

ENTROPIČNE RAZSEŽNOSTI DRUŽBENEGA RAZVOJA

Povzetek. Človek se je že davno pred odkritjem zakona entropije zavedal entropičnega, minljivega sveta. Življenje se bori za vire nizke entropije in oddaja termodinamsko (toplotno) in materialno entropijo. Znanost je na začetku odkritja zakona entropije izključevala življenje iz entropije. Podobno je kasneje storila z duhom in informacijo. Nelinearna termodinamika je odkrila ustvarjalno vlogo entropije, ni pa spremenila statusa materije v entropičnem procesu. Tudi materija se v zaprtih sistemih nepreklicno razsipa, degradira in postaja nerazpoložljiva za človekovo delo. Človek ne razpolaga vedno s tehnologijami in energijo, da bi razpršeno materijo znova zbral in jo naredil razpoložljivo za svoje delovne procese. Moderne znanstvenotehnične družbe so hkrati vse bolj kompleksne in vse bolj dinamične. Zaradi tega so tudi vse bolj entropične. Upadati začnejo mejni donosi vnosov na različnih področjih. To upadanje se skuša reševati z večjo privatizacijo, s krčenjem socialne države, z večjo svobodo trga, večjo znanstveno ustvarjalnostjo, s tehnično inovativnostjo ipd. Potrebna je nova družbenoekološka paradigma, ki nas bo učila inovativno in vrednotno živeti z omejenimi zmogljivostmi naše biosfere.

Ključni pojmi: entropija, energija, življenje, razširitev zakona entropije, popolno recikliranje razpršene materije, biološka in družbena evolucija, razvoj družbene kompleksnosti, upadanje mejnih donosov

Človeško izkustvo entropije in zakon entropije

Človek je že davno spoznal in priznal, da sta on sam ter empirični, fizični svet minljiva, da se razkrajata, spreminjata in propadata. Z neizbežnostjo entropične degradacije se je srečeval ob naravni smrti vsakega bitja. Na idejni in vrednotni ravni bi tej situaciji ustrezali dve nasprotujoči si drži: a) zaradi entropičnosti, končnosti, smrtnosti človek potrebuje religijo, da preseže svojo tuzemsko, telesno naravo in se pokaže kot večno, nesmrtno bitje; b) če

* Dr. Andrej Kirn, zaslužni profesor Univerze v Ljubljani.

človek sprejme in prizna svojo končno, entropično naravo v entropičnem svetu, ne potrebuje nikakršne transcendence. Entropičnemu svetu je bil nadrejen nadnaravni, to je metafizični svet, ki se ne spreminja, ni minljiv in ne propada. Metafizično je bilo sinonim za nerazvojnost, statičnost, nenaravnost. Neentropični svet je trajen in večni. Vse naravno pa je razvojno, polno nasprotij. Znanstveno (filozofsko) spoznanje temelji v takšnem svetu, ki je edino resničen, običajni ljudje pa imajo za resničnega spremenljivi, izkustveni svet. Večna, nespremenljiva bit je temeljna realnost. Empirični svet nastajanja in minevanja pa je videz, h kateremu nas zavajajo naša čutila in ne dovolj temeljito mišljenje. V večnosti ni prihodnosti in preteklosti. V večnosti je bilo naše veselje pred »velikim pokom«. V njem ni bilo časa. Da bi se o njem spraševali, bi bilo po fiziku Hawkingu prav tako nesmiselno kot vprašanje, kaj je severno od severnega tečaja.

Ljudje so že mnogo tisočletij, preden je bil zakon entropije odkrit, občutili, kako deluje. Še vedno izkušajo, da se mrzel prostor pozimi ne segreje sam od sebe in da je treba zakuriti peč. Zavedajo se preproste resnice, da istega kosa lesa ali premoga ni mogoče sežgati dvakrat. Videli so, da so koristni viri z uporabo nepovratno uničeni. Za vse življenje ni značilen samo boj za vire nizke entropije, ampak tudi boj nasproti degradaciji same strukture in njenih funkcij. Uspešnost tega boja je povezana z uspešnostjo pridobivanja virov nizke entropije iz okolja. V neentropičnem svetu človek ne bi imel problemov s pomanjkanjem materialnih in energetskih virov ter z njimi povezanimi socialnimi konflikti. Toda v njem bi nanj prežale številne druge nevarnosti, ki jih zdaj v entropični realnosti ni, npr. takšne, da bi se vse molekule kisika zbrale na enem mestu v sobi in bi se zaradi tega človek zadušil. V takem neentropičnem svetu ne bi bil mogoč in smiseln ljudski pregovor, »da se nobena juha ne poje tako vroča, kot se skuha«.

Življenje živi od življenja, vzdržuje strukturo in funkcije lastnega telesa ter preprečuje materialno degradacijo svojega okolja. To ni v nasprotju z zakonom, da narašča termodinamična entropija celotnega sistema. Vprašanje je samo, kako široko jemljemo »celoten sistem«. Ta se ne konča z Zemljo, ampak zaobseže vesolje. Če Zemlja ne bi oddajala v vesolje termodinamične entropije, potem bi to prej ali slej vodilo k materialni degradaciji življenjskega okolja in s tem k propadu življenja samega.

Vsi živi sistemi, med katere spadajo tudi družbeni, so odprti, samoorganizirajoči in samoproducirajoči se. S črpanjem energije in materije iz okolja ter oddajanjem entropije v okolje vzdržujejo visoko stopnjo reda (strukture, kompleksnosti). Oddajanje entropije prek disipativnih struktur je prvo načelo evolucije (Wicken, 1987). Ni nasprotja med evolucijo fizikalnih, kemičnih, bioloških struktur ter entropijo. Sama evolucija je mogoča samo kot entropičen proces.

Ekonomsko aktivnost je mogoče imeti za razširitev biološkega razvoja. Je

prehod od notranjetelesnih (endosomatskih) k ločljivim zunajtelesnim (eksosomatskim) organom, ki so producirani iz mineralnih virov s pomočjo energije, znanja in veščin. Človek je postal proizvajalec orodja (»toolmaking animal«), kar je omogočilo njegov nadaljnji ekonomski, kulturni, družbenopolitični razvoj. Človek pa ni samo izdelovalec orodja, je tudi govoreče, misleče, moralno, kulturno, politično bitje. Je več kot samo izdelovalec orodja. Da bi postal in ostal človek ter razvil in uresničil svoje zmožnosti, mora postati in ostati tudi izdelovalec orodja. Brez eksosomatske evolucije to ne bi bil. Tega se ne sme nikdar pozabiti pri obravnavi družbenosti človeka ali tehnike kot tehnike, ne pa zgolj posamičnih tehničnih sredstev in tehnoloških procesov. Ti ločljivi eksosomatski organi so del človekovega razvoja, toda niso del njegovega biološkega ustroja, telesa. Prednost človeškega boja za nizko entropijo je v njegovi sposobnosti, da z orodji izdeluje orodja, ne pa v tem, da orodja uporablja, ker jih v elementarni obliki uporabljajo tudi nekatere živali. Med ljudmi vznikne tekmovanje za posedovanje in nadzor orodij. Z bioekonomskega vidika je nevzdržna trditev, da lastništvo in nadzor produkcijskih sredstev nista več pomembna. Seveda bi bilo absurdno, kot je zapisal Georgescu-Roegen (1975a: 132), če bi v življenjskem procesu videli samo pretvorbo nizke entropije v visoko, pretvorbo okoljskih virov v odpadke. Človeško življenje je tudi uživanje življenja. Postavi enačbo: uživanje življenja (E) = uživanje potrošnje (CE) + uživanje prostega časa (LE) - delo (WO). Vsaka stvar, ki prispeva k uživanju življenja (E), neposredno ali posredno prispeva k ekonomski vrednosti. V enačbi $E = CE + LE - WO$ je delo negativna vrednost, v Marxovi viziji pa delo lahko postane pozitivna vrednost, ko večina ljudi v njem uživa in je način njihovega samopotrjevanja. Možen je tudi tisti pogled na delo, ki se izraža v krilatici: če ti delo ponuja užitek in zadovoljstvo, potem ti ni treba delati vse življenje. Obstajata dve konceptiji dela: kot uživanje življenja in kot njegovo nasprotje. Možni sta torej dve enačbi za uživanje življenja, v katerih je status dela različen. Za večino je delo negativno vrednoteno, ki se odšteje od uživanja življenja, za manjšino pa je pozitivna količina, ki se prišteje k uživanju življenja.

Z entropijo je udarila strela v časovno simetrijo fizikalnih zakonov. Enačbe gibanja nelinearnih sistemov imajo lahko številne rešitve. Proces je povraten, če obstaja enaka verjetnost za dve ali več smeri za vse izhodiščne točke. Dinamični proces je povraten, če nista statistično različni njegova prihodnost in preteklost in ju ni mogoče razločevati. Usmerjenost časa je subjektivna, zato po Einsteinu ne more biti vnesena v znanstveni zakon. Svaril je svojega prijatelja Michela Bessa, da je na spolzkih tleh s svojim dvomom v povratnost (Prigogine, 1980: 203). V tradiciji paradigme platonske znanosti obstaja le subjektivni čas. Čas je v subjektu, ki šteje in meri. Čas je gibajoča se slika večnosti.

Zgodba o razvojnosti narave je nastajala že pred odkritjem zakona entro-

pije. Z njim se začne novo poglavje v tej zgodbi. Začetki termodinamike segajo v leti 1811 (Fourier) in 1824 (Carnot). Fourier je leta 1811 dobil nagrado francoske akademije znanosti za strog matematični opis širjenja toplote v trdih telesih. Lord Kelvin in Clausius sta prenesla opis termodinamičnih procesov od tehnologije parnih strojev h kozmologiji. Če je vesolje stroj, potem deli usodo vseh človeških strojev. V kratkem razdobju imamo tri velike razvojne koncepcije: a) zakon entropije, kot sta ga leta 1852 formulirala Lord Kelvin (William Thomson) in Robert Clausius (1865); b) Darwinovo evolucijsko teorijo o izvoru vrst iz leta 1859; c) Marx-Engelsovo zgodovinsko-materialistično razumevanje družbenega razvoja, kot sta ga razvila med letoma 1844 in 1859.

Kot je Newtonova mehanika močno vplivala na celotno naravoslovje in prek analogij in metafor tudi na družboslovje, zlasti na ekonomsko znanost, tako je tudi Darwinova evolucijska teorija imela velik znanstveni ter tudi splošni civilizacijski vpliv. Nekateri so 19. stoletje celo imenovali Darwinovo stoletje. Pionir statistične termodinamike Ludwig Boltzmann je imel ambicijo, da bi – tako kot je Darwin odkril zakon evolucije živega sveta – sam odkril zakon evolucije neživega sveta. Marx in Engels sta bila sodobnika obeh velikih naravoslovnih odkritij. Več znanega je o njunem odnosu do Darwina kot pa do avtorjev zakona entropije. Ne vemo za nobeno podobno priznanje Lordu Kelvinu ali Clausiusu, kot ga je Marx dal Darwinu. »Darwin je opozoril na zgodovino prirodne tehnologije, to je na ustvarjanje in razvoj rastlinskih in živalskih organov kot produkcijskih inštrumentov za življenje rastlin in živali. Ali zgodovina nastajanja produktivnih organov družbenega človeka, ki so materialna osnova sleherne družbene organizacije, ne zasluži enake pozornosti? In mar je ne bi bilo lažje napisati, ker se zgodovina človeštva, kakor pravi Vico, razlikuje od zgodovine prirode po tem, da smo prvo delali ljudje, drugo pa ne?« (Marx, 1961: 422). V Marxovi teoriji družbenega razvoja produktivnih sil, materialne produkcije, človeške ustvarjalnosti in dela ter njihovih razmerij do narave ni videti neposrednega vpliva zakona entropije. Engelsov odnos do zakona entropije pa spoznamo iz njegove ocene članka Podolinskega (Podolinskij, 1880, 1883) v pismu Marxu (Foster, 2000: 166) ter iz Dialektike prirode (Engels, 1953). Zaradi še nemožnosti izračunov vnosov in iznosov energije je Engels podvomil v tezo Podolinskega, da se edino v poljedelski produkciji kopiči več energije, kot pa jo je bilo porabljeno. Engelsova kritika ni bila pozorna na dve drzni vizionarski ideji Podolinskega: a) da bo sončna energija zaradi končnosti fosilnih goriv (premoga) postala neposreden pogonski vir človekovega mehanskega dela; b) da bo človek z učinkovanjem sončne energije na neorgansko snov osvobodil produkcijo hrane od odvisnosti rastlin in živali. Človek naj bi tako v prihodnosti tehnološko zmožel proizvajati rezultate fotosinteze. V tem se kaže popolno zaupanje Podolinskega, da bo z naravo mogoče tehnološko manipulirati. Engels je

bil v tem pogledu veliko bolj zadržan; upravičenost tega potrjujejo sodobna ekološka/okoljska spoznanja. »Toda nikar si preveč ne domišljajmo s svojimi zmagami nad naravo. Za vsako tako zmago se namreč narava maščuje. Sleherna zmaga prinaša sicer predvsem tiste posledice, s katerimi smo računali, toda v drugi ali tretji vrsti so posledice čisto drugačne, nepričakovane, ki žal prepogosto prve posledice zopet razveljavljajo« (Engels, 1951: 106). Sončna energija je visoko kakovostna za rastline (fotosintezo) in nujno potrebna za človeka, je pa za človekovo mehansko rabo za sedaj nerazpoložljiva zaradi nizke gostote v primerjavi z drugimi koncentriranimi energenti, ki predstavljajo uskladiščeno sončno energijo v lesu, premogu, nafti, plinu idr.

Engels je poznal dela Carnota, Clausiusa in Lrda Kelvina. Za njega še ni bilo rešeno in lahko tudi še dolgo ne bo vprašanje, kaj se dogaja z entropijo (Engels, 1953: 314–315). O tem fizikalna znanost še ni rekla zadnje besede. Kakršen koli že bo izid teh razprav, to ne bo usodno za obstoječo entropično razsežnost človekove tehnične prakse na Zemlji, čeprav nastanka človeka ni mogoče ločiti od nastanka in razvoja vesolja. Povezani sta termodinamična »puščica časa« razširjajočega se vesolja in biološka usmerjenost časa. Nelinearna termodinamika je odkrila ustvarjalno, inovativno vlogo entropije. Proces degradacije struktur fizičnega sveta je mogoč, če so te strukture nastale. Toda to še ni odgovor znanosti, ki ga je pričakoval Engels. Krog tu še vedno ni sklenjen. Opravka imamo s potjo navzgor (nastajanja kompleksnih struktur) in navzdol (zmanjšanje termodinamičnega potenciala, razlik), ne pa še z navzgor-navzdol-navzgor... Če tak krogotok obstaja na kozmološki ravni, pa ne obstaja na človeški. Nepovratno porabljamo naravne vire nizke entropije in ne vemo, če bomo pravočasno odkrili nove in inovativno našli nadomestke zanje ter če bomo preprečili za človeka in vse življenje škodljive oblike entropije, ki jih je sam proizvedel. Odkritje zakona entropije je spodbudilo dva procesa: poskuse njegove analogične ali metaforične uporabe v družboslovju in opozarjanje, da ne velja za področje življenja. Videti je bilo, da ravnovesna termodinamika ni združljiva z biološko evolucijo. S termodinamično revolucijo v fiziki in Darwinovo v biologiji se je zdelo, da v naravi obstajata dva nasprotna, izključujoča se procesa: entropija in življenje. To prepričanje se je še zlasti utrdilo po letu 1907, ko je bila objavljena knjiga francoskega filozofa Bergsona *Ustvarjalna evolucija (L'Evolution creatrice)*. Bergson je načelo entropije imel »za najbolj metafizični zakon fizike« (Bergson, 1907: 243). Wicken (1987: 6) izraža obžalovanje, da je še danes mogoče zaznati antientropično miselnost v biologiji in evlucijski teoriji. Kot se je življenje zoperstavljalo entropiji, tako sta se zoperstavila tudi duh in poznejše informacija.

Maxwellov demon, ki ločuje hitre in počasnejše molekule plina, »ovrže« zakon entropije. Preteklo je nekaj let, da se je dojelo, da ta shema ne deluje. Realni demon potrebuje energijo, da dobi informacije o hitrosti molekul.

Maxwellov demon bi ovrigel zakon entropije, če ne bi bil v nikakršnem fizičnem stiku z molekulami in ne bi potreboval energije, da bi dobil informacije o njihovi hitrosti. Čim obstaja ta stik, zakon entropije v tem miselnem eksperimentu ni ovržen. Vse sedanje govorjenje o izboljšanju okolja in trajni razvezi med ekonomsko rastjo in rastjo onesnaženja je moderna okoljskopolitična različica Maxwellovega demona. Vzbuja iluzijo, da ni samo mogoče zaustaviti delovanja zakona entropije, ampak ga lahko celo obrnemo.

Ameriški biolog Alfred Lotka je že v okviru ravnovesne termodinamike leta 1925 poskusil premostiti prepad med entropijo in biološko evolucijo. Zakon termodinamike je imel za gonilno silo evolucije. To nasprotje med biologijo in zakonom entropije je presegel razvoj neravnovesne termodinamike.

Zakon entropije kot drugi zakon termodinamike ima posebno filozofsko, antropološko sporočilo, ki ga drugi naravoslovni zakoni nimajo. Naš fizik Strnad (1987:15) se nagiba k misli »da entropijski zakon ni posamična izjava, ampak pogled na svet«. Zadeva razumevanje družbenega razvoja in človekova razmerja do naravnih virov in do narave sploh. Razlagati vse družbeno in naravno samo z entropijo bi bil nezaslišan entropični redukcionizem. Toda če entropije ne bi upoštevali, bi šlo – potem ko je bil zakon entropije že odkrit – za nezaslišano nevednost; čeprav se zdi, da se s tako nevednostjo lahko shaja. Neupoštevanje ima globoke teoretične in praktične posledice za človekovo razumevanje samega sebe, družbenega razvoja in človeških odnosov do narave. Ljudje pri svojih ravnanjih praviloma upoštevajo naravoslovne zakonitosti. Ne skačejo z visokih nadstropij ali v prepad, misleč, da ne bodo treščili na tla, ampak bodo poleteli kot ptič. Ne dotikajo se ognja, ker vedo, da se bodo opekli. Neplavalci ne skačejo v vodo, saj vedo, da bodo utonili. Ne uživajo poznanih strupenih snovi, misleč, da ne bodo škodile njihovemu telesu. Upoštevanje zakona entropije v družbenem razvoju ne predstavlja naturalistične razlage človeške zgodovine. Ne pomeni, da naravni zakon krmari družbeni razvoj. Hitrost antropogene produkcije termodinamične entropije ter hitrost in vrste produkcije snovne entropije so odvisne od načina produkcije in potrošnje. Z entropijo se je najprej spremenilo teoretsko razumevanje narave v primerjavi z mehanicističnim Descartes-Newtonovim pogledom v 17. in 18. stoletju, zdaj pa se spreminja tudi razumevanje družbe in človeka in njenega razmerja do narave, njenih virov in storitev.

Kritika razširitve zakona entropije

Dvom o »energetski dogmi« je ekonomista, ekonometrika in dobrega poznavalca klasične termodinamike Georgescu-Roegen leta 1976 privedel k formulaciji četrtega zakona termodinamike: da se tudi materija v zaprtih sistemih nepreklicno razsipa in postaja nerazpoložljiva za človekovo delo. V

zaprtih sistemih delo ne more potekati s konstantno stopnjo zaradi degradacije materialnih komponent sistema. Georgescu-Roegen pa zakona ni matematično formuliral, češ da to ni mogoče zaradi izredne heterogenosti materije. Toda če je točna trditev O'Connora, potem ta heterogenost ne bi smela biti ovira. Po njegovem so materialne strukture posebne strukture preobrazbe potencialov energije. Ni torej samo materija zelo heterogena, kot je mislil Georgescu-Roegen. Heterogeni so tudi različni potenciali energije (O'Connor, 1991: 98).

Georgescu-Roegenova razširitev pojma entropije na materijo naredi za smiselne izraze, kot so »ekološka« in »okoljska« entropija«. Uporaba teh izrazov je samo analogna, ne pa homologna termodinamični entropiji. Entropija more biti uporabljena kot združena mera onesnaženja. Vsaka koncentracija antropogenega onesnaženja je škodljiva za življenje. Le v redkih primerih pa toplotno onesnaženje ogroža življenje, kot je npr. segretje reke ali jezera z odpadno vodo prek dovoljene meje. Pri ekološki/okoljski entropiji gre za razpršitev in pogosto za prekoračeno koncentracijo razpršenih snovi antropogenega izvora v vodi, zraku, prsti, hrani, krmi idr.

V glavnem se ne ve, da je razširitev entropije navzoča, čeprav ji statusa naravnega zakona ni dal, že pri ruskem naravoslovcu Val'denu (1916). Nasprotno je energetskega redukcionizmu nemškega kemika Ostwalda. Prišel je do sklepa, da energija ni edina substanca in da je materija prav tako pomembna. Ta se kot odpadki razvrednoti v človekovih produkcijskih procesih. Val'den je videl antropogene vzroke razvrednotenja materije, ni pa je imel za spontan naraven proces, kot je zmanjševanje temperaturnih razlik. Razvrednotenje materije se zmanjša s tehnično izpopolnitvijo proizvodnje, z izrabo odpadkov, uvajanjem nadomestkov in bolj varčnim odnosom do naravnih bogastev, ki jih ne moremo imeti za neizčrpna. V teh ozirih je Val'denov pogled zelo sodoben in aktualen. Georgescu-Roegen (1981: 53) je opozarjal, da se je pri kinetični razlagi plina neprestano zanemarjalo, kaj se dogaja z materijo, brez katere ne bi bilo nobenega bata in valja, ki sta pri parnem stroju nepogrešljiva za pretvarjanje toplotne energije v mehansko delo. Glede nujne navzočnosti materije bi se isto lahko reklo za termoelektrarne, jedrske elektrarne, hidroelektrarne, vse vrste orodnih in pogonskih strojev, električnih orodij, avtomobilskih motorjev idr.. Čeprav so energetske spremembe povezane z materialnimi, pa je očitna razlika, kako hitro se materialne strukture in energija degradirajo. Z različnimi kemičnimi postopki in režimom shranjevanja je mogoče npr. upočasniti propadanje arhivskega gradiva, toda naravnega spontanega procesa končne nepovratne spremembe papirja v prah ni mogoče preprečiti. Georgescu-Roegen je veliko zaslugo pripisoval Prigoginovi bruseljski šoli, da je termodinamiko razširila k odprtim sistemom, ni bil pa zadovoljen s statusom materije v njej, češ da je tu materija še vedno samo sredstvo za energijo in ni samostojno obravnavana (Georgescu-Roe-

gen, 1981: 63; 1991: 199; De Gleria, 1995: 327). Od Georgescu-Roegenovega razumevanja v 70. in 80. letih minulega stoletja do danes je silno napredovala znanost o novih materialih; vsakih deset let naj bi prišlo do revolucionarnega odkritja. Zdaj se v zlitinah kombinira tri, štiri kemične elemente. Teh pa je mnogo, torej obstaja neznansko veliko možnosti za kombinacijo, da bi dobili materiale z doslej komaj predstavljenimi fizikalnimi, kemičnimi in mehaničnimi lastnostmi. Nove zlitine silno zmanjšajo trenje, in s tem razsipanje materije, toda ne morejo ga popolnoma odpraviti.

Strokovnjaki za nove materiale pravijo, da je raziskovalna domišljija edina meja njihovega razvoja. Ta domišljija pri zamišljanju novih lastnosti materialov je manifestacija ustvarjalnosti naše znanstveno-tehnične civilizacije na številnih drugih področjih kot npr. v genski in informacijski tehnologiji. Uresničevanje domišljije bo zahtevalo upoštevanje realnih fizičnih, tehničnih, ekonomskih in ekoloških omejitev. Materija je prav tako pomembna za človekovo življenje in delo, kot je energija. Na makroskopski ravni je jasno, da nekaj ni mogoče narediti, če se razpolaga samo z energijo, ne pa tudi z orodji in materiali. Tudi če je materija le forma energije, je ravno ta forma pomembna v človekovih delovnih procesih. Slavna Einsteinova enačba, ki govori o možnostih pretvorbe mase v energijo, še ne opravičuje energetske dogme. Kljub Einsteinovi formuli o enakovrednosti energije in mase ni nobenega razloga, da bi verjeli, da lahko pretvarjamo energijo v materijo, razen na atomski ravni v laboratoriju, in še to samo za nekatere elemente. Ne moremo npr. bakrene plošče proizvesti samo iz energije.

Materija in energija sta dve različni realnosti vsaka s svojimi specifičnimi lastnostmi in v človekovi tehnični praksi nezamenljivi. Po fiziku Weinbergu je z zlitjem relativnosti in kvantne mehanike nastal povsem nov svet, »v katerem je snov izgubila osrednjo vlogo ... Werner Heisenberg in Wolfgang Pauli sta delce in sile povezala v dokaz o obstoju neke globlje ravni realnosti, kvantnih polj ... Zdaj pa sta Heisenberg in Pauli nenadoma rekla, da so vsi delci, ne le fotoni, nekakšni skupki ali kvanti energije različnih polj. V tej *kvantni teoriji polja* so elektroni kvanti energije elektronovega polja, nevtrini kvanti energije nevtrinoovega polja in tako naprej.

Navkljub tej sijajni sintezi ... so elektrone še naprej prištevali med snovne delce ... Fizikov recept narave v seznamu sestavin, ni več vseboval delcev, ampak le nekaj vrst polj« (Weinberg, 1996: 9, 133). Na praktični, tehnološki ravni Weinbergove trditve ne bi mogli uporabiti kot argumenta, da materija ni več pomembna. Če nima več »osrednje vloge«, to še ne pomeni, da nima več nobene vloge niti v teoriji niti v praksi. Materija je filozofski pojem, masa (snov) pa fizikalni. Masa je lastnost materije. V Svetem pismu je zapisano, da je bila najprej beseda. Kozmologi bi podobno lahko rekli, da je bila najprej energija, snov je nastala šele kasneje po »velikem puku«. Ob izredni gostoti energije ni bilo še nobenih atomov, elektronov, protonov. Kljub časovno

ontološki primarnosti energije in njenem sedanjem teoretskem pomenu v fiziki pa v tehnični praksi materija ni nič manj pomembna od energije. Pretvarjanje energije v maso, kar se je dogodilo v začetni evoluciji vesolja in sedaj tudi eksperimentalno, še ne pomeni, da je to pretvorbo mogoče uporabiti v številnih človekovih praktičnih produkcijskih, potrošniških, prometnih, rekreativnih, bivalnih idr. dejavnostih. Pomembna ni samo razlika med teoretično in praktično ravni, ampak tudi med makro- in mikroskopsko. V človekovih aktivnostih ni pomembna samo masa kot takšna, ampak ravno makroskopska razsežnost materije.

Za številne kritike uporaba zakona entropije v ekonomiji ni sporna, v kolikor gre za fizično interakcijo med ekonomijo in okoljem. Sporen je pogosto specifičen način, kako so avtorji uporabili pojem entropije, da bi opisali te interakcije. Lozada (2006: 71) misli, da je izvirni greh Georgescu-Roegenove razširitve (to je uvedba četrtega zakona termodinamike) v njegovem nearitmomorfem pojmovanju samega zakona. Georgescu-Roegen je namreč razlikoval dve vrsti pojmov: dialektične in aritmomorfne. Dialektični pojmi kršijo zakon neprotislovnosti, so obdani s »polsenco«, kjer se prekrivata nasprotji. Nekaj je lahko hkrati A in ne A. Polja »polsence« ni mogoče natančno določiti. Ti dialektični pojmi niso običajni samo v vsakdanjem govoru, ampak tudi v znanstvenem jeziku in mišljenju. Še tako specializiran znanstveni jezik predpostavlja »naravni«, kvalitativni, človeški jezik. Georgescu-Roegen se je z razlikovanjem dveh vrst pojmov dotaknil starega in težavnega filozofskega problema o razmerju med kvantitativnim in kvalitativnim. V bistvu gre pri tem za teorijo in razumevanje realnosti sploh, ne samo ekonomske. Zastavlja se temeljno vprašanje, kakšno teorija narave, življenja, družbe, človeka nastaja z rastočo matematizacijo znanosti. Georgescu-Roegen ni bil naiven in fanatičen nasprotnik kvantitativnega. Kot ekonometrik se je zavedal meje kvantitativnega pristopa. Že leta 1958 je zapisal: »Je meja tega, kar lahko delamo s števili, in prav tako obstaja meja, česa ne moremo delati brez njih« (Dragan, 1993:9). Ker je zakon entropije pojmoval nearitmomorfno, je bil to po Lozadi vzrok, da je spregledal mnoga kvantitativno eksaktna dejstva o entropiji (Lozada, 2006: 71). To pa je imelo za posledico druge Georgescu-Roegenove zmotne, ki so bile odkrite v zadnjem desetletju. Za mnoge fizike je bilo sporno, če že ne kar nesprejemljivo, da zakon entropije velja tudi za materijo. Na splošno se sedaj misli, da je ta razširitev zmotna. Vollebergh in Kemfert (2005: 133) menita, da le še redki ekonomisti in neekonomisti mislijo, da je imel Georgescu-Roegen prav. Mayumi (1993) meni, da je napačen Georgescu-Roegenov četrti zakon termodinamike in da tako razmišljajo tudi mnogi biologi, ki poznajo ekološke sisteme, kjer poteka popolno recikliranje mnogih razpršenih elementov. Pri biološkem argumentu se običajno zanemarja razlika med geokemičnimi krogotoki elementov v biosferi kot čisto naravnimi procesi in tehnično izvedljivostjo ponovne

koncentracije antropogeno razpršenih elementov v biosferi. Človek ne more vsega, kar je naravno, tudi tehnično izvesti. Popolno recikliranje v biosferi ni posredovano s tehnologijo, kot bi bilo v socio-tehnosferi. V tem je velika razlika. Georgescu-Roegen ni trdil, da načelno teoretično ne bi bilo možno popolno recikliranje razpršene materije v zaprtem sistemu, toda obstajajo praktične omejitve. Zelo vprašljivo je stališče, da je tisto, kar se dogaja v biosferi (naravi), mogoče tudi v socio-tehnosferi. Obstaja asimetrija med naravnim in tehničnim: vse, kar je naravno, je sicer tudi teoretično tehnično možno, ni pa tudi praktično tehnično izvedljivo. Po drugi strani pa vse, kar je tehnično izvedljivo in narejeno, narava ne proizvaja.

Priznanje možnosti popolnega recikliranja materije v številnih primerih sicer ni vprašljivo, kar pa ne zmanjša moči argumentov o mejah recikliranja v okviru industrijske družbe. Celó če je na teoretski ravni težko braniti nemožnost popolnega obnavljanja snovi, ki naj bi jo izključeval zakon narave, je obratno lahko sprejeti pragmatično trditev, da za vsako specifično degradirano (razpršeno, raztopljeno) substanco v praksi, glede na sedanje znanje in veščino, ne obstajajo tehnologije za njihovo ponovno koncentriranje (O'Connor, 1993: 440–442). Treba je razlikovati dva različna pomena recikliranja: a) zbiranje razpršenih molekul različnih materialov za njihovo ponovno rabo v delovnem procesu; b) pridobivanje materialov iz raznih odpadkov, »sekundarnih surovin«, kjer je zbiranje in ločevanje komponent še daleč od teoretskih meja. Potrebna je seveda energija, da se komponente razdvojijo. Čimbolj je neka substanca razredčena, več energije na mol je potrebne za ločevanje. Georgescu-Roegen je z nemožnostjo popolnega recikliranja materije, ki jo vključuje njegov četrti termodinamični zakon, imel v mislih varianto a.

Družbeno-tehnološka produkcija entropije materije in energije je naravna nujnost, ne pa njena določena oblika in hitrost. Gre za zgodovinsko določen pojav, povezan z načinom produkcije in porabe. Tisto, o čemer govori Georgescu-Roegen, mogoče res ne more biti četrti zakon termodinamike, v kolikor ta ostaja in je razumljena v strogo termodinamičnih okvirih, s katerimi pa se Georgescu-Roegen ni mogel pomiriti. Opozarjal je, da se je treba vprašati in raziskati, kaj se dogaja z materijo pri energetskih spremembah. Trdil je, da pri svojih kritikih še ni naletel na prepričljive argumente, ki bi zanikali, da gre tudi za naravni zakon entropije materije. To lahko sproži globokoumne spoznavne razprave, kaj je za koga »prepričljiv argument« in kakšna je spoznavna vrednost »večinskega soglasja«. Osamljeno odstopanje od večinskega soglasja lahko postane izvor novega soglasja. Večinsko soglasje ima pomembno vlogo v znanstveni skupnosti, vendar kljub temu ni vedno v vsakem času zanesljiv in zadosten argument. Spomnimo se na Einsteinovo začudenje, ko je izvedel, da je v Nemčiji izšel zbornik stotih avtorjev antisemitov, v katerem so zavračali njegovo splošno teorijo relativnosti. Vprašal je,

zakaj je potrebnih sto fizikov, saj bi zadoščal že en sam. Pri dilemah o statusu četrtega termodinamičnega zakona se srečamo z velikim razkorakom, ki ga omenja fizik Weinberg. »Nobenemu še ni uspelo poiskati medsebojne povezave, ki ga ima stvar za nas, in pomenom, ki ga ima za naravni zakon« (Weinberg, 1996: 193). Georgescu-Roegen je neprestano opozarjal na razliko med teoretsko in praktično ravniho.

Poleg biološkega (geokemični krogotoki snovi v biosferi) se pogosto navaja tudi energetski argument proti nemožnosti popolnega recikliranja antropogeno razpršene materije. Pri obeh ugovorih se odmisli več pomembnih stvari, kot so npr.: izredno dolgi časovni razponi (desetletja, stoletja, tisočletja ...) obnavljanja snovi v geokemičnih krogotokih; razlika med naravnimi in antropogenotehničnimi procesi; ekološke posledice uporabe neomejene razpoložljive energije; končnost človeške eksistence; razlika med makro- in mikroskopskim ter teoretičnim in praktičnim. Slednja je zelo pomembna zlasti na političnem, ekonomskem in tehničnem področju. Idealni Carnotov stroj deluje s teoretično maksimalno učinkovitostjo, toda tako deluje neskončno počasi. Ta stopnja operiranja znižuje obrabo stroja na ničlo. Ne bo pa takšen stroj opravil dela za nas pravočasno (O'Connor, 1981: 120). Tovrstna idealna teoretska možnost nima za človeka, ki je končno bitje, nobenega praktičnega pomena. Takšna teoretska popolnost je za človeka popolnoma nekoristna in nedosegljiva. Odprti sistemi, ki so daleč od ravnotežja, delujejo s končnimi stopnjami.

Ayres (1998: 197) trdi: če je dovolj eksergije, to je za delo razpoložljive energije in kapitalne opreme, se vsak element lahko znova pridobi, in ni pomembno, kako je razpršen, pomešan, razredčen. Minerale je iz zemeljske skorje mogoče pridobiti ne glede na njihovo zgoščenost, samo če je dovolj razpoložljive energije. Prav tako je možno ob tem pogoju izslediti, zbrati in ponovno združiti razpršene materiale iz delovnega procesa ali kake druge človekove aktivnosti. Praktično je zelo vprašljivo, če bo kdaj imelo človeštvo dovolj razpoložljive energije, da bi lahko spet zbralo še tako razpršeno materijo, četudi možnost te koncentracije ni v nasprotju s fizikalnim zakonom in z ekološkimi dejstvi.

Celo če bi bilo na voljo zadosti energije, to po Georgescu-Roegenu ne bi omogočilo popolne obnovitve koncentracije razpršene materije zaradi časovne omejenosti ter končnosti človekove eksistence. V okviru te končnosti, torej v omejenem času, je treba rešiti problem vnovične koncentracije materije, ki se je razpršila v produkciji in potrošnji ali pa jo je treba pridobiti iz sila nizke koncentracije v rudah ali pa v kakšnih drugih energetsko zahtevnejših okoliščinah.

Neprepričljiv je za Ayresa tudi Georgescu-Roegenov pomislek, da je sončna energija preveč razpršena, da bi bila lahko temelj življenjsko sposobne solarne tehnologije. To je v nasprotju z dejstvom, da jo fotosintetični

organizmi uporabljajo že milijarde let (Ayres, 2007: 116). Toda ali to »naravno tehnologijo« lahko posnema človeška tehnologija in jo zbere v taki količini, da bi lahko poganjala avtomobile, vlake, ladje ter različne druge stroje in naprave? Takšne moči energije fotosinteza ne potrebuje. Rastline, drevesa, trava rastejo počasi. Problem je v trenutni moči in količini razpoložljive energije. Točna je ugotovitev, da sončni kolektorji v določenem časovnem razponu zberejo več energije, kot jo je bilo potrebno za njihovo proizvodnjo. Toda: ali se ta »več« lahko tudi uporabi za proizvodnjo sončnih kolektorjev? Georgescu-Roegenovo sklepanje po Ayresu temelji na prototipih kolektorjev, ki so jih že dolgo izpodrinili drugi, bolj učinkoviti. Količina zbrane sončne energije s kolektorji se razteza na mesece, leta, proizvodnja sončnih kolektorjev pa ne traja tako dolgo. V zelo kratkem času zahteva energijo, ki jo kolektor zbere v mnogo daljšem času. Za Ayresa je napačen tudi argument, da je razpoložljiva samo tista sončna energija, ki doseže zemeljsko površino (Ayres, 2007: 116). Solarne kolektorje lahko namestimo na satelite ali na Luno, in verjetno bomo to storili. Kljub tej možnosti ostaja isto vprašanje: ali se bo pridobljena energija iz sončnega sevanja uporabila za proizvodnjo sončnih kolektorjev ter izstrelitev raket v vesolje in na Luno? Če bo to mogoče, potem je domišljija tehnične ustvarjalnosti nek obilen in obnovljiv energetski vir spremenila v Prometeja III., in tako rešila energetski problem človeštva. Odprte ostajajo njegove ekološke posledice.

Potrebno je razlikovati antropogeno, proizvedeno entropijo materije v delovnih tehničnih procesih in entropijo materije antropogenih materialnih tvorb, ki je veliko bolj počasna. Razpršitev materije, razkroj materialnih struktur se dogaja tudi v naravi, in ne samo v človekovih materialnih aktivnostih. Planeti, zvezde »umirajo«, se degradirajo, razpršijo in nastajajo nove. Organizmi se razkrojijo s smrtjo. S procesom razmnoževanja nastajajo nove strukture (organizmi) iste vrste. Nove strukture razpadajo in nastajajo tako na Zemlji kot v vesolju. Razlika je v tem, da v zaprtem sistemu, kot je Zemlja, obstajajo tudi odprti sistemi (organizmi, ekosistemi, družbe) z materialnimi geokemičnimi krogotoki različnih časovnih razponov, ki jih poganja dotok sončne energije; v njih se razpršena materija znova koncentrira, toda brez posredovanja tehnologij. Brez človekovih posegov bi se materialna naravna stanja, ki so v stabilnem ravnotežju, spremenila izredno počasi.

Ko se pri pridobivanju kovin iz rud, v proizvodnji, porabi in drugih materialnih aktivnostih sploh povečuje toplotna entropija univerzuma, to za človeka – zaradi razmerja med velikostjo vesolja in velikostjo antropogeno proizvedene entropije – ni pomembno. Za človeka je pomembno, če se s temi procesi ne povečuje samo materialna entropija na Zemlji (onesnaženje voda, zraka, prsti, zmanjšanje biotske pestrosti, ogrožanje življenja ter zdravja človeka in živali), ampak tudi termodinamična, ki izhaja iz rabe fosilnih goriv, in se zmanjšuje količina oddane toplote v vesolje zaradi toplogrednih

plinov. Vse ekološke spremembe niso povezane z entropičnimi. Velike ekološke poškodbe se dogajajo ob konstantni entropiji ali celo znižanju entropije zemeljskih ekosistemov.

Najvišje entropično stanje materije na Zemlji bi bilo doseženo, ko bi bili vsi kemični elementi v zemeljski skorji enakomerno razpršeni in bi imeli končno minimalno koncentracijo. Človekovo koriščenje naravnih virov je časovno še daleč od takšnega entropičnega stanja. Železni opilki, azbestna vlakna imajo isto molekularno strukturo, kot jo ima azbestna ali jeklena plošča. Nima pa njena razpršitev enakega pomena razpoložljivosti za človekovo uporabo. Razlike ni na naravoslovni, fizikalni, kemični, ampak na antropogeni, pragmatični ravni.

Georgescu-Roegenov primer razpršitve molekul avtomobilskih gum je dokaj nenevarna zadeva v primerjavi z razpršitvijo bifenilov, azbesta, svinca v slovenskem prostoru (Krupa, Anhovo, Zgornja Mežiška dolina). Toda takih bolj ali manj opaznih primerov razpršitve materije antropogenega izvora je v sodobnih družbah na tisoče. Danes se DDT nahaja v maščobnem tkivu skoraj vsakega organizma. To razpršenost je nemogoče odstraniti (Hueseman, 2001: 278). Razpršitve materije ne potekajo samo v materialno tehnoprogenih delovnih aktivnostih, ampak tudi v specifičnem družbenem kontekstu. Prebivalci Zgornje Mežiške doline ne razumejo, kako je država lahko rudnik preprosto zaprla, topilnico svinca privatizirala, breme ekoloških posledic pa prepustila ljudem. Vsebinsko »četrtga termodinamičnega zakona« Georgescu-Roegenova potrjujejo in razkrivajo številni problemi, s katerimi se srečujejo raziskovalci in iskalci novih tehničnih rešitev za obdobje, ko bo zmanjkalo fosilnih goriv. Tako se npr. pri raziskovalnem projektu razvoja avtomobilskega motorja na pogon gorivnih celic vodika pokaže, da so: a) rešitve ujete med »dobre in slabe strani«; b) da so vezane na neke izhodiščne naravne vire; c) da je pomembno vprašanje, kakšno je razmerje med porabo energije, da se pridobi elementarni plinasti vodik in da vodik ob visoki temperaturi zapusti kovinski hidrid, ter pridobljeno razpoložljivo energijo vodika za pogon avtomobila. Kovinski hidridi omogočajo uporabo vodika pri normalnem zračnem pritisku (»dobra stran«), kar pa poveča težo rezervoarja (»slaba stran«) glede na celotno težo avtomobila. Težava kovinsko hidridnega rezervoarja pa bi bila tudi v tem, da prenese le končno število (»slaba stran«) polnjenj in praznjenj. Kemijske vezi v mreži se potrgajo in končna posledica je, da se material spremeni v prah (Dolinšek, 2007: 10).

Z biološko remediacijo je npr. možno razpršene težke kovine v prsti znova koncentrirati v rastlinah, toda ostajajo vprašanja, kako velike površine je mogoče tako očistiti, kakšna bo stopnja očiščenja ter v kolikšnem času in s kakšnimi stroški. Na ta način očistiti oziroma ponovno koncentrirati tudi ni mogoče najrazličnejših razpršenih snovi. Ne gre za to, ali je nenehno krožno gibanje teoretsko možno ali ni, ampak ali obstajajo tehnološke poti v zemelj-

skih pogojih, ki dovoljujejo vnovično koncentriranje razpršenih materialov v produkcijskih in potrošniških procesih. Kakšne so pri tem zahteve po materialnih in energetskih virih? (O'Connor, 1993: 438). To je bistveno. Ne samo da bi bila potrebna astronomska količina energije, da bi se zbrale razpršene molekule avtomobilskih gum, kot je sodil Daly, ampak bi bila potrebna najbrž tudi astronomska količina časa. Dovolj energije še ne pomeni, da lahko preprečimo vse neželene ekološke posledice za človeka in ostalo življenje.

Z usodnimi ekološko/okoljskimi problemi se človeštvo srečuje že davno pred dozdevnim bodočim vsesplošnim entropičnim stanjem materije na Zemlji. Kriza naravnih virov in ekološke/okoljske posledice koriščenja le-teh so že tu. To pa je veliko bolj praktično pomembno in usodno od teoretskofizičnih nemožnosti splošnega entropičnega stanja materije na Zemlji. Kritiki so poudarili antropomorfnost značaj izrazov »razpoložljiva energija«, »viri nizke entropije«, ker je njihova vsebina odvisna od tega, kaj ljudje morejo oziroma česa ne morejo storiti. Za Georgescu-Roegen to ni sporno. Še več, sodi, da je antropomorfnost v sami naravi termodinamike. Nemožnosti, ki jih izražajo njeni zakoni, so veljavni samo znotraj temeljnih fizičnih omejitev človeške eksistence. Možno je celo trditi, da so vsi zakoni, ne samo zakon entropije, antropomorfnost v tem smislu, da so geocentrično-antropološkega izvora: odkril jih je človek na Zemlji. Kljub antropomorfnosti pa obstaja razlika med naravno spontanostjo entropičnosti energetskih procesov in entropijo materije.

Četudi je četrti zakon kot naravni zakon zmoten, obstaja izkustveno dejstvo, da s sedanjo tehnologijo popolno recikliranje ni mogoče in da se dragoceni materiali stalno razsipajo v oblike, ki jih ni mogoče več uporabiti. Izkustvo kaže, da ni nobenega tehnološkega procesa, kjer ne bi prihajalo vsaj do minimalnega razsipanja materije.

Entropija in razvoj družbene kompleksnosti

Čeprav je zakon entropije navzoč v razvoju družbe, njene strukture in funkcioniranja, to še ne pomeni, da pri tem niso v igri številni drugi dejavniki, ki so predmet raznih družbenih in humanističnih znanstvenih disciplin. Niso vsi ti dejavniki enako pomembni v vseh družbah in v isti družbi v različnem času. Materialna in energetska entropična razpotja zadevajo celotno družbo in z njimi se spreminja družbeni status in učinek vseh drugih dejavnikov. Dokler je entropičen okvir stabilen in so njegove posledice skoraj neopazne ali so družbeno sprejemljive, ni videti pomembnih za številne druge razlage. Te lahko shajajo brez ozira na delovanje zakona entropije.

Ekološki, družbeni in ekonomski sistemi so odprti. Za svoje vzdrževanje, rast in razvoj potrebujejo energijo in materijo iz okolja ter oddajanje entropije v okolje. Za Georgescu-Roegen (1966: 82) ni nič narobe, če se reče, da je

za življenje značilen boj proti entropični degradaciji same materije. Bila pa bi velika napaka, če bi se to razumelo, da življenje lahko prepreči naraščanje entropije celotnega sistema. Entropija celotnega sistema narašča. To je točno le v primeru, če je vesolje »celoten izoliran sistem« in ni omejen samo na planet Zemljo. Obstoj življenja je izredno pomemben za potek entropičnega procesa. Z življenjem se ni večala degradacija življenjskega okolja na Zemlji, čeprav je življenje povečevalo termodinamično entropijo, ki jo je Zemlja oddajala v širši »celotni sistem« (vesolje). Pri degradaciji energije se v okolje oddaja odpadna toplota. Oddajajo pa se tudi nekateri materiali v tako razpršeni obliki, da jih ni mogoče več uporabiti v produkciji in potrošnji. Odprti sistemi vzdržujejo notranji red s povečanjem nereda v okolju. Toda to povečanje nereda velja samo za socio-tehnične sisteme. Za vsako enoto reda, ki ga ustvarja človeška aktivnost, je povzročena več kot ena enota nereda v okolju (Huesemann, 2001). Nekateri opozarjajo, da se merilo (ne)reda ne da uporabiti za pogoje daleč od termodinamičnega ravnovesja. Istovetenje naraščanja entropije z naraščanjem nereda izhaja iz neutemeljene ekstrapolacije od področja, kjer ima določen pomen entropičen nered, k področjem, kjer nima nobene uporabe. Ali je rast entropije prevladala nad procesom nastajanja novih struktur, se lahko odgovori samo kontekstualno, ne pa splošno (O'Connor, 1991: 95, 100, 106). O'Connor in še mnogi drugi pri svojem pogledu na nemožnost entropije kot mere (ne)reda ne vodijo računov o razliki med splošno evolucijo življenja in socio-tehnično evolucijo. Tudi družbeno-tehnični sistem je sicer daleč od termodinamičnega ravnotežja, toda le-ta za razliko od ostalih odprtih, živih sistemov s pomočjo zunajtelesnih organov gradi svoj red tako, da povečuje nered v naravi kot svojem okolju. V zadnjih desetletjih je industrijska evolucija začela povečevati tudi termodinamično entropijo, ki je Zemlja ne oddaja več v takem obsegu v vesolje kot v preteklosti, in človeštvo se sooča z vse bolj ekstremnimi podnebnimi spremembami. Entropična razsežnost človekove dejavnosti mora obsegati oboje: neločljivo povezanost in odvisnost človeka od narave ter hkrati njegovo posebnost od celotne narave. Sama evolucija življenja brez socio-tehnične sfere ne povečuje nereda v okolju. To je mogoče iz dveh razlogov: a) ker Zemlja oddaja toploto v vesolje; b) ker je vzpostavljen zaprt krog vzajemne rabe odpadkov oziroma degradiranih materialnih struktur. Kar je v nekem naravnem procesu odpadek, je za druge organizme zelo bistveno nepogrešljiv vir. Kisik je odpadni produkt fotosinteze, a je nepogrešljiv za živali in ljudi. Ogljikov dvokis je odpadni produkt dihanja živali in ljudi, toda bistven za rastline. Vsaka motnja v geokemičnih krogotokih (kroženje vode, dušika, žvepla, kalcija, joda idr.) je za preživetje lahko nevarna. Dotoki in odtoki v področje teh krogotokov morajo biti uravnoteženi. Antropogene motnje teh krogotokov lahko postanejo nevarne v naslednjih desetletjih. Še bolj podrobno je treba raziskati vzajemne interakcije socio-tehnične sfere z bio-

sfero in njenimi geokemičnimi krogotoki, ki zahtevajo daljši čas – desetletja, stoletja, tisočletja ... Zaradi tega časovnega razpona se mora spremeniti tudi časovni okvir političnega, ekonomskega mišljenja, individualnega potrošniškega obnašanja ter vrednotenja. Potencialni uporabniki so v anketnih odgovorih, pridobljenih z metodo naključnega vrednotenja, ki naj bi ugotavljala »pripravljenost plačati«, izničili vrednost katerega koli naravnega vira v razponu 40 let (Gowdy, 1993: 234). Neizbežno drsimo v ekosocialno katastrofo, če človeški časovni okvir ne bo upošteval širšega ekološkega vidika. Velika nevarnost je v tem, da sploh ne bomo mogli ugotoviti meje varnosti človekovega vmešavanja v stabilnost geokemičnih krogotokov. V tem primeru bi bil edini razumen odgovor: zmanjšanje antropogenega vmešavanja v naravne procese.

Porast v kompleksnosti sistemov je povezan z občim porastom produkcije entropije. Rast družbene delitve dela je večala kompleksnost sistema, in s tem tudi porast entropije. Informacija za opis kompleksnejših objektov je večja kot za opis enostavnih. Informacija torej narašča z razvojem kompleksnosti. Informacija je utelešena v kompleksnosti. Rast kompleksnosti spremlja povečanost tveganja in zmanjšanje stabilnosti. V kompleksnih energetskih sistemih so lahko nesreče tisočkrat manj pogoste kot v enostavnejših, toda če se zgodi ena sama, je lahko milijonkrat bolj rušilna. Takšna je bila npr. nesreča v Černobilu.

Razvijajoči se fizikalni, kemični, biološki in družbeni sistemi so nelinearni, kaotično deterministični sistemi. Zanje je značilna naraščajoča raznolikost struktur, naraščajoča kompleksnost in naraščajoča stabilnost kompleksnosti. Ali vse to ne velja tudi za družbeno evolucijo? Videti je, da ne, vsaj kar zadeva naraščajočo stabilnost kompleksnosti. Biološka evolucija je proces kopičenja koristnih genetskih informacij. Pri družbeni evoluciji pa gre za kopičenje koristnih kulturnih, tehničnih, znanstvenih informacij, ki se hranijo v knjigah, skicah, disketah in družbenem spominu. Ali ta koristnost še pripada vsem sodobnim znanstvenim, tehničnim in družbenim spoznanjem ter informacijam? Ne, v kolikor niso v funkciji vzpostavitve trajnostnega družbeno-ekološkega razvoja in izognitve nenamernih škodljivih posledic. Poučen je primer odkritja DDT. Paul Hermann Mueller je za to odkritje leta 1948 dobil Nobelovo nagrado. Danes pa je raba DDT prepovedana, čeprav je bila v preteklosti v nekem oziru zelo koristna. Koristne informacije prinašajo večje možnosti za življenje, da spreminja okolje na način, ki je naklonjen preživetju. Družbeni sistemi nimajo naravnih fizičnih meja med seboj in okoljem. Nimajo »kože«, kot jo imajo organizmi, čeprav so družbe geografsko lokalizirane in omejene z drugimi družbenimi sistemi v obmejnem, medregijskem, meddržavnem sodelovanju. Problemi in ovire, ki so povezane z družbenoekonomskimi mejami, se razvojno presegajo z nastajanjem takih kompleksnih tvorb, kot je EU, kjer ni več carin in notranjih meja. Obsta-

ja načelno svoboden pretok blaga, storitev, ljudi, kapitala znotraj schengenskega režima.

Socio-tehnosfera ni nujna za biosfero, biosfera pa je nujna za socio-tehnosfero. Tehnologija je zajedalska do biosfere, praviloma do nje razdiralna, niso pa to organizmi. V tem so velike razlike med tehnologijo in biosfero ter posledično tudi med biološko in družbeno-tehnološko evolucijo. Prosto energijo in materiale črpajo iz okolja tako organizmi kot podjetja, toda prvi so odvisni neposredno od energije sonca, drugi pa vse bolj posredno od njene uskladiščene, nakopičene energije v fosilnih gorivih. Prvi so odvisni predvsem od obnovljivih virov, industrijska podjetja pa v veliki meri od neobnovljivih. Življenje biosfere, organizmov temelji na krogotokih snovi, materialno-energetski obstoj podjetij pa na linearnih pretokih. Človeštvo sicer ni nehalo biti odvisno od neposredne sončne energije, toda od nje je postalo še dodatno vse bolj posredno odvisno. V predindustrijskih časih je sonce oskrbelo skoraj vso prosto energijo v obliki lesa, prehranskih izdelkov, živali, moči vetra, vode.

Tainter (1988) sodi, da nevarnost obstoja civilizacij tiči v njihovi rastoči kompleksnosti in specializiranosti. Toda ni vsaka kompleksnost in specializiranost izvor nestabilnosti in propada. Biosfera obstaja že 3,5 milijarde let. Je visoko kompleksna in specializirana. Gre za integrirano celoto specializirane raznovrstnosti. Biosfera je visoko diferencirana, a hkrati specializirana, usklajena celota. Je kompleksna integrirana celota raznovrstnosti, avtonomnih podsistemov. Temelj njene dolgotrajnosti je ravno v uspešnem povezovanju nasprotij, kot so celota-deli, sistem-podsistem, hierarhija-avtonomija, linearnost-krožnost itd.. Nevarna je visoka družbeno-tehnična kompleksnost. To je sociogena kompleksnost drugega reda v okviru naravne kompleksnosti prvega reda. Nastajajoča kompleksnost družbene in tehnične delitve dela je bistvena vsebina družbenega razvoja, ki vključuje razvoj znanosti, umetnosti, porast prebivalstva, večjo rabo naravnih virov, večjo varnost pred naravnimi nevarnostmi idr.. Naraščajoča kompleksnost prinaša večje stroške na osebo. Tainter navaja številne primere v modernih kompleksnih družbah, kako donosi vnosov onstran določene točke začnejo upadati. Izhodi iz te zanke modernih visokorazvitih znanstveno-tehničnih družb se iščejo v večji privatizaciji narave in družbenih dejavnosti (šolstvo, znanost, zdravstvo, socialno zavarovanje, komunala), večji konkurenčnosti, večjem socialnem razlikovanju, večji svobodi kapitala in trga, znanosti, tehničnih inovacijah, krčenju socialne države idr.. Bolj obilen vir energije ne bo mogel obrniti upadanja mejnega donosa investiranja v kompleksnost, bo pa to vlaganje olajšal. Spopadanje s posledicami kompleksnosti se pogosto rešuje še z večanjem kompleksnosti. Tehnologije, ki uspešno rešujejo specifične okoljske probleme, neizogibno povzročajo negativne okoljske vplive nekje drugje ali v prihodnosti. Običajno gre za kratkoročno in lokalno uspešno, ne pa dol-

goročno in sistemsko uspešno reševanje problemov, povezanih z rastočo kompleksnostjo.

Nevarna in ogrožajoča je zlasti moderna znanstveno-tehnična družbena kompleksnost in z njo povezana produkcija entropije. Na znanosti temelječe tehnologije nastajajočega postmodernega obdobja, toda v okviru paradigme ekonomske rasti, sicer odpravljajo nekatere posledice industrijske kompleksnosti, ne pa temeljne nevarnosti propada zaradi nje. Naraščajoča specializacija in kompleksnost sta bili v zgodovini za človeka koristni. Bili sta bistveni sestavini družbeno-kulturnega in tehničnega napredka. Propadanje družb je hkrati pomenilo njihovo preoblikovanje. Toda v tem procesu ni bila sama človeška vrsta (človeštvo kot celota) nikdar tako ogrožena, kot je sedaj. Staro ekonomsko idejo Ricarda, Malthusa, Milla o upadanju mejne donosnosti je Tainter (1988) razširil in povzdignil v temeljni vzrok propada najrazličnejših kompleksnih družb od njihove pojave v preteklosti na različnih celinah do sodobne znanstveno-tehnične civilizacije. Samo upadanje mejne donosnosti je za Taintera posledica naraščanja kompleksnosti. Te povezave pa še ni bilo pri Ricardu, Malthusu in Millu. Tainter (1988: 194) je med štiri koncepte obrazložitve propada kompleksnih družb kot najbolj splošnega in temeljnega, ki ga podpirajo ostali trije, uvrstil naraščanje stroškov na osebo z rastjo kompleksnosti in padajoče mejne donose od investiranja v družbenopolitično kompleksnost kot odgovor na reševanje njenih problemov. Oboje je povezano z entropično naravo človeške aktivnosti in z razpoložljivostjo virov nizke entropije. Dodane koristi na enoto vlaganja začnejo upadati. Upadati začne produktivnost kompleksnosti. Po zlomu se družbe vrnejo k nižji ravni kompleksnosti. Propad je bila prilagoditev na kontraproduktivnost kompleksnosti. Ne more se razlagati njihovega propada kot nezmožnosti za prilagoditev. Pri padajočem donosu je bil propad mogoče najbolj primeren izhod (Tainter, 1988: 198). Samo od sebe se vsiljuje vprašanje, kakšen bo odgovor na padajoče donose investicij v sodobnih kompleksnih družbah. Ali investiranje v kompleksnost vedno privede do točke, kjer mejni donos upada? Moderno ekonomsko raziskovanje na to vprašanje ne daje jasnega odgovora. Ni pa nujno vzrok propada civilizacije samo upadanje mejne donosnosti investiranja v kompleksnost. Tu so še mednacionalni, medkulturni, religiozni in drugi konflikti, ki pospešujejo propad kompleksnosti. Upadanje mejne donosnosti v sodobnih družbah poteka na različnih področjih (v poljedelstvu, pridobivanju mineralov in energije, zdravstvu, izobraževanju, znanosti, državni upravi, vojski, menedžerstvu, produkciji BDP, industrijskem konstruiranju in inoviranju) (Tainter, 1988: 211). Svaril o nevarnosti rastoče kompleksnosti pa je malo. Pogosto se misli, da je ključ za rešitev upadanje mejne donosnosti moderne kompleksnosti v večji rasti sredstev za raziskovanje in razvoj.

Stroški raziskovanja in razvoja stalno rastejo. Vprašljivo je, ali bodo zaradi

delovanja zakona padajočega donosa tehnološke inovacije lahko toliko prispevale k rešitvi bodočih problemov, kot so v preteklosti (Giarini, Louberg, 1978). Ni stvar v tem, da raziskovanje in razvoj ne bi mogla rešiti problemov industrializacije. Težava je, da to zahteva izreden porast deleža BDP za raziskovanje in razvoj (Rescher, 1978). Težko je trajno vzdrževati moderno ekonomsko rast ob upadanju donosov vlaganja v raziskovanje in razvoj. Možen odgovor je naslednji: da bi se vzdrževala trajna ekonomska rast, je vire treba preusmeriti z drugih področij k znanosti in tehnologiji. V tem se kažejo meje za koncept družbe znanja, tehnologije, inovativnosti, ki je v funkciji rasti. Dodelitev več sredstev znanosti in razvoju ni nič novega. To je trend, ki že traja tristo let (Price, 1963). Takšno investiranje na žalost nikdar ne daje trajne rešitve, ampak samo odložitev trajnejšega obdobja upadajočih donosov (Tainter, 1988: 212–213). Sedaj občudujemo mnoge ekonomsko uspešne in čudovite tehnološke inovacije. Te bodo izgubile svoj pomen v svetu, v katerem se bodo milijarde ljudi soočale s pomanjkanjem vode, hrane, energije, spremenjenimi in neprijaznimi globalnimi podnebnimi spremembami in številnimi drugimi antropogeno povzročenimi ekološko/okoljskimi nevšečnostmi. V preteklih družbah je upadanje mejnih donosov vodilo k slabitvi, dezintegraciji ali propadu. Če se bomo izognili nuklearnemu uničenju in bomo nadzirali prebivalstvo, onesnaženje, se uspešno prilagodili podnebnim spremembam, uspešno nadomestili pojemajoče neobnovljive naravne vire, preprečili degradacijo obnovljivih naravnih virov, bodo usodo kljub temu zapečatili visoki stroški in nizki mejni donosi, ki jih bodo zahtevali navedeni uspehi. Upadanje donosov lahko traja stoletja, preden pride do propada, tako je bilo pri rimskem imperiju in pri drugih civilizacijah. Zdaj ne more več propasti posamična družba. Propad bo globalen (Tainter, 1988: 214). Svetovna civilizacija se bo dezintegrirala kot celota. V preteklosti ni bilo ne globalizacije in ne svetovne zgodovine v strogem pomenu besede. Ekonomija je bila omejena pretežno na poljedelstvo in živinorejo. Težko je vedeti, ali je svet industrijske družbe že dosegel točko, kjer se začne vsesplošno upadanje mejnega donosa. Sociolog Pitirim Sorokin (1957: 530) je sodil, da so zahodne ekonomije v to fazo vstopile že v zgodnjem 20. stoletju. Drugi pa mislijo, da se bo to kmalu zgodilo po letu 2000. Avtorji Meje rasti (Meadows in drugi, 2005) predvidevajo, da bodo svoj model Svet 3 lahko empirično preverili do leta 2012. Georgescu-Roegen (1975a:134) je sodil, da zaradi zgodovinskosti ni mogoče niti verjetnostno napovedati začetka nepovratnega propadanja sodobne civilizacije, čeprav so že navzoča znamenja tega procesa (energetska kriza, okoljske katastrofe). Zaslugo prvega poročila Rimskemu klubu (Meadows in drugi, 1972) je videl v tem, da je sistematično raziskalo počasno napredovanje človeštva k izumrtju, proces o katerem sta kot o najbolj gotovem dejstvu, govorila fizik Helemlholtz in biolog Haldane. Kot ni nobene večne fizikalne strukture, tako tudi ni nesmrtnih vrste in še manj nesmrtnega orga-

nizma. Človeška vrsta v tem pogledu ni izjema. Temu se ne more izogniti kljub svoji znanstveni in tehnični ustvarjalnosti. Še več, proces njenega propadanja še pospešijo družbenoekološke posledice tehnokonomske aktivnosti v funkciji nenehno razširjajoče in konkurenčne ekonomske reprodukcije.

Nekateri ekonomisti mislijo, da bo v povezavi z ekonomsko motiviranostjo mogoče rešiti vse težave. Nobena družba ne more ubežati splošnim mejam svojih virov. Lahko se meje družbeno, politično in tehnično inovativno nadomestijo z drugimi, v temelju pa se jih ne more odpraviti. Sodobna civilizacija je prispela do točke, ko je ekološko in družbeno vse težje uspešno nadomeščanje in preseganje meja z inovativnimi ukrepi tradicionalne modrosti ekonomske rasti, privatizacije, konkurenčnosti tehnične inovativnosti in učinkovitosti. Potrebna je nova družbeno-ekološka, tehnična paradigma, ki nas bo učila, kako živeti s fizičnimi omejitvami naše biosfere. Rešitve ni v inovativnosti, ki vodi k hitrejšemu koriščenju, in s tem tudi izčrpanju naravnih virov in degradaciji storitev biosfere. Zaradi vse dražje energije bo oslabil tudi tisti vidik globalizacije, ki je povezan s transportom blaga. Zdaj npr. zaradi nizkih cen uvažamo česen in kamnite robnike iz Kitajske, čebulo iz Mehike ... Nov pomen bo pridobila omejitev na lokalne razpoložljive vire ter pridelke. Znova bomo cenili lokalnost in ne samo globalnost.

Do začetka 19. stoletja, ko so prevladovale poljedelske družbe, je bila sončna energija najpomembnejša oblika energije. Obdelane poljedelske površine so bile glavni način, da je človek nizko gostoto sončne energije spreminjal v koristno. Z rastjo prebivalstva je zemlja postala vse bolj redek vir v Evropi. Treba je bilo obdelovati vse manj kakovostne površine. Od 16. stoletja do leta 1830 je upadala kmetijska produkcija na uro dela. Zaradi tega trenda sta bila tako zaskrbljena Ricardo in Malthus. Prehod k fosilnim gorivom je zmanjšal pomen zemlje kot glavnega vira koristne energije. Zemlja je v drugi polovici 20. stoletja spet postala omejitveni dejavnik produkcije, toda zdaj v širšem pomenu kot v preteklosti. To se kaže: a) kot omejenost površin, b) kot oskrbovalec virov, c) kot prejemnik onesnaženja (Faber, Proops, 1985). Spremenila se je soodvisnost različnih vrst tehnik in odvisnost človeka od nje. Tudi antični človek je bil odvisen od tehnike, toda drugače kot sodobni. Sedaj gre za sistemsko odvisnost, odvisnost od tehničnega sistema, kjer je funkcioniranje ene tehnike odvisno od druge ali cela vrsta tehnik od ene same, npr. od energetske. Če je antični človek izgubil sekiro, obdelovanje zemlje ni bilo ogroženo. Če danes ni elektrike, ni vode v višjih nadstropjih, ker ne deluje črpalka, ne vozijo električni vlaki, tramvaji, v bolnišnicah se priklopijo na agregate, mizarji ne morejo delati z električnimi orodji ipd. Moderna tehnologija se od predindustrijske razlikuje vsaj v dveh temeljnih značilnostih: a) v večji kompleksnosti; b) v razširjenosti prostorskega in časovnega vpliva. Njene posledice postajajo vse bolj globalne, dolgoročne

in časovno zamaknjene (Bullard, 1988). Ne bi mogli trditi, da ekoloških posledic ne poznamo vselej dobro samo pri industrijskih tehnologijah. Namačkanje zemlje je preprosta in zelo stara tehnologija, toda posledice zasolitve tal v Mezopotamiji so se pokazale šele čez mnogo desetletij in stoletij.

Čimhitrejši je proces, tembolj entropija raste. Iz teorije sledi, da če procesi potekajo neskončno počasi, ni nobene entropije. Nevarnost torej ni samo v kompleksnosti, ampak tudi v hitrosti procesov, aktivnosti, sprememb, hitrosti rasti produktivnosti. Sodobne družbe niso vse bolj samo kompleksne, ampak tudi dinamične in zato tudi vse bolj entropične. Bolj aktivni sistemi odvezemajo več kakovostne energije in materije drugim, in s tem izrinejo svoje tekmece. Družbeno-tehnični sistemi so bolj aktivni uporabniki okolja in so praviloma tudi večji onesnaževalci. Odvezemajo življenjski prostor, življenjske razmere in energijo drugim vrstam. Kompleksnost sodobne civilizacije se je dvignila na globalno raven, z njo pa tudi ekološke/okoljske posledice. Ko gre za čezmejno in celo globalno onesnaževanje, mora preventiva potekati na bolj globalni ravni. Vpliv nacionalne industrializacije se ne more več motriti izolirano od ostalega sveta. Zaradi tega je razumljiva zaskrbljenost okoljske politike EU, da se njenim ciljem ne bodo pridružile take velike države, kot so Kitajska, Indija, ZDA, Brazilija, Avstralija.

Starogrška mita o Prometeju in Pandorini skrinjici, ki govorita o tehnični moči človeka, narave in bogov, imata večjo sporočilno vrednost za današnjo znanstveno-tehnično, tržno družbo kot pa za antično. Grški človek še ni imel tehnične moči, da bi manipuliral s časom, prostorom, materijo, energijo, genomom. Kako se spreminjajo ta razmerja, ko človek sega po moči bogov in hoče zaigrati njihovo vlogo? Mar s tem človek ne sega samo po svojem lastnem bogastvu, kot bi dejal mladi Hegel, ki ga je z religijami prenesel na nebo? Problem ni bog, ampak človek ter njegovo razmerje do narave. Človek sam s svojo moderno tehnologijo in znanostjo je v bistvu postal božanska moč v odnosu do narave, toda brez božanske vsevednosti, predvidljivosti, previdnosti in modrosti. Vse kaže, da sodobna znanost in tehnologija v kapitalističnem kontekstu ne bosta odpravili vseh tegob, ki so ušle iz Pandorine skrinjice. Še več, z nenamernimi in nepredvidljivimi družbenimi in ekološkimi posledicami znanstveno-tehničnega napredka se nekatera zla poglobljajo, nastajajo pa tudi nova, ki jih še ni bilo v Pandorini skrinjici, npr. grožnja globalnih podnebnih sprememb, etični in ekološki problemi manipuliranja z geni, izčrpanje fosilnih goriv, kemizacija bivalnega, delovnega in naravnega okolja, jedrska vojna, tveganja za človekovo zdravje, povezana z nanotehnologijami in elektromagnetnimi sevanji ter jedrsko energijo, dolgoročno varno shranjevanje visokoradioaktivnih jedrskih odpadkov, uporaba oplodnih reaktorjev idr.. Namesto antičnega mita imamo moderne mite o trajni ekonomski rasti, produktivni ekonomski vlogi socialnega razlikovanja, odsotnosti socialnoekonomskega izkoriščanja, socialno-ekonomskih razlikah

kot zgolj posledicah različnih naravnih sposobnostih, popolnosti trga, možni produkciji brez odpadkov in skoraj brez naravnih virov, vsemogočnosti znanosti in tehnologije, možni človekovi popolni kontroli in obvladovanju narave, neskončni elastičnosti nadomeščanja idr..

Rešitve, predlogi, iluzije ter stare vsebine v novi embalaži

Zakon entropije je bil navzoč v vsej dosednji človeški zgodovini, toda njegove posledice so postajale vse bolj vidne z razvito industrijsko družbo, s sedanjo znanstveno-tehnično, z ekonomsko globalizacijo in ekonomsko rastjo zadnjih dvesto let. Pravih vzrokov moči njegovega delovanja pa mnogi še niso pripravljene priznati miselno, vrednotno ter politično.

Ekološki/okoljski problemi so pomembni za politiko in etiko. Vsaka generacija onesnažuje in porablja vire. To je naravna nujnost družbenega življenja, ni pa naravna nujnost vrsta, stopnja onesnaženja in hitrost porabe virov. Vsaj dva razloga predstavljata veliko oviro za bistveno zmanjšanje onesnaženja: a) obseg porabe energije in materialov je do določene mere povezan s kakovostjo življenja in specifičnostjo človeka v primerjavi z drugimi bitji; b) nemožnost ničelnega onesnaženja, ki temelji na zakonu entropije in deluje v človekovih aktivnostih.

Različni predlogi strategije izhoda iz ekološke/okoljske krize poudarjajo politično-ekonomske, znanstveno-tehnične, vrednotne razsežnosti. Kakšna naj bo politika, da bi človeštvo še dolgo lahko živelo na Zemlji? Pri odgovoru na to vprašanje morajo sodelovati različne politične, miselne, vrednotne, znanstveno-raziskovalne opcije, ne pa samo vladajoče prorastoče. Z ekonomsko-političnega in materialno-tehničnega vidika so v ospredju naslednje naloge: a) varčevanje in zmanjšanje porabe energije; b) povečati učinkovitost; c) povečati delež obnovljivih virov energije v celotni porabi na 20 %; č) zmanjšati izpuste toplogrednih plinov v EU do leta 2020 vsaj za 20 % v primerjavi z ravnimi v letu 1990; d) razviti tehnologije varnega shranjevanja ogljikovega dvokisa; e) doseči tehnično izvedljivost in življenjsko sposobnost fuzijske in sončne tehnologije. To so finančno izredno zahtevni cilji, toda zelo verjetno je, da so ekološko še vedno premalo radikalni in v glavnem prepozni. Bližnje ekološke posledice sicer blažijo, jih pa ne morejo več preprečiti. Glavna hiba teh in drugih pomembnih ekotehničnih inovacij je v tem, da ne postavljajo pod vprašaj vladajoče paradigme rasti in z njo povezanih družbenih odnosov, življenjskega sloga, vrednot, mišljenja, ki so privedli k sedanji krizi in se bo nadaljevalo kljub vsem inovacijam, če se paradigma ne bo zamenjala. Problemov ne moremo reševati z istim načinom mišljenja in politično-ekonomskega delovanja, ki je privedel do njih.

Tehnološki in ekonomski optimisti navajajo naslednje argumente proti pesimistom, ki razglašajo bližnji začetek konca naftne dobe, ki nastopi, ko je

dosežen vrh črpanja in porabe količine nafte v primerjavi z ocenjenimi količinami novih odkritih zalog.

- a) Odkrita so nova velika nahajališča nafte v Braziliji in drugod po svetu. Kaj ta velikost pomeni? Ali ta odkritja ovržejo koncepcijo vrha? Ali njihova velikost ob sedanji hitrosti porabe nafte samo za nekaj let zamaknejo vrh?
- b) Kamena doba se tudi ni nehala, ker bi zmanjkalo kamna. Kamen je bil delovno sredstvo, ne pa energetski vir v lovskih in nabiralniških skupnosti, kot so fosilna goriva v industrijski civilizaciji.
- c) Nafte je veliko v naftnih škrilavcih. S porastom cene nafte bo postalo ekonomično pridobivanje nafte iz njih. Ni pomemben samo kriterij ekonomske, ampak tudi termodinamične učinkovitosti. Nobena tehnologija pridobivanja energentov primarne energije ne more postati življenjsko sposobna, če ni termodinamično učinkovita, to je, da je z njo mogoče pridobiti več razpoložljive energije, kot pa se jo porabi za njeno pridobivanje. Treba je tudi razlikovati med zgolj obstoječo energijo in njeno razpoložljivostjo za človekovo delo. Oceani vsebujejo ogromno energije, toda: ali jo mar lahko koristi ladijski promet? Poleg termodinamičnih in ekonomskih so še ekološki vidiki takšnega pridobivanja nafte.
- č) Ko določeni naravni viri in zlasti energija postanejo redki, potem jih bodo v večji meri nadomestili drugi dejavniki produkcije, kot sta kapital in delo. Toda spet samo do določene mere, če se ne sprejme možnost neomejenega nadomeščanja, kot izhaja iz koncepta »šibke trajnosti«.
- d) Hubbert (1949) naj bi se že pogosto »opekel« s svojimi napovedmi o naftnem vrhu. Kolikor mi je znano, se je potrdila njegova napoved, da bodo ZDA dosegle vrh produkcije domače nafte v začetku 70. let. Bojim se, da se Hubbert ni »opekel«, da pa se bodo »opekli« nepopoljšljivi tehnični in neoliberalni ekonomski ter politični optimisti in z njim vsa civilizacija, ker prakticira koncepcijo trajne ekonomske rasti, razširjene reprodukcije kapitala in velike možnosti nadomeščanja naravnih virov in storitev s človeško narejenim kapitalom.

Ne smemo se zanašati samo na tehnične možnosti prihodnosti v odnosu do naravnih virov in ekosistemskih storitev. Previdnost izhaja iz ugotovitve o povezavi tehničnega napredka in naravnih virov v industrijskem razvoju. Porast vnosov kapitala in dela naj bi razložilo samo 10–20 % sprememb v povečanju produktivnosti dela, ostalo bi odpadlo na spremembe vnosov naravnih virov, zlasti energije. Tehnična sprememba »igra mnogo manjšo vlogo, kot se je običajno mislilo« (Hannon, 1979: 161). Nesporno je, da brez ključnih tehničnih inovacij, kot sta bila npr. parni stroj in kasneje motor z notranjim izgorevanjem, ne bi bilo železarske, avtomobilske in drugih industrij. Enako, a še bolj gotovo je, da te inovacije ne bi mogle voditi k industrijski družbi, če bi bilo izredno malo takih naravnih virov, kot sta premog in nafta.

Ne glede na pomen znanstvenega znanja za nove tehnične inovacije (science based technologies) je v temelju ostalo isto razmerje med tehnologijo in naravnimi viri, kot je bilo v industrijski družbi. Še več: pomen naravnih virov in storitev je postal odločilnejši: a) ker so ogroženi in degradirani obnovljivi viri v velikem obsegu; b) ker se soočamo s pojemanjem razpoložljivosti neobnovljivih virov. Nastajajoča industrijska družba pa je imela nasprotno pred seboj naraščanje odkrivanja neobnovljivih fosilnih goriv.

Rešitev okoljskih problemov Vollebergh in Kemfert (2005) vidita v tehnološki spremembi in s tem povezano okoljsko politiko. Do tega sklepa sta prišla v raziskavi, v kateri sta ločeno analizirala patente za okoljsko tehnologijo od ostalih patentov. Pokazala se je jasna povezava med okoljsko politiko in tehnološkimi spremembami, ki se jih meri s patenti. Inovacije hitro odgovorijo na spodbudo, da se zmanjšajo visoki stroški za onesnaženje. Premalo pa je še del o povezavi med okoljsko politiko in mednarodnim prenosom tehnologije. V splošnem ni sporna okoljska učinkovitost posamičnih tehnologij, toda potreben je celosten, dolgoročen pogled na kombinirane vzajemne učinke različnih področij (prebivalstvo, industrija, poljedelstvo, naravni viri idr.), kar je prednost modela Svet 3 v Mejah rasti (Meadows in drugi, 1972, 1992, 2005).

272

Osnovni problem je v tem, da je za tehnološke in ekonomske optimiste nesprijemljiva ideja o končnosti in izčrpljivosti neobnovljivih virov ter o nemožnosti popolne kontrole narave. Če pa jo že sprejmejo, razmišljajo v stilu: naj grozi kar koli, elastični svobodni trg bo vedno pravočasno našel tehnične in ekonomske rešitve. Ausubel je prepričan, da tehnologija lahko obvaruje Zemljo. Učinkovitost na področju enega izmed štirih najbolj pomembnih virov (energija, surovine, zemlja, voda) spodbuja učinkovitost na drugih področjih (Ausubel, 1996: 177). Glede nemožnosti velike elastičnosti, s katero bi naraven kapital nadomestili s človeško narejenim, so pesimisti po Ayresu bliže resnici kot optimisti, toda iz napačnih izhodišč. To je znana logična napaka silogizma, ko se iz napačnih premis s pravilnim sklepanjem pride do pravilnega zaključka. Ker je sklep pravilen, ni pozornosti do napačnosti premis oziroma je ta drugotnega pomena in se jo celo spregleda. Že se kaže velika verjetnost, da, žal, ne gre za napačno premiso pesimistov.

Celo če neobnovljivi naravni viri niso omejujoči dejavnik blaginje človeštva in njegovega preživetja, nevarnost prihaja od krhkosti in ranljivosti naravnih krogotokov. Njihove storitve so del skupnih javnih dobrin in nimajo cene. Trgi ne igrajo nobene vloge v razporeditvi teh virov. Ni nobenega vgrajenega mehanizma, ki bi zagotavljal, da ko raste povpraševanje, raste tudi obseg ponudbe teh naravnih storitev. Nasprotno, ta se zmanjšuje. Uporabo nekega pojemajočega vira res lahko izpodrine in nadomesti nek drug razpoložljiv vir, ki je še bolj tehnično dovršen in ekonomsko učinkovit. Vprašanje pa je, če je tudi ekološko. Možno je, da še bolj pogloblja netrajnostno prakso.

Ali zdaj že razpolagamo z novimi energetske viri in njim ustreznimi življenjsko sposobnimi tehnologijami, ki lahko nadomestijo fosilna goriva, kot so ta nadomestila les? Solarna tehnologija je parazitska, dokler njena produkcija zahteva energijo fosilnih goriv. Življenjsko sposobna je tista tehnologija, ki omogoča pridobiti več virov, kot pa jih je bilo porabljenih za njihovo pridobitev.

Tehnologija, ki je temeljila na fosilnih gorivih, je bila prometejska, življenjsko sposobna za dvesto let. Njena kratkotrajna trajnost se končuje. Ne more biti temelj dolgoročnega trajnostnega razvoja. Vire, na katerih temelji, prej ali slej izčrpa; potrebna bo nova prometejska tehnologija. Za Georgescu-Roegen sta bili prometejski tehnologiji ogenj (les) in toplotni stroji. Včasih pa je mednje uvrščal še poljedelstvo.

Izčrpanje fosilnih goriv bo igralo podobno vlogo, kot jo je izčrpanje gozdov v zahodni Evropi in Angliji ob koncu srednjega veka in na začetku novega. Ne gre za omalovaževanje raznovrstnih in sijajnih inovacijskih prodorov (pasivne hiše, vodikove gorivne celice, biogoriva, nanotehnologije idr.), ampak da se s celostno energetske bilanco oceni, ali te res že predstavljajo konec parazitske odvisnosti od fosilnih goriv ali pa so le pomembni mejniki v tej smeri in si bo človeštvo z njimi kupilo čas za popolno osvoboditev, ne pa da se ustvarja nevarna iluzija, da je s temi inovacijami to že doseženo in gre le še za njihovo vsesplošno razširitev, da postanejo nov energetske temelj civilizacije, da postane življenjsko sposobna tehnologija, torej Prometej III.. Pri solarni tehnologiji, ki naj bi prevzela zgodovinske vlogo Prometeja III., se pogosto ne vodi računa z razlikovanjem med izvedljivo (feasible) in življenjsko sposobno (viable) tehnologijo. Solarna tehnologija je sicer izvedljiva, ni pa še življenjsko sposobna, dokler je njena produkcija še odvisna od energije fosilnih goriv. Za tehnologijo fuzije pa še ni popolne gotovosti, če je sploh izvedljiva. Tehnično je lahko neka zadeva izvedljiva, čeprav ni donosna, ekonomska, kot je bila npr. uresničitev projekta pristanka človeka na Luni. Realno možno je, da bo solarna tehnologija postala tudi življenjsko sposobna, toda zaradi te možnosti v prihodnosti se ne sme tajiti, da to trenutno še ni. Če se sončni kolektorji dobičkonosno prodajajo, to še ni dokaz, da gre za življenjsko sposobno tehnologijo. Neupoštevanje razlike med izvedljivo in življenjsko sposobno tehnologijo je temelj številnih tehničnih iluzij, ki se ponujajo kot utelešenje načela trajnostnega razvoja. Tehnologija lahko ostaja življenjsko nesposobna, četudi je izvedljiva, cenovno konkurenčna in se investicije dokaj hitro povrnejo. Treba je biti pozoren na fizično, termodinamično in ekološko stran nadomeščanja, in ne samo na ekonomsko. Prezgodnjo finančno veselje lahko zelo zagreni termodinamična analiza nadomeščanja. Pri t. i. pasivnih hišah, to je energetske varčnih zgradbah, je res lahko poraba energije celo do desetkrat manjša, toda v izhodiščni točki je takšno konstrukcijo omogočila poraba neobnovljivih energetskih virov; zaradi tega

so takšne zgradbe še vedno parazitske, čeprav njihovo tekoče funkcioniranje silno zmanjšuje ali celo ne potrebuje porabe neobnovljivih energetskih virov. Toda če sedaj teh virov ne bi bilo, takšne zgradbe ne bi bile mogoče. Treba se je spopasti tudi s to parazitsko odvisnostjo v izhodišču in se ne zadovoljiti z veliko manjšo neodvisnostjo v času obratovanja.

Pimentel in sodelavci (1994) so ocenili, da bi bilo ob sedanji učinkovitosti solarne tehnologije potrebne 20 % kopenske površine ZDA, da bi ZDA pokrile 40 % svojih sedanjih potreb po energiji. To pomeni, da bi bila lahko razpoložljivost kopenske površine omejujoči dejavnik za pridobivanje sončne energije na sedanji tehnični način. Je pa tu še problem biotske pestrosti. Čimvečja je preusmeritev energijskega toka sončne energije za človeške potrebe, tem večja je izguba biotske pestrosti v danem ekosistemu. Nemogoče je v velikem obsegu uporabiti sončno energijo brez znatnih okoljskih vplivov. Vsi industrijski procesi pa bodo, če že ne bi imeli nobenih snovnih izpustov, neizogibno imeli negativne okoljske vplive, ki so povezani z uporabo energije tudi iz obnovljivih virov, kot so npr. sončna energija, biogoriva ali veliko koriščenje biomase. Ne smemo si umišljati, da je brez njih t. i. druga generacija biogoriv. Pri sedanji generaciji biogoriv bi lahko celo šlo za dramatično zmanjšanje površin za pridelovanje hrane. Morebitni prihod Prometeja III. ekološko torej ni popolnoma neproblematična zadeva. Ne sme se politično in raziskovalno spregledati ali zanemariti ekoloških/okoljskih ter socialnih posledic in zahtev prehoda k razširjeni rabi obnovljivih virov.

Ayres (1998: 205–206) vidi rešitev sodobnih ekoloških/okoljskih problemov v povezavi radikalnega porasta dematerializacije z dramatičnim porastom recikliranja neobnovljivih virov, ki temelji na rabi obilne sončne energije. Prodaja trajnih materialnih dobrin se bo zmanjševala, a se bo povečevala prodaja njihovih storitev. Ta premik bi tudi pripomogel k zmanjšanju porabe materialnih virov in silno povečal njihovo življenjsko dobo. Rešitev podrobnosti teh premikov je naloga inženirjev, okoljevarstvenikov, sociologov in ekonomistov. Ne predvideva kakšnih radikalnejših družbenih sprememb v lastninskih odnosih. Dematerializacija bi izhajala iz lažjih produktov, minituarizacije novih tehnologij, uveljavitev in razširitev nanotehnologij, daljše življenjske dobe trajnejših dobrin in premika od nakupa materialnih dobrin k nakupu njihovih storitev. Slednje je povezano s spremembami življenjskega sloga in navad potrošnikov. Zmanjša se stopnja amortizacije, to je fizičnega razvrednotenja trajnih uporabnih dobrin in s tem razvrednotenja naravnih virov, materije sploh. Materialni vidik ekonomije bi postal vse manj pomemben. Takšna ekonomija storitev je hipotetična in mogoče sploh ne bo nastala.

Strukturne spremembe v ekonomiji, povezane z materialno in energetsko manj intenzivnimi sektorji, naj bi odtehtale okoljske vplive ekonomske rasti. To bi omogočilo trajno rast in hkrati obdržalo naravni sistem v uravno-

teženem stanju. Tehnološko je možen premik od neobnovljivih k obnovljivim virom. Večina ekonomistov misli, da se bo to zgodilo samodejno, ko bodo stroški pridobivanja primarnih neobnovljivih naravnih virov dosegli in preseгли stroške rabe obnovljivih virov ter zbiranja, očiščevanja in vnovične rabe sekundarnih virov (odpadkov). Oba cilja bi bilo mogoče doseči: trajno ekonomsko rast in ekološko trajnostno družbo. To je najbolj sprejemljiva usmeritev za sedanjo okoljsko politiko, čeprav je iluzorna in dolgoročno katastrofična. Celokupni pritisk na okolje – kljub ekonomski rasti – lahko ostane konstanten, če se ne prisvoji niti prevelik niti premajhen del naravnega kapitala. Ekološka in ekonomska znanost pa naj določita velikost tega prisvajanja. Optimisti stavijo rešitev ekoloških problemov na nadomeščanje in se ne spotikajo nad ekonomsko rastjo. Toda problematična je sama rast, tako kakovostna, a še bolj zgolj količinska. Za nerazviti, revni svet je rast potrebna, ne pa za razviti in bogati. Še vedno je zelo pomembna Schumpetrova razlika med razvojem in rastjo. Ekonomska sprememba je kombinacija obojega: »V preteklosti je razvoj običajno uvedel rast in rast se je zgodila samo v povezavi z razvojem« (Georgescu-Roegen, 1976: 19).

Mnogi vidijo rešitev sedanjih ekoloških/okoljskih problemov v tržnih spodbudah tehnoloških sprememb. Tržni mehanizem je v bistvu notranji način komuniciranja ekonomskega sistema, s katerim sam sebe regulira. Ta sistem pa nima dobro razvitega mehanizma, ki bi bil občutljiv za razmere v naravnem okolju, v katerega je umeščen. To je temeljna slabost, ki ogroža dolgoročni obstoj preživetja človeštva. Upoštevati to dejstvo in temu ustrezno spremeniti globalni in nacionalni ekonomski sistem mora biti temeljni izziv »zares nove politike«. Zavestno družbeno-politično delovanje in znanstveno raziskovanje vzpostavitve nove senzorne organe za politiko. Tržni mehanizem nima tudi vseh potrebnih senzorjev za socialno okolje, v katerem deluje. Zato prihaja do velikih socialnih razlik, socialnih konfliktov ali celo do revolucij. Na te hibe trga so odgovorili socialna demokracija, marksizem, socializem, socialna država. Socialni popravki tržnega mehanizma so prehiteli ekološke. Nujni so oboji, čeprav se je dolgo časa zdelo, da so popolnoma neodvisni. Socialna korekcija ni vključevala ekološke in ekološka ne socialne.

Ekosocialne, ekoekonomske in ekotehnične spremembe vključujejo ali celo predpostavljajo spremembo vrednot. Ekonomisti pa pogosto vpregajo voz pred konja, ko trdijo, da bi rastoče ekološke/okoljske probleme lahko odpravile cene, če bi bile »prave«. Cene naravnih virov ne morejo biti »prave«, če niso prave naše vrednote. Naravni viri in storitve so podcenjeni zaradi našega vrednotenja narave sploh. Stern (Nadeau, 2008) je v predavanju o poročilu svoje raziskovalne skupine o ekonomiji podnebne spremembe sodil, da etične razsežnosti tovrstnih okoljskih problemov sežejo prek vsake ekonomske teorije. Če je realna usmeritev zmanjšanje razsipništva –

kako naj se to doseže? Z naraščajočo redkostjo virov naraščajo cene, kar bi vodilo k zmanjšanju povpraševanja, zmanjšanje povpraševanja pa bi samodejno vodilo k znižanju cen, to pa spet k večjemu povpraševanju, in s tem k večji porabi virov itd.. Tržni mehanizem sam po sebi ne more preprečiti ekocialne krize človeštva. Kot »večni gibalec« bi se ta čisti tržni mehanizem ponavljal, če se ne bi vanj vmešale psihološke, socialne, politične, ekološke vrednotne spremenljivke. Cenovni sistem usmerja in zapeljuje sedanje generacije v čezmerno koriščenje naravnih virov. Z bojem za nizko entropijo je povezana notranje- in medgeneracijska socialna pravičnost. Je pa tudi izvor notranjedružbenih, meddružbenih in medgeneracijskih socialnih konfliktov.

Vztrajanje politikov, ekonomistov in večjega dela javnosti pri stalni ekonomski rasti oziroma potrošnji je povezano z obdobjem mineralnega izobilja zadnjih dvesto let, ki pa se končuje. Morali bi se miselno, vrednotno, praktično pripravljati na nove razmere, in ne načrtovati maksimalne možne rasti, h kateri so usmerjene ekonomske politike vseh držav, ampak – nasprotno – minimalno ali celo ničelno rast. Takšen model sta za Kanado naredila Victor in Rosenbluth (2007). Vsa ekonomska politika in politika sploh je usmerjena na maksimiranje koristi, ne pa na minimiziranje prihodnjega nazadovanja. Geslo »nejmo, pijmo in se zabavajmo danes, saj smo jutri lahko že mrtvi« ima smisel ob predpostavki, da smo smrtna bitja. Toda naša smrtnost je sestavina kvazinesmrtnih skupnosti, kot so družine naših potomcev, narodi in človeštvo. Ob tej povezavi pa ni več smiselno izničiti prihodnosti. Realno je oboje: naša smrtnost in naša povezanost z nesmrtnostjo. Slednja je razumni temelj korekcije kratkoročnega ekonomskega obnašanja. Ob sedanjem navdušenju nad globalizacijo, kot jo zagovarjajo tisti, ki imajo ali si obetajo od nje največ koristi, je treba v ekološkem in socialnem smislu na novo razmisliti o razmerju med globalnostjo in lokalnostjo. Tsuchida (1999: 376) gre celo tako daleč, da predlaga, da se vse države odrečejo svobodni trgovini v poljedelstvu in drugih industrijah, omejijo uvoz in se vrnejo k zaščiti trgovine. Torej je proti sedanjemu načelu svobodnega pretoka blaga, kapitala, storitev. To se ima lahko po Tsuchidu za novo deklaracijo merkantilizma v obdobju priznanja omejenosti Zemlje in njenih naravnih virov. Poškodba naravnih krogotokov in odlaganje odpadkov ogroža temeljne pogoje preživetja človeštva in je za Tsuchida največji zločin. Small in Jollands (2006) tudi predlagata zmanjšanje globalne trgovine, vendar samo v tistem obsegu, ki je nepotreben. Poudarek je treba prenesti na lokalno produkcijo hrane, kar bo zmanjšalo odtujitev od sredstev za preživetje. Zamisliti se je treba nad dejstvom, da je znaten del našega energetskega temelja in celotne EU v Rusiji, severni Afriki, na Bližnjem vzhodu in v Savdski Arabiji. Tudi ti oddaljeni energetske viri so omejeni in izčrpljivi. Filozofijo tekmovanja naj nadomesti filozofija sodelovanja. Vzpostavi naj se enak dostop do zdravstvene oskrbe in izobraževanja za vse ljudi.

Namerno je treba upočasniti uvajanje novih tehnologij, dokler niso bolj jasno razumljeni njihovi ekološki vplivi. Človeški napredek je prišel do razpotja, kjer je treba premisliti in prevrednotiti vse: razumevanje človeka, kakovost njegovega življenja, ekonomijo, družbene odnose, vrednote, napredek, znanost, tehnologijo. Nietzsche je za svoj prvenec Rojstvo tragedije dejal, da je v njem zgrabil nekaj strašnega in nevarnega – sam problem znanosti, ki je bil prvič razumljen kot problematičen in vprašljiv (Urbančič, 1996: 271). Danes temu strašnemu problemu »z rogovi« pravimo postmoderna, postklasična, postnormalna znanost. Problem je postal še bolj žgoč in vprašljiv v kontekstu družbe tveganja, socialne ter ekološke krize človeštva, in to ne samo na ravni uporabe znanosti, ampak ponekod že na ravni raziskovanja, npr. genetike. Nietzsche je kot prvi najbolj radikalno mislil ne samo na ontološke, logične, metodološke predpostavke moderne znanosti, ampak tudi na bistvo znanosti kot temelj nekega načina življenja. Ni pa tako kot Marx povezal razumevanje znanosti s kapitalom in družbenimi odnosi.

Dolgoročno je okoljske vplive mogoče zmanjšati le z zmanjšanjem prebivalstva, manjšo potrošnjo in z večjo ekološko učinkovitostjo rabe obnovljivih in neobnovljivih virov in s preusmeritvijo na obnovljive vire. Trajna zaščita okolja primarno in dolgoročno ni tehnološki, ampak družbeni in vrednotni problem. Tehnološke rešitve so nujne, a niso zadostne. Povezati se morajo z radikalnimi družbenimi vrednotnimi, miselnimi spremembami, spremembami vzorcev obnašanja, življenjskega sloga idr.. Politika zavaja javnost, v kolikor ji nenehno dopoveduje, da se bodo okoljski problemi rešili samo z znanostjo, tehnologijo in delovanjem trga.

Na razpotju ni samo okoljska politika in z njo povezana okoljska/ekološka ekonomija, ampak celotna paradigma dosedanjega družbenoekonomskega razvoja in njene zavesti. Gowdy, Erickson (2005: 20) vidita bistvo razpotja ekološke ekonomije v naslednjem: povezati družbene in biofizične kritike ali postati žrtev karikature, ko se staro Walrasovo vino toči v nove steklenice.

Georgescu-Roegen je odklanjal »prodajalce ekološke odreditve« (uravnoteženo stanje, trajnostni razvoj) kot najbolj priljubljene uspavanke (Georgescu-Roegen, 1991: 12). Trajnostni razvoj je bil za njega sprejemljiv samo, če njegov cilj vključuje negativno demografsko rast do ravni, ko se prebivalstvo lahko prehrani z organskim poljedelstvom (Georgescu-Roegen, 1976: 34). Tudi Dalyjevo uravnoteženo stanje družbe (steady state society) je bil za Georgescu-Roegen nerealističen program. Po njegovem se moramo odreči prevelikemu segrevanju, prevelikemu hlajenju, preveliki hitrosti in številnim drugim presežkom. Tehnični optimisti, neoliberalni in okoljski ekonomisti ter politiki stavijo na rast učinkovitosti. Ta ima svoje fizične meje, če ne predpostavljamo zemeljskega raja (Georgescu-Roegen, 1979: 98). »Zares nova politika« je veliko bolj težavna in ustvarjalna od trajne rasti, vse večje konku-

renčnosti, učinkovitosti in vse večjega socialnega razlikovanja. To je miselni vrednotni, politični, socialni, tehnični izziv. Ambiciozni in finančno zahtevni okoljski cilji EU so na žalost še vedno znotraj paradigme rasti. Tudi znano Sternovo poročilo Ekonomija podnebne spremembe, ki predlaga finančno preventivni okoljski pristop, si ne zastavlja vprašanja, komu je rast namenjena. To je zunaj politično dopustnega (Spash, 2007: 712). Izpušča se praviloma bistveno: meje rasti, privatizacijo narave in družbene izvora socialne neenakosti. Zastavljati si taka vprašanja je velika politična in ekonomska herezija, ker sta rast in privatizacija temelja modernih družb. Mitična suverenost potrošnika je seveda samo miselni konstrukt.

Da bi ublažili agonijo entropične zanke, potrebujemo bioekonomski program. Pri zagovornikih programa prilagajanja kmetijstva podnebnim spremembam in preventivnega okoljskega obnašanja vsega gospodarstva je moteče, da so le redkokdaj kritični do minule in obstoječe ekonomske in politične prakse ter njenega vladajočega načina mišljenja in vrednot, ki nas je privedel v situacijo, ko nam preostane samo še prilagajanje. Prilagajanje je sicer značilnost vsega življenja in njegovega razvoja, toda za družbo na sedanjih stopnji vednosti mora postati vse bolj značilno preventivno izogibanje možnim posledicam. Preventivno izogibanje mora vse bolj nadomestiti naknadno ali preventivno prilagajanje, ko se posledicam ni mogoče več izogniti. To se je zgodilo pri podnebnih spremembah; toda ali smo se iz tega ekološko/okoljsko kaj naučili? Ali spreminjamo svoje obnašanje pri drugih aktivnostih, kot so npr. namerno sproščanje gensko spremenjenih organizmov v okolje, uporaba številnih kemikalij v poljedelstvu, uvajanje nanotehnologij idr.?

Za mišljenje naknadnega prilagajanja je problematična količina toplogrednih plinov, ne pa paradigma rasti in njena politika. Idejnovrednotno se pripravljaja javnost na nove gradnje jedrskih elektrarn, kar se opravičuje s tem, da pač ne povečujejo izpustov toplogrednih plinov. To je sicer res, a vseeno gre za tragično situacijo, ko izbiramo med možnim tveganjem posledic rabe jedrske energije in tveganjem posledic podnebnih sprememb. Tragični značaj izbire pogloblja še prehod na hitro oplodne reaktorje, ki sicer silno povečujejo učinkovitost izrabe jedrskega goriva, ostane pa problem plutonija kot izredno nevarne substance. Sodobna znanstvenotehnična, kapitalistična civilizacija je stkala mrežo, v kateri sicer že zamenjuje posamične nitke, toda prej se bo verjetno v tej lastni mreži zadušila, preden bo uspela zamenjati celotno mrežo s paradigmo ekosocialne trajnostne družbe.

Če se naše izbire upravljanja z naravnimi viri in ocene tehnoloških vplivov nanje izkažejo za napačne, ne bomo imeli druge priložnosti. Ekološki/okoljski primeri potrjujejo Nietzschejevo misel, da nas posledice »naših dejanj držijo za ušesa in jim je presneto malo mar, da smo se medtem že 'boljšali'« (Nietzsche, 1988: 84).

Dejanski vzorec razvoja je trend rasti prebivalstva, ekonomska rast, tehnizacija in privatizacija narave, vse večja poraba naravnih virov, ne pa trajnosten razvoj. Ne more se reči, da ne obstajajo alternative za te trende, vendar jih politika ne sprejema. Zanj so utopične, neizvedljive. Torej je edina realna pot v katastrofo, ki pa se jo razume kot pot k večji blaginji, ki jo zagotavlja ekonomska rast. Problem ni v tem, da ni nobenih alternativ, ampak v tem, da te še niso politično sprejemljive. Če so cilji Georgescu-Roegenovega minimalnega bioekonomskega programa utopični, potem za človeštvo in za njegov trajnostni obstoj na Zemlji ni rešitve. Če se ne izvede splošne razorožitve, zmanjša prebivalstvo, zmanjša socialnih razlik znotraj družb ter med bogatimi in revnimi državami, ne spremeni življenjski slog, ki je zdaj visoko materialno-energetsko intenziven in potraten, ne bomo pobegnili bližnji agoniji entropične zanke, četudi bi zmanjšali količino izpusta ogljikovega dvokisa in se preusmerili k obnovljivim virom energije in nadomestkom za pojemajoče neobnovljive naravne vire. Najbrž se bo uresničila tista možnost, da bo človeštvo izbralo kratko, toda ekstravagantno življenje, ne pa dolgo in skromno. Ker je zgodovinski proces kakovosten, ga ne more izčrpno opisati in predvideti noben analitičen, kvantitativen model. Zaradi tega je tudi negotovo, katero pot bo izbralo človeštvo. Zelo verjetno je, da se bo bogata manjšina odločila za razsipno, razburljivo in kratko življenje. To ne bo »odločitev«, ampak le nadaljevanje dosedanjega življenjskega sloga. Ta odločitev bo zapečatila usodo vsega človeštva, tudi tistega, ki živi kratko, a po vrhu še revno. Ne glede na negotovost izbire moramo ostati kritični optimisti. S pesimizmom gotovo ne bomo preživeli, s kritičnim optimizmom pa obstaja vsaj majhna možnost, ne pa gotovost. Ruski biogeokemik Vernadskij je kljub splošnemu optimizmu prepoznal možnost, da človek s svojo aktivnostjo ogrozi stabilnost biosfere. Njegove poglede je sovjetski marksizem tehnicistično optimistično razlagal. Vernadskij je v članku Biosfera in noosfera, ki je bil preveden in objavljen v reviji *American Scientist* januarja 1945 (nekaj dni po njegovi smrti), zapisal, da obstaja pred človekom sijajna prihodnost v geološki zgodovini biosfere, če svoj razum in delo ne bo uporabil za samouničenje (Vernadskij, 1989: 148). Skoraj identična misel je bila 10 let pozneje zapisana v Russell-Einsteinovemu manifestu (Kirn, 1997). Sedaj so možnosti za sijajno prihodnost vse manjše. Možno je, da se na ravni človeštva ponovi zgodba iz Balzacove Šagrinove kože. Vse človeštvo je v tako usodno kritičnih ekosocialnih razmerah, da je res potrebna »zares nova politika« ne samo liberalne, ampak vsake politične stranke. Razlike med njimi ne izginejo, toda zdaj so znotraj novega vrednotno političnega okvirja.

LITERATURA

- Asubel, J. H. (1996): Can Technology Spare the Earth? *American Scientist*, Vol. 84, March–April, 166–178.
- Ayres, R. U. (1993): Cowboys, cornucopions and long-run sustainability. *Ecological Economics*, 8: 189–207.
- Ayres, R. U. (1998): Ecothermodynamics, economics and the second law. *Ecological Economics*, 26, 189–209.
- Ayres, R. U. (1998a) (ur.): *Eco-resturcturing: Implications for Sustainable Development*. Tokyo, New York, Paris: United Nation University Press.
- Ayres, R. U. (1999): *Turning Point. End to the Growth Paradigm*. London: Earthscan.
- Ayres, R. U. (2007): On the practical limits to substitution. *Ecological Economics*, 61: 115–128.
- Beard, L., Lozada, G. A. (1999): *Economics, