

Z

ZAŠTITA OKOLIŠA, djelatnost u vezi sa sprečavanjem zagađivanja okoliša i racionalnom upotrebom njegovih prirodnih bogatstava. Pod *okolišem* se razumije ukupno čovjekovo materijalno okruženje, a čine ga živa priroda (flora, fauna) i neživa priroda (zrak, vode, tlo) te ljudske tvorevine (naselja, prometnice, industrijska postrojenja i proizvodi).

Manji, prostorno određen dio okoliša naziva se *ekosustav*. To je osnovna organizacijska jedinica prirode sa sposobnošću samo-regulacije i samoobnove, a čine je svi živi organizmi tog područja, uključujući i čovjeka, te njihov pripadni neživi okoliš s kojim su u stalnoj dinamičkoj interakciji mnogostruko povezani izmjenom tvari i energetskim tokovima.

Međunarodna unija za zaštitu prirode uvela je u praksu sljedeću kategorizaciju ekosustava:

Prirodni ekosustav ima visok stupanj biološke raznovrsnosti, (biodiverziteta, broja i učestalosti pojedinih živih vrsta), te je stoga i sposoban za obnavljanje i samoregulaciju. Odlikuje se i velikim omjerom autohtonih živih vrsta prema onima uvedenim iz drugih ekosustava ili stvorenih ljudskom djelatnošću. Prirodni ekosustavi stvaraju uvjete za život na našem planetu.

Modificirani ekosustav sadrži nizak, ali podnošljiv stupanj ljudske intervencije, npr. uvođenje održivog broja uzgojenih biljnih ili životinjskih vrsta potrebnih za poljoprivredu, šumarstvo, uzgoj divljači ili stoke.

Kultivirani ekosustav jest sustav intenzivne ljudske djelatnosti na pogodnim tlima, npr. poljoprivrednim, šumarskim, parkovnim, a u kopnenim i morskim vodama to je sustav intenzivne akvakulture (ribnjačarstvo, školjkarstvo). Zajedničko im je obilježje malo odabranih biljnih ili životinjskih vrsta uz stalnu čovjekovu intervenciju.

Izgrađeni ekosustav ističe se rezultatima ljudske djelatnosti sviju vrsta: izgradnjom naselja i gradova, uređenjem rijeka, jezera ili morske obale, izgradnjom prometnica i industrijskih postrojenja. Osim na kopnu, izgrađeni ekosustav postoji i na moru, npr. bušači tornjevi i platforme za dobivanje nafte i prirodnog plina, koji se danas grade u obalnom pojasu do 200m dubine mora. Posljedica je izgrađenih ekosustava smanjenje biodiverziteta, jer se samo neke vrste prilagođuju ljudskim djelatnostima u tom prostoru. Mnogi izgrađeni ekosustavi prikladno su promijenjeni prirodni ekosustavi, npr. navodnjene pustinje.

Degradirani ekosustav odlikuje se velikim opterećenjem građevinama ili industrijskim postrojenjima i njihovim otpadom, ili je nastao prekomjernim iskorištavanjem prirodnih izvora (rudarenje, sječa šuma), ili je u njima kao posljedica velike koncentracije zagađivala smanjen broj i učestalost živih vrsta. Degradirani su ekosustavi i proširena pustinjska područja nastala prekomjernim iskorištavanjem bilja ili odvođenjem voda tehničkim sredstvima u druga područja.

Problemima ekosustava bavi se znanstvena disciplina *ekologija*. Klasična (biološka) ekologija proučava odnose među or-

ganizmima i odnose organizama s njihovim fizičkim (neživim) okolišem. Socijalna se ekologija bavi ljudima i međuljudskim odnosima te odnosima čovjeka i njegovih zajednica prema njihovom prirodnom i stvorenom okolišu. Uvjetovanost odnosa gospodarstva i iskorištavanja prirodnih bogatstava, odnosno ekonomije i okoliša, predmetom je istraživanja ekonomske ekologije (katkad nazivane i ekološkom ekonomijom). Rezultati ekoloških istraživanja tvore osnovicu podataka za zaštitu okoliša, suzbijanje zagađivanja i racionalno iskorištavanje prirodnih izvora.

Zagađivanje i onečišćavanje okoliša. U vezi s okolišem valja razlikovati zagađivanje od onečišćavanja.

Zagađivanjem (engl. pollution) naziva se ljudskom djelatnošću uzrokovano unošenje *zagađivala* (tvari ili energije) u okoliš, koje uzrokuje štetne posljedice za živa bića i za ljudsko zdravlje, onemogućuje ili ometa tradicionalne ljudske djelatnosti, smanjuje kvalitetu zraka, vode ili tla, te općenito smanjuje opću ili estetsku vrijednost prirodnih ekosustava ili izvora dobara. Izvori (uzročnici) zagađivanja nazivaju se *zagađivačima*.

Onečišćavanjem (engl. contamination) naziva se pojava neke tvari u okolišu u nekom određenom mjestu, vremenu i koncentraciji, koja nije posljedica nekog trajnog stanja i koja ne uzrokuje štetu kako je definirana uz zagađivanje. Takva se tvar zove *onečišćavalom*, a izvor (uzročnik) onečišćavanja naziva se *onečišćavačem*.

Onečišćavanje se nastoji spriječiti jednako kao i zagađivanje, ali ih valja razlikovati i uočiti njihovu uzročno-posljedičnu vezu. Tako se, npr., primjena umjetnih gnojiva ili sredstava za zaštitu bilja radi povećanja plodnosti tla i zaštite usjeva od štetočina može smatrati onečišćavanjem (ako se shvaća kao nužno zlo), ali ne i zagađivanjem. Ako se takve tvari nanose na tlo ili unose u tlo, vodu ili zrak u velikim količinama, a time i u velikim koncentracijama, te ako npr. dospiju u površinske ili podzemne vode kojima se napajaju bunari s pitkom vodom, onda te iste tvari uzrokuju zagađivanje.

