnote-54)

*4. Konačno odlaganje* na centralna odlagališta predstavlja njegovo nepovratno ostavljanje, uz kontrolu, da vremenom RAO materijal izgubi svoja opasna radioaktivna svojstva. Period za nisko i srednje RAO iznosi 300 do 500 godina, što znači da bi radioaktivnost za to vreme trebalo da se smanji oko 1000 puta.

Poslednjih godina napušta se stav da je trajno odlaganje RAO materijala u duboke geološke formacije, more i napuštene rudnike soli, najsigurnije rešenje.[[54]](#footnote-55) Umesto toga, prilazi se izgradnji centara za konačno odlaganje na otvorenom prostoru, ili plitko ukopanih tzv. “betonskih inženjerskih tranšeja”. Njihov princip se sastoji u suprotstavljanju sukcesivnih barijera od betona i maltera naspram migracije radionuklida iz prerađenih RAO materijala. Jedan od novijih primera ovakvog skladišta nuklearnog otpada nalazi se u okolini mesta Karlsbad, u američkoj državi Nju Meksiko. Otpad je smešten u specijalne sobe, na dubini od 2.150 stopa ispod površine tla, i prekriven sa 3.000 slojeva presovane soli, koja mu (navodno) obezbeđuje tektonsku stabilnost za više od 250 miliona godina.[[55]](#footnote-56)

1. Tofler Alvin: „Treći talas“, Prosveta, Beograd, 1983. [↑](#footnote-ref-2)
2. Tako bi, u sklopu opšte decentralizacije, došlo do raspada masovnog duha uz istovremeno jačanje individualnih korisnih inicijativa. Tofler, A. i H. *Rat i antirat,* Paidea, Beograd, 1998., str. 23 i 292 [↑](#footnote-ref-3)
3. Rikalović Gojko, *Ekonomika prirodnih resursa*, Inđija, 1999. str. 145. [↑](#footnote-ref-4)
4. Gosvami Yogi: ”Energy: the Burning Issue”, REFOCUS, January/February 2007, p. 22 [↑](#footnote-ref-5)
5. Francuska nuklearka “Super Feniks” i nemačka nuklearka “Kalkar”. [↑](#footnote-ref-6)
6. Bugarski ”Kozloduj”, mađarski “Pakš”, slovenački ”Krško”. [↑](#footnote-ref-7)
7. Američko "Ostrvo Tri milje", sovjetski "Černobilj", japanska ”Fukušima”. [↑](#footnote-ref-8)
8. Đukanović S.: “Solarna energija nije zaboravljena”, YUNG, decembar, 1998, str. 19 [↑](#footnote-ref-9)
9. *BP Statistical Review of World Energy, june 2018*, raspoloživo na: [www.bp.com/statisticalreview](http://www.bp.com/statisticalreview) [↑](#footnote-ref-10)
10. Barel (engl. *barrel –* bure) anglosaksonska jedinica za merenje zapremine tečnosti. Veličina barela se razlikuje: u Engleskoj (163,55 litara), u odnosu na SAD (159,98 litara)! [↑](#footnote-ref-11)
11. Samo u periodu od 1984. do 1994. godine, svetske rezerve nafte su povećane za 43%, zahvaljujući novim nalazištima u Severnom moru i na Aljasci. Procene dokazanih rezervi nafte govore da 1.266 milijardi barela, uz današnju potrošnju od oko 80 miliona barela na dan mogle potrajati narednih 40 godina.Gosvami Yogi: “Energy: the Burning Issue”, REFOCUS, January/February 2007, p. 23 [↑](#footnote-ref-12)
12. Najveće rezerve prirodnog gasa poseduje Rusija! U 1993. godini one su iznosile 48 milijardi m3, što je predstavljalo više od jedne trećine ukupnih svetskih rezervi ili deset puta više od rezervi prirodnog gasa u SAD. Pored Rusije, velike rezerve se nalaze na Srednjem istoku (Kazahstan, Katar, Iran), kao i u Severnoj Africi (Alžir, Libija). Videti: Gosvami Yogi: Isto, str. 23 [↑](#footnote-ref-13)
13. Videti Internet stranicu: [www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy-type/natural-gas.html](http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy-type/natural-gas.html) [↑](#footnote-ref-14)
14. *Energy View of BSEC Countries 2008,* National and Kapodistrian University of Atens, 2009., pp. 44-47 [↑](#footnote-ref-15)
15. *BP Statistical Review of World Energy, june 2018*, raspoloživo na: [www.bp.com/statisticalreview](http://www.bp.com/statisticalreview) [↑](#footnote-ref-16)
16. *Renewables 2017, Global status report,* raspoloživo na Internet stranici: [www.ren21.net/gsr-2017/chapters/chapter\_01/chapter\_01](http://www.ren21.net/gsr-2017/chapters/chapter_01/chapter_01) [↑](#footnote-ref-17)
17. Rajaković Ljubinka i dr.: ”Uticaj JP RB Kolubara na životnu sredinu”, ENERGIJA, EKONOMIJA, EKOLOGIJA, 2/IV, jun 2005., str.61 [↑](#footnote-ref-18)
18. Primer za to predstavlja varošica Kostolac (Srbija) koja doduše nije preseljena, ali se iz navedenih razloga njeni žitelji vrlo kratko u njoj zadržavaju, gravitirajući ka Požarevcu, Smederevu i drugim, udaljenijim ali i sigurnijim mestima za život. [↑](#footnote-ref-19)
19. Slično tome, danas je aktuelno preseljenje Ibarske magistrale, zarad otvaranja novih otkopnih polja. [↑](#footnote-ref-20)
20. Filipović R. i dr.: “Uticaj površinske eksploatacije uglja na ekosistem, sa posebnim osvrtom na agroekosistem”, ECOLOGICA, 1994. br.1, str.77 [↑](#footnote-ref-21)
21. Lakušić Dmitar: Biologija za 7. Razred Osnovne škole, Zavod za udžbenike i nastanva sredstva, Beograd, peto izdanje, 2006, str. 201 [↑](#footnote-ref-22)
22. Kiselost vode dolazi od minerala pirita, koji se obično nalazi u slojevima iznad i ispod ugljenih naslaga. Zakišeljene vode iz rudnika dodatno se zagađuju prolaskom kroz zemlju, i podzemnim ili nadzemnim putem, stižu do površinskih voda: reka i jezera. [↑](#footnote-ref-23)
23. Đukanović M.: *Ekološki izazov*, Elit, Beograd, 1991., str. 124. [↑](#footnote-ref-24)
24. Rajaković Lj.i dr.: ”Značaj laboratorije za monitoring životne sredine u JP EPS”, ENERGIJA, EKONOMIJA EKOLOGIJA, 2/IV jun 2005, str. 69 [↑](#footnote-ref-25)
25. Na primer, za vreme trajanja “čuvenog” londonskog smoga, decembra 1952. godine, kada je umrlo 4000 ljudi, stepen kiselosti (pH faktor) sumpornih kiša je iznosio izmedju 1,4 i 1,9 što je kiselije od limunovog soka (Udovičić B.: "Energija i okolina", Gradjevinska knjiga, Beograd, 1989. str. 53) [↑](#footnote-ref-26)
26. Kovanica ”smog” vodi poreklo od dve engleske reči: dim (*smoke*) i magla (*fog*). Kobno sinergetsko delovanje čvrstih čestica i ostalih štetnih materija je najizraženije u periodima formiranja “smog”-a. To su ekstremne situacije koje nastaju pod odredjenim klimatskim uslovima, posebno kod temperaturnih inverzija vazdušni h slojeva iznad industrijsko-urbanih aglomeracija. U takvim okolnostima, čvrste čestice preuzimaju i ulogu transportnog sredstva i ulogu katalizatora. Na primer, sumpordioksid, kao gas prodire samo do gornjih i srednjih disajnih puteva, a preko čvrstih čestica dospeva čak do plućnih mehurića. Osim toga, na površini čvrstih čestica sumpordioksid se može pretvoriti u još otrovniji sumportrioksid ili čak u sumpornu kiselinu. Na sličan način čvrste čestice pojačavaju i delovanje drugih štetnih materija. [↑](#footnote-ref-27)
27. Tokom vlažnog zimskog razdoblja, nošeni zapadnim vetrom, otpadni gasovi pomenutog rudarskog kompleksa odlaze pravo ka Kosmaju, taložeći teške metale u četinama crnog bora. To je objašnjenje zašto posmatrane listopadne vrste (bukva, hrast, klen i trešnja) u svojim stablima imaju nekoliko puta nižu vrednost nikla u odnosu na crni bor. Naime, tokom zimskog perioda ove biljke miruju (ne listaju) što znači da je mogućnost apsorpcije teških metala koji dolaze od termoelektrane Kolubara višestruko umanjena. Nasuprot tome, u letnjem periodu, ova stara termoelektrana, zbog remonta, najveći deo vremena ne radi, a i ruža vetrova je potpuno drugačija nego zimi, pa listopadne biljke sa Kosmaja, iako intenzivno listaju, opet nemaju priliku da u svojim stablima ”natovare” previše teških metala. Stanković, D., Božović, S., Zečević, R. (2013): *Biljke kao bioindikatori stnja životne sredine,* ECOLOGICA 21, br. 74, Beograd, 2014, str. 138 [↑](#footnote-ref-28)
28. Najštetniji sastojci pepela koji degradiraju zemljište jesu kalcijum-oksid (CaO) i jedinjenja aluminijuma i gvoždja koja često sadrže fosfor i arsen. Taloženje veće količine pepela u dužem periodu dovodi do povećanja vrednosti pH (kiselosti), kao i sadržaja nekih drugih elemenata kao što su bor, mangan, arsen i kadmijum. Detaljnije videti u: Marković Goran, Pavlović Milan: “Rizik kao posledica emisije polutanata iz mega termoenergetskih objekata”, ENERGETSKE TEHNOLOGIJE, Godina 3, broj 4, str. 51-54. [↑](#footnote-ref-29)
29. Stojanović D. i dr: "Neki rezultati trogodišnjeg praćenja nivoa toksičnih elemenata u okolini površinskihkopova i termoelektrana IEK Kostolac", ECOLOGICA, 3(1996), str.28 [↑](#footnote-ref-30)
30. Vuković Ž., Mandić. M.: "Contamination of the soil and ground water by radionuclides from ash repositoryof coal-fired power plants", *I Regional Symp: Chemistry and Environment,* Vrnjačka Banja, Proceedings 2, (1995) [↑](#footnote-ref-31)
31. Istovremeno, potreba organizama za kiseonikom deset puta je veća u vodi od 30o C nego u vodi od 5o C,Videti: Gereke Z.: isto, str. 204 [↑](#footnote-ref-32)
32. Đukanović Mara: "Ekološki izazov", Elit, Beograd, 1991. str. 129 [↑](#footnote-ref-33)
33. Da bi se velika emisija redukovala na nekih 400 mg/m3 (što predstavlja prosečnu graničnu vrednost dozvoljenih emisija u svetu), treba sniziti emisije SO2 čak do 90%. Videti: Cvijović R., Pocajt V.: "Kritički pregled tehnologija odsumporavanja", ECOLOGICA, 5 (1998), str.15 [↑](#footnote-ref-34)
34. Desulfurizacija će biti izvršena primenom vlažno-krečnjačke tehnologije. Nusproizvod odsumporavanja - komercijalni gips, prema procenama, iznosiće oko 400.000 tona godišnje.Vuković, M. (2014): *Krajnji rok za dostavljanje ponuda 19. maj 2014,* TENT, List privrednog društva „Termoelektrane Nikola Tesla“ d.o.o, Obrenovac, br. 518, str. 15*.* [↑](#footnote-ref-35)
35. Miljević V.- Stojić M.: "The new technologies to clean up the flue gas from SO2 and NOx" *Chemistry and Environment,* Proceedings 2, 1995. Vrnjačka Banja, str. 735-738 [↑](#footnote-ref-36)
36. Na osnovu studije koja je uradjena za energane na ugalj za 6 zemalja (Austriju, Finsku, Dansku, Nemačku, Švedsku i SAD), dobijen je široki raspon, zasnovan na neto proizvodnji električne energije. Tako gubici pri suzbijanju emisija čestica SO2 i NOx iznose od 0,9% do 3,9%. Videti: Cvijović R., Pocajt V.: isto, str.18 [↑](#footnote-ref-37)
37. Pavlović N.: "Čiste tehnologije uglja i životna sredina", ECOLOGICA, 5(1998), str. 29 [↑](#footnote-ref-38)
38. Naime, sredinom leta 2013. godine, došlo je do iznenadne olujne nepogode, pri kojoj se, u vremenu od samo dva poslepodnevna sata, po najvećoj vrućini, nebo nad Obrenovcem skoro pomračilo od leteće prašine sa pepelišta. Šokirani stanovnici su pomislili da je iznenada pala noć! Na svu sreću, ljudskih žrtava nije bilo. Nevreme je kratko trajalo, tako da su nadležne službe ubrzo sanirale neposrednu štetu. Nedugo potom, početkom jeseni, cela deponija pepela, uz pomoć velikog broja kamiona, prekrivena je slojem zemlje, debljine 17 cm, na kojem je posađena trava, sa ciljem da svojim žilama ubuduće čvršće pridržava novonasutu zemlju. [↑](#footnote-ref-39)
39. Isplačni mulj predstavlja kompleksnu suspenziju koja sadrži veliki broj komponenti (aditiva) sa ciljem olakšanja procesa bušenja. Posle određenog vremena, sa njenim zaprljanjem, isplaka gubi svoje korisne osobine i mora se odlagati. Složeni hemijski sastav iskorišćene isplake, a naročito nepovoljna vrednost pH, čine je velikim problemom za bližu okolinu. [↑](#footnote-ref-40)
40. Ugroženi su posebno rakovi i školjke. Razlivena nafta onemogućava razmnožavanje planktona, uništava biljni svet u priobalnim delovima, a istovremeno i životinjski, čime dolazi do prekida u prirodnom lancu ishrane. Videti: Đukanović Mara: isto, str. 126 [↑](#footnote-ref-41)
41. Nafta dospeva na površinu vode ili posebnim akcidentalnim situacijama, ili iscurivanjem zbog loših uređaja ili prilikom pretovara. Nije redak slučaj da se to dešava i iz nehata ili neodgovornog rukovanja (kao naprimer ispiranje uređaja ili namerno prosipanje taloga). [↑](#footnote-ref-42)
42. Milićević Goran: *Urbana ekonomika,* Ekonomski fakultet Beograd, 1990, str. 104 [↑](#footnote-ref-43)
43. Commoner Barry.: *The Closing Circle*, Bantam Book, 1972, p.36 [↑](#footnote-ref-44)
44. Antić D., “Nuklearna energetika danas i neke prognoze za njenu budućnost”, *Elektroprivreda*, br. 3. 1996, str. 30 [↑](#footnote-ref-45)
45. Internet stranica: sr.wikipedia.org/sr/nuklearna\_fuzija [↑](#footnote-ref-46)
46. Ajdačić Vladimir: *Nauka kao bajka 2,* Zlatna knjiga, Beograd, 2000., str. 171-173 [↑](#footnote-ref-47)
47. ”U šuplji prsten ”tokamaka”, koji je nalik na džinovski đevrek, uvodi se gas-smeša deuterijuma i tricijuma, kroz koji se u kratkom vremenu propuštaju struje od više miliona ampera. Prolazak struje dovodi do stvaranja plazme, koja se pregreva i zbog delovanja električnih sila (đevrek se nalazi u snažnom magnetnom polju) sažima u ”konac”. U tom plazmenom koncu vladaju fantastične temperature i pritisci. Zbog toga se u njemu dešava veliki broj sudara atomskih jezgara, pri čemu dolazi do njihovog sjedinjavanja – fuzije, uz oslobađanje velikih iznosa energije.” Ajdačić Vladimir: ”Nauka kao bajka 1”, Zlatna knjiga Beograd,, 1998, str. 72 [↑](#footnote-ref-48)
48. Patersom V., *Nuklearna moć,* Rad, Beograd, 1987, str. 85-90 [↑](#footnote-ref-49)
49. Antonović A., "Prilog objektivnijem prikazivanju zagadjenja prirodne sredine izvorima jonizujućeg zračenja", *ECOLOGICA* 4, str. 38-42, 1997. [↑](#footnote-ref-50)
50. Videti: Gržetić I., Jelenković, R.: “Uranska mineralizacija Stare Planine (Kalna) i procesi kontaminacije”, ECOLOGICA, 1/1994, str. 14–23 [↑](#footnote-ref-51)
51. O radioizotopima koji su otišli u vazduh, odakle su putem atmosferskih prilika lancem ishrane brzo prešli u namirnice životinjskog porekla, bilo je reči u mnobrojnim napisima i studijama. Neki od najopasnijih radioizotopa jesu cezijum 134 (poluraspad 2,1 god.), cezijum 137 (30 god.), stroncijum 90 (29 god), a pre svega plutonijum 239 (24.000 god.). Detaljno videti u Đukanović Mara: *Ekološki izazov*, Elit, Beograd. 1991. str. 136-143 [↑](#footnote-ref-52)
52. *Visokoradioaktivni* otpad ima specifičnu aktivnost od preko 5 x 1014 Bq/m3. Procenjuje se da je 1995. godine u SAD bilo više od 20.000 metričkih tona istrošenog goriva u bazenima na nuklearnim elektranama. Tome treba dodati 8.000 tona radioaktivnog otpada iz vojnih programa i 50 – 100 tona ”viška” plutonijuma iz nuklearnih bojevih glava. Videti u: Vujić Jasmina: ”Radioaktivni otpad u SAD” ECOLOGICA 6 (1999), str. 64-65 [↑](#footnote-ref-53)
53. U Nemačkoj je 1995. godine oko 50 miliona DM potrošeno za obezbeđivanje transporta radioaktivnog otpada iz francuskog postrojenja za preradu istrošenog goriva Hagu do rudnika soli u Gorlebenu (Nemačka). Videti: Stojanović M.: ”Rat oko Gorlebena”, ”Politika”, 09. maj. 1996. [↑](#footnote-ref-54)
54. Jedan od razloga je hipoteza o autokatalitičkoj eksploziji plutonijuma u pozemnom skladištu. Dvojica naučnika iz zloglasne američke nuklearne laboratorije Los Alamos, početkom 1995. godine su upozorila da odlaganje ”viška” plutonijuma sa bojevih glava projektila (a verovatno i istrošenog goriva iz nuklearnih elektrana) u podzemna skladišta, može, pod određenim uslovima, dovesti do kritičnosti sistema i eksplozije u kojoj bi se oslobodila ogromna količina energije. (Vujić Jasmina: Isto, str. 65.) [↑](#footnote-ref-55)
55. Ovo skladište, nazvano WIPP (Waste Isolation Pilot Program), za prvih deset godina novog milenijuma u svoja nedra je pohranilo oko 60.000m3 radioaktivnog otpada iz američkih nuklearnih elektrana. Vujić Jasmina: ”Sustainable Nuclear Power: Challenges and Opportunities”, Energija, Ekonomija, Ekologija, Broj. 3-4 / godina XI, Mart 2009, str. 15 [↑](#footnote-ref-56)