U navedenim definicijama treba uočiti da se zagađivanje povezuje s dokazivim nastajanjem štete ili smanjenjem dobrobiti. Pritom je ustanovljavanje, odnosno dokazivanje štetnog utjecaja na okoliš ili dio okoliša moguće ne samo ljudskim osjetilima već prije svega instrumentalnim mjernim tehnikama prirodnih znanosti (fizike, kemije ili biologije), odnosno matematičkim statističkim metodama, ako se šteta ustanovljuje na ljudskim ili drugim prirodnim zajednicama ili populacijama.

Pravni sustav strogo razlikuje ta dva pojma: onečišćavanje ne može biti predmetom kaznenoga gonjenja, dok se za zagađivanje može izreći kazna, tj. mogu se propisati sanacijske mjere na teret zagađivača. Sve više zemalja razvija zakonsku regulativu koja se u svom kaznenom dijelu poziva na načelo da zagađivač plaća. Iako je to načelo samo djelomično ostvarivo, zakonska se prisila zasniva na dokazanoj šteti ili na prekoračenju graničnih vrijednosti ispuštanja zagađivala u atmosferu, vode ili u tlo.

Definicija zagađivanja važna je stoga što se zagađivanje okoliša može spriječiti jedino u okviru zakonskog sustava svake pojedine države, te pravnog sustava koji vrijedi u međunarodnim odnosima, kojima se od degradacije štiti takva općeljudska svojina kao što su mora i oceani ili čitavi kontinenti, npr. Antarktika.

Tvari u prirodi i izvori zagađivanja i onečišćavanja. S obzirom na podrijetlo razlikuju se *prirodne* i *stvorene* (antropogene) tvari. U prirodne se tvari ubrajaju svi prirodni elementi i njihovi jednostavni spojevi (soli i sl.), te vjerojatno više od milijun organskih kemijskih spojeva i njihovih razgradnih proizvoda, koje je stvorila priroda i kojih kruženje u prirodni čini osnovicu života. U tu skupinu ulaze sastavni spojevi svih živih bića, te oni koji nakon prestanka njihova života nastaju kemijskom, biokemijskom ili biološkom (bakteriološkom) razgradnjom. Priroda kontrolira odnose živog i neživog svijeta. Ono što se obično naziva prirodnom ravnotežom zapravo je samo stacionarno, tj. privremeno uravnoteženo stanje u kojem je koncentracija tvari (omjer količine tvari i mase nosioca ili obujma vode ili zraka) toliko malena koliko je potrebno da se neka živa vrsta, uključujući i čovjeka, održi na životu. Priroda ujedno stvara životne (biotičke) ili nežive (abiotičke) mehanizme koji uklanjaju štetne tvari iz okoliša, bilo razgradnjom (npr. naftnih ugljikovodika) u neopasne tvari, bilo da se te tvari vezivanjem na tlo ili morsko dno uklanjaju iz kruženja u okolišu.

Izvori onečišćavanja i zagađivanja mogu također biti *prirodni* (vulkani, fumarole, stijene koje sadrže metale, npr. živu, kadmij ili uran) ili *stvoreni* (antropogeni: industrijska postrojenja, industrijski proizvodi, spremni proizvodi i istrošeni proizvodi, bušotine i transportni uređaji za naftu, prometna sredstva, posebno automobili, tankeri i dr.).

Prirodni i stvoreni izvori onečišćavanja dijele se na *jednoizvorišne* (engl. point sources), tj. takve za koje se izvorište, njegova veličina i vrsta zagađivanja može sa sigurnošću indentificirati, i *disperzne* (engl. diffuse sources), za koje takva identifikacija nije moguća. Tipičan je jednoizvorišni uzrok onečišćavanja ili zagađivanja neko industrijsko postrojenje dok su disperzni izvori onečišćavanja velika naselja, gradovi ili turistička središta. Otpadne vode velikih gradova posebno su složen problem jer sadržavaju gotovo sva poznata zagađivala, od iona teških metala do toksičnih organskih spojeva. Danas su još uvijek u manjini gradovi koji su izgradili sustav i postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda, a i tada su rijetko obuhvaćene sve otpadne vode, pogotovo voda iz kućanstava. I čvrsti gradski otpad predstavlja nepredvidivu smjesu zagađivala, koja kao otpadni predmeti svakodnevnog upotrebe dospijevaju na odlagališta ili smetišta.

Granica između onečišćenja i zagađenja određena je numeričkim *graničnim vrijednostima* ili najvećom dopuštenom koncentracijom neke tvari u zraku, vodama, tlu ili u nekim proizvodima, posebice onima namijenjenim ljudskoj prehrani. Te se vrijednosti određuju na osnovi znanstvenih istraživanja u kemiji, biokemiji i toksikologiji (odnosno ekotoksikologiji) i utvrđuju se zakonima ili podzakonskim propisima. Propisi se odnose zasebno za zrak, vodu i hranu (prirodno uzgojenu, npr. voće, ili ribu i prerađevine) i danas se sve oštrije, sankcijama i gospodarskim mjerama, inzistira na njihovu pridržavanju. U tablici 1 navedeni su tipični primjeri propisa o najvećim dopuštenim koncentracijama nekih plinova, metala i organskih spojeva u zraku i vodi. Tvar se smatra *onečišćavalom* ako se nalazi u koncentraciji manjoj od dopuštene, odnosno *zagađivalom* ako je njezina koncentracija veća od dopuštene.

Podaci su citirani prema propisima koji su vrijedili početkom 1993. godine. U vrijeme pripreme ovog članka zakonodavstvo i propisi u Republici Hrvatskoj usklađuju se s onima u Europskoj zajednici, odnosno s propisima Svjetske zdravstvene organizacije. Vrijednosti nemaju trajno važenje i prilagođuju se razvitku znanstvenih spoznaja te zahtjevima zaštite okoliša i ljudskog zdravlja.

Prema suvremenim shvaćanjima zaštita je okoliša mnogo složenija od neposredne zaštite ljudskog zdravlja, odnosno života. Danas se propisi i norme u vezi s kvalitetom okoliša mijenjaju ako se dokaže da je neka druga vrsta, biljka ili životinja, ugrožena koncentracijom zagađivala koja je za čovjeka podnošljiva. Primjer je tome kvaliteta zraka, gdje su propisi izrazito strogi: dopuštene su koncentracije znatno smanjene pošto je ustanovljena

uzročno-posljedična veza između kiselih kiša i naglog odumiranja šuma.

Tablica 1
NAJVEĆA DOPUŠTENA KONCENTRACIJA NEKIH TVARI U ZRAKU I VODI

Medij i onečišćavalo	Vrijednost
<i>Zrak</i>	
Sumporni dioksid (SO ₂)	140 μg/m ³ (srednja vrijednost u 30 min)
Dušični(IV) oksid (NO ₂)	200 μg/m ³
Olovo (kao tetraetilolovo)	2 μg/m ³
Tritij (³ H)	5 × 10 ³ Bq/m ³
Cezijev radionuklid ¹³⁷ Cs	10 Bq/m ³
Jodni radionuklid ¹³¹ I	5 Bq/m ³
Stroncijev radionuklid ⁹⁰ Sr	0,4 Bq/m ³
<i>Voda, kopnena, I. kategorije</i>	
Bakar	0,01 mg/dm ³
Cink	0,1 mg/dm ³
Živa	0,0002 mg/dm ³
Kadmij	0,0001 mg/dm ³
Olovo	0,01 mg/dm ³
Fosfati (PO ₄ ³⁻ , kao fosfor)	0,1 mg/dm ³
Nitrati (NO ₃ ⁻ , kao dušik)	10 mg/dm ³
Fenol	0,001 mg/dm ³
Ugljikovodici (kao nafta)	0,01 mg/dm ³
DDT (pesticid)	0,00001 mg/dm ³
Dioksin (2,3,7,8-tetraklordibenzodioksin)	4,5 × 10 ⁻¹⁰ mg/dm ³
Broj koliformnih bakterija u vodi za kupanje (na plaži)	10 000/100 mL

Nadzor nad stanjem okoliša. Od svih se zemalja danas zahtijeva nadzor (engl. monitoring) nad stanjem okoliša i redovito javno objavljivanje rezultata. Nadzor se sastoji od mjerenja koncentracije izabranih tvari (*indikatora*) karakterističnih za utvrđivanje stanja okoliša. Međunarodnim su dogovorom utvrđeni učestalost i metodologija uzorkovanja, način obradbe uzoraka i mjerna tehnika, kako bi se podaci dobiveni na različitim mjestima mogli međusobno uspoređivati. Postoje i stalni međunarodni programi za međusobno uspoređivanje tehnika nadzora (tzv. interkalibracija). Objavljuju se dnevni, mjesečni i godišnji podaci o koncentraciji indikatora u zraku, vodi i tlu.

Zaštita zraka. Plinoviti otpad, ispušni plinovi ložišta, vozila i industrijskih postrojenja, smanjuje kvalitetu zraka u velikim gradovima, pogotovo u središtima teške industrije. Glavnim se zagađivalima zraka smatraju sumporni dioksid, dušikovi oksidi, ugljikovodici, te lebdeće čestice ugljika, silikata ili sitne kapljice (magla) sumporne i dušične kiseline.

U Hrvatskoj je zagađenost zraka kritična u industrijskoj zoni grada Siska (željezara, rafinerija nafte) i Zagreba (istočna industrijska zona). U svijetu je najveća zagađenost zraka zabilježena krajem 1980-ih godina u graničnom dijelu Njemačke, Češke i Poljske, u području ugljenokopa, termoelektrana na ugljen i željezara, odnosno čeličana.

Uklanjanje zagađivala zraka složen je problem. Filtri na dimnjacima mogu ukloniti najveći dio čvrstih lebdećih čestica. Za uklanjanje sumpornog dioksida i drugih kiselih plinova (klor, dušikovi oksidi) potrebni su posebni uređaji. Uglavnom se to tehnološki rješava ispiranjem plinova vodom uz dodatak lužnatih sastojaka, npr. vapna. Tada se u osnovnom ili kemijski izmijenjenom obliku ta ista zagađivala pojavljuju u vodotocima kao kalcijeve soli pripadnih kiselina, a samo uz velike koncentracije sumpornog dioksida (npr. pri spaljivanju ugljena iz Labinskog bazena u Istri) nastali se kalcijev sulfat ili sulfat taloži i odlaže. S vremenom sav taj otpad djelovanjem kiše završava u nadzemnim ili podzemnim vodama ili u moru. To je, zapravo, primjer kako se zaštitom jednog dijela okoliša (zrak), ili dijela lokalnog ekosustava, opterećuje njegov drugi dio (vode).

Vozila s motorima s unutrašnjim izgaranjem (automobili, privredna vozila, traktori, poljoprivredni strojevi) veliki su zagađivači zraka. Uvođenjem bezolovnog benzina uklonilo se

zagađivanje olovom, a uvođenjem katalizatora za katalitičku oksidaciju ugljičnog monoksida i neizgorenih ugljikovodika smanjilo zagađenje zraka u velikim gradovima. U suvremenim je motorima smanjena količina dušikovih oksida koja nastaje izgaranjem goriva. Isto se tako smanjuje proizvodnja i potrošnja fosilnih goriva s velikim udjelom sumpora ili se on uklanja u procesu predobradbe (npr. nafte u rafinerijama). Navedeni primjeri pokazuju da su za djelotvornu zaštitu zraka potrebna složena tehničko-tehnološka rješenja.

Zaštita tla. Tlo, posebno poljoprivredno zemljište, šume i pašnjaci, u čitavom su svijetu zadnjih desetljeća izloženi prekomjernom iskorištavanju, što ugrožava opstanak i prehranu novih ljudskih populacija. Stoga zaštita tla postaje sve važnijim dijelom opće zaštite okoliša.

Pokušaj stvaranja novih poljoprivrednih zemljišta krčenjem tropskih prašuma u Južnoj Americi (područje rijeke Amazone) primjer je pogrešno vođene razvojne politike, i to posebno od Svjetske banke za obnovu i razvitak. Pokazalo se da tropske prašume rastu na tlima s vrlo plitkim humusnim slojem, koja nakon uklanjanja šuma intenzivno erodiraju. Jednake posljedice, iako u drukčijim početnim uvjetima, opažene su i u Europi, pa i u ravničarskim područjima u Hrvatskoj. U zadnja se tri desetljeća kvalitetno poljoprivredno zemljište sve više pretvara u građevinsko radi gradnje naselja i industrijskih objekata.

Intenzivna poljoprivreda, koja zahtijeva velike količine umjetnih gnojiva i kemijskih sredstava za zaštitu bilja, postupno uništava tlo. Zasoljavanje i zakiseljavanje tla već uzrokuju mjestimično smanjivanje prinosa; taj gubitak, odnosno šteta, ulazi u kategoriju zagađivanja. Često se zbog tržišnih uvjeta degradirana poljoprivredna zemljišta napuštaju ili se prepuštaju za druge svrhe i time se nepovratno gube znatni dijelovi kultiviranih ekosustava. Zbog toga se danas, iako sporo, svuda u svijetu nastoji uvesti poljoprivredna tehnologija kojom će se u mnogo većoj mjeri štiti tlo.

Zaštita tla postiže se integralnim pristupom gospodarenju prirodnim bogatstvima, a jednostavnih rješenja nema. U Zapadnoj Europi, tj. u Europskoj zajednici, odlučeno je 1993. da se postupno 50 milijuna ha poljoprivrednog zemljišta isključi iz proizvodnje, što je moguće u područjima koja proizvode višak hrane. Plodoredom i tehnologijama tzv. organske poljoprivrede smanjuje se upotreba umjetnih gnojiva i sredstava za zaštitu bilja, čime se sprečava kemijska degradacija tla. Inženjerskim i hidroinženjerskim zahvatima štiti se tlo od mehaničke erozije, bilo zbog poplava ili zbog izvjetravanja u sušnim razdobljima. Primjenom suvremene tehnologije za obradbu ili recikliranje čvrstog otpada smanjuje se potreba za njegovim odlaganjem i time štiti i tlo i podzemne vode. Izborom prikladne politike gospodarenja prostorom sprečava se neracionalno širenje urbanih središta, ili npr. u Hrvatskoj urbanizacija jadranske obale, te nekontrolirana upotreba prirodno vrijednog prostora.

Tlo i podzemne vode. Tlo, posebno kultivirano zemljište, nerazdvojno je povezano s podzemnim vodama, koje ne samo što tvore osnovu poljoprivredne proizvodnje već su i nenadoknadiv izvor pitke vode. Stoga treba spriječiti da umjetna gnojiva i sredstva za zaštitu bilja dospiju u podzemne vode i učine ih neupotrebljivima. Tlo ima sposobnost vezivanja tih tvari, ali njihovim nagomilavanjem ono se ubrzo zasićuje, pa se nove količine dodanih umjetnih gnojiva ili sredstava za zaštitu bilja više ne vežu, nego ih tlo propušta u podzemne vode. Ta se pojava zasićivanja tla kemikalijama i njihova ispiranja u podzemne vode naziva *kemijskom tempiranom bombom* i smatra se jednim od ključnih problema zagađivanja okoliša.

Zaštita voda. Vode su u ekološkom smislu najopterećeniji i najugroženiji, ali i najvažniji dio globalnog ekosustava. Nadzemne kopnene vode, rijeke i jezera, u najvećem su dijelu nastajenih područja onečišćene do mjere koja ugrožava njihovu upotrebnu vrijednost.

Vode se prema zakonodavstvu u pojedinim zemljama razvrstavaju u kategorije koje označuju njihovu podobnost za upotrebu, a za svaku se kategoriju propisuju najveće dopuštene koncentracije pojedinih onečišćavala, odnosno zagađivala.

U I. kategoriju pripadaju vode koje se u svom prirodnom stanju ili nakon dezinfekcije mogu upotrebljavati za piće i u prehrambenoj industriji, a površinske vode i za uzgoj plemenitih

vrsta riba; u II. kategoriju idu vode koje se u prirodnom stanju mogu upotrebljavati za kupanje i rekreaciju, za športove na vodi, za uzgoj drugih vrsta riba, ili koje se nakon pročišćavanja mogu upotrebljavati za piće i za potrebe industrije koja treba čistu vodu; u III. kategoriji su vode koje se u svom prirodnom stanju ili nakon pročišćavanja mogu upotrebljavati u poljoprivredi i u industriji koja ne treba posebno čistu vodu; u IV. kategoriji su sve ostale vode.

Zaštita voda djelatnost je kojom se u pojedinim zemljama bave posebne upravne službe. One se većinom brinu za nadzemne i podzemne vode te priobalno more, za zaštitu od poplava, u njihovoj je nadležnosti izdavanje dozvola za gradnju brana i spremnika, odnosno akumulacijskih bazena, daju dozvole za upotrebu voda za navodnjavanje poljoprivrednih zemljišta te pitkih voda za potrebe stanovništva. Voda za piće može se proizvesti od svake od prvih triju navedenih kategorija kvalitete, ali uz strogo propisane uvjete obradbe, odnosno pročišćavanja, kako bi se zadovoljile vrlo stroge norme koje propisuje Svjetska zdravstvena organizacija, ili, za Europu, Komisija Europske zajednice. Hrvatska se nužno mora pridržavati tih normi, a u nekim slučajevima uvoditi i vlastite, još strože propise.

Zaštita okoliša kontrolom ispuštanja otpadnih voda. Zaštita od zagađivanja otpadnim vodama iz industrijskih postrojenja i naselja postiže se kontrolom koncentracije zagađivala u njima i obradbom voda prije ispuštanja u okoliš (v. *Otpadne vode*, TE 10, str. 75). U tom je smislu većina zemalja donijela propise o graničnim vrijednostima koncentracija zagađivala u otpadnim vodama koje se ispuštaju u vodotokove. Posebno su važni propisi što ih je donijela Europska zajednica 1976. godine i koji su poznati pod nazivom *jedinstvenih normi emisije* (engl. Uniform emission standards). Poticaj za donošenje normi bili su problemi ujednačavanja uvjeta obradbe otpadnih voda istovrsnih industrija u raznim zemljama Zajednice. U tom su pogledu važne norme za najveće zagađivače voda, a to je kemijska industrija, posebno rafinerije nafte, tvornice celuloze i papira, te šećerane. Njihove se otpadne vode svakako moraju obraditi i zagađivala ukloniti do zakonom dopuštene koncentracije.

Troškovi obradbe otpadnih voda mogu se znatno smanjiti ako se spriječi ili smanji zagađivanje voda već u izvorištima zagađivanja prilikom njihove upotrebe.

Zaštita od buke. Buka se smatra ozbiljnim zagađivačem okoliša, kolikogod su njezine posljedice kratkotrajne, a izvorišta se mogu lako ustanoviti. Europska zajednica donijela je niz direktiva glede suzbijanja buke. Tako se sedam direktiva odnosi na automobile, dvije na motorkotače, jedna na poljoprivredne strojeve, tri na građevinske strojeve, odnosno gradilišta, dvije na kompresore, jedna na zrakoplove koji lete brzinom manjom od brzine zvuka, a po jedna na generatore, ručni alat i razbijače betona, kosilice za travu i kućanske aparate. Brojčane vrijednosti dopuštene razine buke nisu uvijek strogo propisane, ali se industriji sve češće nameću ograničenja za proizvode svakodnevne upotrebe te se zahtijeva da se kupci unaprijed obavijeste o bučnosti proizvoda.

Zaštita od unošenja energije i ionizirajućeg zračenja u okoliš. Energija se u okoliš ispušta na različite načine. Jedan su od izvora ispuštanja energije u okoliš elektroenergetska postrojenja, koja zahtijevaju hlađenje vodom ili zrakom. Postrojenja hlađena vodom grade se na obalama rijeka ili mora, a topla se voda ispušta u vodotoke. Propisi kojima se štiti okoliš dopuštaju razliku od 7°C između ulazne i izlazne rashladne vode. Zbog lokalnih uvjeta na rijeci Savi, propisi za nuklearnu elektranu Krško dopuštaju razliku od tek 3°C.

Izvori ionizirajućeg zračenja, npr. tzv. kobaltne bombe s radioaktivnim kobaltom, ostali radionuklidi za medicinsku dijagnostiku i radioterapiju, izvori radioaktivnog cesija za industrijsku namjenu, također se mogu smatrati izvorima ispuštanja energije u okoliš. Stoga se oni propisima strogo kontroliraju, njihovo je odbacivanje u okoliš zabranjeno, a ograničenja u redovitoj upotrebi izražavaju se najvećim dopuštenim vrijednostima doza zračenja kojima smiju biti izloženi ljudi koji s tim izvorima rade ili dolaze u dodir. Slični propisi vrijede za izvore rendgenskog zračenja i za elektronske akceleratora koji služe u razne industrijske ili zdravstvene svrhe.

Telekomunikacijski uređaji (radio, televizija, radar, mikrovalni komunikacijski uređaji) stvaraju elektromagnetna polja za

koja ima naznaka da su štetna za ljudsko zdravlje, no danas još nema jasnih odrednica niti zakonske regulative za zaštitu.

Treba spomenuti i Sunčevo ultraljubičasto zračenje, koje je na južnoj hemisferi posebno pojačano zbog gubitka stratosferskog ozonskog sloja i pojave tzv. ozonske rupe (v. *Zrak*). Neposredna je zaštita, barem za ljude, izbjegavanje izlaganja tom zračenju. Dugoročno je potrebno uvesti mjere opreza i zabraniti proizvodnju kemikalija koje razaraju ozonski sloj. Do sada je međunarodna regulativa obuhvatila samo freone (klorfluoralkane), iako je poznato da su i metan (glavna su antropogena izvorišta rižina polja i goveda) i ugljični dioksid (dolazi u stratosferu iz ispušnih plinova mlaznih zrakoplova) uzročnici ozonskih rupa.

Strategije razvitka i zaštite okoliša. Posljednjih nekoliko desetljeća, u razdoblju ekološki neracionalne industrijalizacije i urbanizacije, u većini zemalja gospodarski napredak nije ispunio sva očekivanja, a okoliš pokazuje znakove ozbiljne degradacije. To se posebno odnosi na zemlje bivšega socijalističkog bloka središnje i istočne Europe, iako ni tržišni mehanizmi u mnogim visokorazvijenim industrijskim zemljama Zapada nisu riješili kritične probleme.

Degradacija okoliša postaje kočnicom daljeg razvitka. Napušta se dosadašnja dominacija ekstenzivnog tehnokonomskog razvitka. U većini se zemalja neuspjeh centralnoplanske i tržišne privrede u ostvarenju djelotvorne zaštite okoliša pripisuje zanemarivanju socioekološke sfere (navika i odnosa u različitim društvenim zajednicama), te nedovoljnom vrednovanju prostora kao neobnovljivog razvojnog činitelja.

Razuman odnos prema raspoloživim prirodnim bogatstvima, zraku, vodama i morima, šumama i plodnom tlu, sirovinama i energiji, te težnja prema usmjerenom, cjelovitom i dugoročnom programu za njihovo razumno iskorištavanje, uvjet je opstanka čovječanstva na Zemlji. Stvaranje cjelovitog skupa međusobno usklađenih zakona, podzakonskih dokumenata, propisa i normi naziva se strategijom zaštite okoliša. Strategija može biti samo deklarativni programatski okvir, ali i odraz načina i filozofije pristupa problemima zaštite okoliša.

U drugoj polovici XX. st. u Europi i Sjevernoj Americi u zaštitu i unapređivanju okoliša (zraka, voda i tla), odnosno u globalnim nastojanjima zaštite zajedničkih prirodnih bogatstava (mora, oceana) prepoznatljive su tri tzv. generacije strategija, tri različita pristupa upravljanju, normizaciji, kontroli i prisili.

Prva generacija strategija. Podizanje svijesti o osjetljivosti čovjekova okoliša na utjecaje industrijskog razvitka i s njime povezanog stvaranja otpada ima višestoljetne korijene. Karantenski propisi gradova i sustav čišćenja vode, odnosno opskrbe pitkom vodom imaju tradiciju koliku i civilizacija. Industrijska revolucija u XVIII. st. navijestila je već neke probleme, posebno higijenske i zdravstvene prirode. Zrak, voda i tlo pojmovno su uključivani u kategoriju *obnovljivih* prirodnih izvora. Suprotno primitivnim civilizacijama, koje su iskustvom generacija obazrivo prilazile iskorištavanju prirodnih bogatstava, u industrijskoj su civilizaciji od polovice XVIII. st. prevladali elementi njihova brzog, nekontroliranog i bezobzirnog iskorištavanja. Tek je povremeno na nekim prenaseljenim područjima, a zatim postupno i u kriznim žarištima velikih industrijskih i urbanih aglomeracija, postalo očito da nedostatak kvalitetne vode, tla i zraka mogu postati ograničavajući činitelj ljudskog zdravlja i gospodarskog razvitka, pa time i političke i ekonomske moći.

Početak sustavnog prijelaza iz primitivnog odnosa prema okolišu u zakonom i propisima regulirani sustav nalazi se u onome što se naziva prvom generacijom strategija zaštite okoliša. Stvořen je sustav *zabrana*, koje se u svijetu pojavljuju 1950-ih godina i osnovica su zakonske regulative do 1970-ih godina. Većina se tih zabrana uvodi na lokalnoj, nacionalnoj ili regionalnoj razini, s time da se one podređuju industrijskom (tehnoškom) rezonu suverene države. Pristup prve generacije zasniva se na ideji da razrjeđivanje i raspršivanje zagađivala i zagađenja rješava probleme zaštite okoliša. Ta se koncepcija često spominje pod nazivom *eksternalizacija zagađivanja*.

Primjena načela *najboljih postojećih tehnoloških rješenja* zasniva se na investicijskom odlučivanju za tehnologiju koja optimira ekonomsku prihvatljivost mjera zaštite okoliša, a zanema-

ruje se problem društvene prihvatljivosti, odnosno subjektivnog poimanja rizika kao činitelja sustava. Ta je generacija strategija u prvom redu usmjerena prema interesima industrije, a utjecaj na okoliš smatra se neizbježnom cijenom gospodarskog razvitka. U njoj se dakle, ne razmatra je li najbolja postojeća tehnologija ujedno i dovoljno dobra za očuvanje ekosustava.

Primjena načela *najpraktičnijih raspoloživih sredstava* samo je dalji korak u razvitku već opisanog načela najboljih postojećih tehnoloških rješenja, s time da je naglasak na mjerilima gospodarske djelotvornosti, odnosno prihvatljivog rizika nekog razvojnog projekta. Pritom odnos prema okolišu nije rezultat analize pojedinog područja i njegove osjetljivosti, već razmatranja cjeline zakonske regulative zaštite okoliša, koja prisiljava (ili ne prisiljava) investitora na određene zaštitne mjere.

Druga generacija strategija. Ta se generacija u praksi razvijenih zemalja pojavljuje početkom ili sredinom 1970-ih godina. U njoj se primjenjuju već navedena načela prve generacije, ali nadopunjena novim koncepcijama kvalitete okoliša i gospodarskim instrumentima. Te su koncepcije: a) ustanovljenje poreznih i investicijskih stimulacija za pridržavanje normi za zaštitu okoliša ili njihovo poboljšanje; b) uvođenje načela da zagađivač plaća štetu; c) uvođenje kompleksnih provedbenih oblika i s njima povezanog zakonodavstva radi postizanja dogovorene kvalitete okoliša, d) primjena metodologije procjene vjerojatnog utjecaja na okoliš već zacrtanog projekta pomoću Studija o utjecaju na okoliš i donošenje odluka na osnovi takve procjene.

Druga generacija strategija zaštite okoliša još je uvijek položna uglavnom samo zahtjevima industrije i stimulaciji njezina razvitka u okviru postojećeg gospodarskog sustava. Odnos prema zaštiti okoliša sadržan je u već spomenutom načelu da zagađivač plaća. To načelo ima smisla samo u gospodarskom sustavu privatnog vlasništva nad industrijom-zagađivačem. Međutim, gospodarski uspješan pothvat može biti u stanju platiti zagađivanje ako mu je to u interesu provedbe neke tehnologije i ostvarivanja profita. Tako se pozitivno načelo pretvara u svoju suprotnost, tj. u realnost da onaj tko može platiti može i zagađivati.

Jedan su od razloga sporovima u primjeni druge generacije strategija nastojanja ekonomista i tehnologa da se numeričkim vrijednosnim sustavom procjenjuju (ili zanemaruju) etičke, estetske ili kulturne vrijednosti čovjekova životnog prostora, životnog okoliša ili prirodnih ekosustava. Dok u prvoj generaciji strategija prevladava legalitet dokazane štete, odnosno potreba da se dokaže uzročno-posljedična veza šteta u okolišu ili u nekom ekosustavu, najvažnijom se novom koncepcijom druge generacije javljaju nastojanja da se predvide mogući utjecaji na okolišu.

Razvitkom znanosti o okolišu, posebno ekologije i ekotoksikologije, ekofiziologije, zatim enzimologije, genetike i bioprodukcije, ustanovljen je niz subletalnih (ne neposredno smrtonosnih), potencijalno generacijskih promjena, te promjena u broju i zastupljenosti vrsta, koje su također nedvojbeno posljedica promjene u ekosustavu. Tako su te prirodnoznanstvene discipline dale poticaj stvaranju *principa preventive* (opreznosti) i koncepcije adaptivnog upravljanja okolišem.

Znanstvena i stručna analiza razvitka okoliša i njegova upravljanja treba biti neovisna o političkom ili ideološkom pritisku (voluntarizmu), a zakonskim se sredstvima kontrole i prisile treba spriječiti gospodarska korupcija, odnosno postizanje profita na račun prirodnih bogatstava koja su zajedničko vlasništvo neke zemlje (npr. vode, jezera, more, rudno i šumsko bogatstvo, prirodni parkovi) ili čak čovječanstva (npr. svjetska mora, Antarktika). Na žalost to se danas još uvijek ne ostvaruje.

Treća generacija strategija. Svjetska komisija za okoliš i razvoj u svom izvješću *Nаша zajednička budućnost*, iz 1986, predlaže nove pristupe zaštiti okoliša i gospodarskom razvitku. Predložena strateška koncepcija zasniva se na ostvarivanju tzv. održivog razvitka (trajno uravnoteženog, mogućeg razvitka).

Za provedbu te zamisli, prema mišljenju Svjetske komisije, potrebna je integralna povezanost triju međuzavisnih strategija: gospodarskog razvitka, socijalne pravde i ljudskih prava, te zdravog okoliša.

Održivi razvitak, prema definiciji Svjetske komisije, jest onaj koji zadovoljava potrebe sadašnjih, a ne ugrožava sposobnost budućih generacija da zadovoljavaju svoje potrebe. Ta je definicija

često kritizirana kao proturječna i neprecizna, što otvara mogućnost za različite interpretacije. Definicija je proturječna jer iskustvo pokazuje da ne postoji kvantitativni materijalni razvitak koji može teći beskonačno kad se zna da su prirodna bogatstva i životni prostor na Zemlji konačni. Definicija traži zadovoljavanje potreba, i to posebno potreba siromašnih u svijetu, a da ne utvrđuje te potrebe i tko o tome može odlučivati. Istodobno se zahtijeva ograničenje potrošnje dobara i energije, o čemu odlučuje organizirano društvo, država, utjecajem na izbor tehnologije i na socijalnu strukturu, a time to društvo odlučuje i o potrebama budućih generacija.

Pitanje održivog razvitka često se izjednačuje s uravnoteženom upotrebom prirodnih bogatstava, što se može primijeniti samo na obnovljiva prirodna bogatstva. Održivi razvitak može neograničeno trajati samo u svom kvalitativnom smislu; kvantitativno on je ograničen sposobnošću okoliša da stvara obnovljiva prirodna bogatstva, ali i da prihvaća otpad. Gospodarski održiv sustav napreduje tada u znanju, organizaciji, tehničkom umijeću i mudrosti, a da pritom ne troši, ne unosi ili ne raspodjeljuje stvari i energiju preko određene mjere. Zato Međunarodna unija za zaštitu prirode definira održivi razvitak kao onaj koji omogućuje življenje unutar kapaciteta nosivosti globalnog ekosustava. Pod kapacitetom nosivosti razumije se omjer brzine trošenja kritičnih prirodnih bogatstava prema brzini njihova obnavljanja. Ni ta definicija nije bez zamjerke, jer se o kriterijima za određivanje kapaciteta nosivosti još uvijek raspravlja.

Koncepcija strategije kapaciteta okoliša za prihvatanje neke djelatnosti zasniva se na proučavanju i mjerenjima sposobnosti ekosustava da prihvati neku djelatnost koja zauzima prostor i koja troši prirodna bogatstva, da nepovratno prihvati otpad, odnosno neko opasno zagađivalo, ili da isto pretvori u neopasan oblik, a da trajno ne nastane šteta za taj ekosustav. Ta se strategija temelji na dinamičkom pristupu okolišu i njegovoj zaštiti, a zahtijeva široko i temeljito poznavanje i cjeline i svakog bitnog segmenta okoliša koji se zbog ljudskih djelatnosti opterećuje. Pritom mogu nastati i vremenski odloženi učinci, kao npr. već spomenuta tzv. kemijska tempirana bomba. Svi propisi, kriteriji i norme za djelatnost u prostoru te za odbacivanje zagađivala u okolišu podređuju se karakterističnim parametrima okoliša. Određivanje namjene prostora i djelatnosti u njemu, i time kvalitete okoliša, društvena je odluka, dakle i predmet socijalne ekologije. Jednom donesenoj odluci, koja može imati nadnacionalne, pa čak i globalne okvire, podređuju se političke, socijalne i ekonomske odluke. Da to nije iluzija budućnosti, svjedoči odluka iz 1989. o smanjenju proizvodnje i upotrebe klorfluoralkana (freona), u prvom redu u rashladnim uređajima) radi zaštite polarnih stratosferskih ozonskih slojeva, ili neizbježna globalna odluka o prestanku krčenja šuma afričkog i južnoameričkog kontinenta, te ograničavanje količine ugljičnog dioksida koji se spaljivanjem ugljikovodika ili biomase ispušta u atmosferu. U istom je smislu 1993. donesena i Konvencija o sprečavanju promjene klime, kojom se ograničava količina ugljičnog dioksida nastalog spaljivanjem fosilnih goriva (ugljena, nafte, plina) koja se smije ispuštati u atmosferu.

Koncepcija najboljeg praktičnog rješenja za okoliš jest traženje takvog rješenja nekog razvojnog projekta ili rekonstrukcije postojećeg projekta da ono predstavlja najveću dobrobit i najmanju štetu za globalni okoliš kao cjelinu, s obzirom na kratkoročne i dugoročne posljedice. Zahtijevaju se dokazi da je izabrano rješenje najbolje za globalni okoliš kao cjelinu, a ne samo za jedan njegov segment (zrak, vodu ili tlo) niti samo za onaj dio koji potpada pod nacionalnu ili regionalnu jurisdikciju ili je samo dio ekonomskog sustava države ili grupacije država. Na taj se način nastoji postići kontrola zagađivanja koja je najbolja za okoliš kao cjelinu izborom prikladnih razvojnih projekata i promjenom industrijske strukture.

Strategija održivog razvitka treba naznačivati okvire novoga društvenog odnosa prema okolišu, prema prostoru i prirodnim izvorima, s punom sviješću o odgovornosti pred sutrašnjim generacijama. To sutra, u doba treće svjetske industrijske revolucije, nije lako predvidjeti pa je stoga oprezno iskorištavanje prirodnih bogatstava, zraka, voda i mora, šuma i plodnog tla, sirovina i energije imperativ egzistencije. Taj imperativ glasi: iskorištavati u prvom redu ono što se može obnavljati i ponovno stvarati;

razumno štedjeti one izvore sirovina i prostor kojih iskorištavanje nepovratno mijenja naš okoliš; proizvoditi takve proizvode i iz takvih sirovina da se mogu razgraditi u neškodljive proizvode ili preradbom ponovno vratiti u proizvodnju.

LIT.: The World Commission on Environment and Development (Gro Harlem Brundtland, Chairperson), Our Common Future. Oxford University Press, Oxford, 1987. – D. D. Chiras, Environmental Science: Action for a Sustainable Future. Benjamin/Cummings Publ. Co., Redwood City 1991. – P. C. Stern, O. R. Young, D. Druckman (Editors), Global Environmental Change: Understanding the Human Dimension. National Research Council/National Academy Press, Washington D. C. 1992. – M. Beazley, Caring for the Earth: A Strategy for Survival. Reed Consumer Books Ltd., London 1993. – T. Jackson (Editor), Clean Production Strategies: Developing Preventive Environmental Management in the Industrial Economy. Stockholm Environment Institute, Lewis Publishers, Boca Raton 1993.

V. Pravdić

ZAVARIVANJE I SRODNI POSTUPCI, spajanje materijala nerastavljivim spojem ili razdvajanje materijala bez mehaničkih reznih alata, najčešće pomoću topline, u što se ubraja zavarivanje, lemljenje, naštrcavanje i toplinsko rezanje.

Zavarivanje je spajanje materijala pri kojem se dijelovi koje treba spojiti zavarivanjem (*zavarivani dijelovi*) na spojnom mjestu obično zagriju do omekšalog, plastičnog stanja ili se rastale, a spajaju se staljivanjem, uz dodavanje ili bez dodavanja materijala. Često se uz zagrijavanje primjenjuje i povećani tlak, dok je zavarivanje bez djelovanja topline rijetko. *Zavareni spoj* sastoji se od *zavara* (dio materijala koji je prilikom zavarivanja bio rastaljen) i susjedne zone u kojoj zbog povišene temperature nastaju strukturne promjene. Zavarivanje je posebno važno u građnji čeličnih konstrukcija (u brodogradnji, mostogradnji, teškoj strojogradnji), ali se zavaruju i skoro svi ostali metali, te staklo i dio polimernih materijala (plastomeri).

Lemljenje je spajanje dijelova, najčešće metalnih, pomoću rastaljenoga dodatnog materijala (*lema*) koji služi kao metalno vezivo. Pritom talište lema treba biti barem 50 °C niže od tališta materijala koji se spaja.

Naštrcavanje je nanošenje rastaljenoga materijala na neku površinu pri čemu se upotrebljava ista radna oprema i isti izvor energije kao i pri zavarivanju.

Toplinsko rezanje je razdvajanje materijala pomoću topline, bez mehaničkih reznih alata. To je zavarivanju srodan postupak jer, iako po svrsi upravo suprotan, zahtijeva jednake ili slične izvore energije i radnu opremu.

Zavarivanju i lemljenju srodno je i *lijepljenje*, jer je to također spajanje materijala nerastavljivim spojem. Ono se, međutim, po vrsti veziva, radnim uvjetima i opremi bitno razlikuje, a opisano je u članku *Ljepila*, TE 7, str. 581.

Usporedno s kovanjem i lijevanjem metala razvijalo se i zavarivanje i lemljenje. U Kini su pronađena željezna kola iz doba prije Krista kojima su sastavni dijelovi spajani ljevačkim zavarivanjem, odnosno zalijevanjem željeznom talinom, koja je nakon skrućivanja stvorila nerastavljivi spoj. Jedan je od najstarijih načina zavarivanja i kovačko zavarivanje, pri čemu se dva komada kovine, ugrijana u kovačkoj vatri, spajaju udarcima čekića. U egipatskim je kraljevskim grobovima nađen nakit kojemu su dijelovi spajani lemljenjem, a u Pompejima željezni cjevovod spojen nekom vrstom kovačkog zavarivanja.

Zavarivanje i srodni postupci doživjeli su nagli razvoj tek u posljednjih stotina godina kada se kao izvor topline počeo primjenjivati električni luk. N. de Benardos i S. Olszewski su 1885. patentirali zavarivanje ugljenom elektrodom, a N. G. Slavjanov je 1888. patentirao elektrotopno zavarivanje obloženim elektrodom. Bio je to golem napredak, jer se električni luk nije više primjenjivao samo kao izvor topline već je elektroda ujedno služila kao dodatni materijal.

Istodobno s elektrolučnim zavarivanjem razvijalo se i elektrootporno zavarivanje. Amerikanac E. Thompson prijavio je niz patenata s tog područja između 1885. i 1900. godine. Oko 1900. razvijeno je u Njemačkoj i Francuskoj plinsko zavarivanje. Nijemac Goldschmidt uveo je 1903. aluminotermijsko zavarivanje.

Prvi potpuno zavaren trgovački brod sagrađen je 1930. u Charlestonu, SAD. Između 1930. i 1953. godine razvijeni su postupci zavarivanja pod praškom, u zaštitnoj atmosferi netaljivom i taljivom elektrodom i zavarivanje plazmom. Ostali brojni postupci uvedeni su poslije, pedesetih i šezdesetih godina, a glavni je poticaj došao od industrije uključene u svemirska istraživanja.

Prvi je zavareni most u ovom dijelu Europe bio zagrebački Savski most, duljine 234 m i širine 9 m, koji je sagrađen 1938. godine (sl. 1). Pri gradnji mosta zavarivački nadzor obavljao je ing. D. Kunstel, osnivač Visoke tehničke škole u Zagrebu i osnivač (1958) prve Katedre za zavarivanje u Hrvatskoj i u srednjoj i jugoistočnoj Europi.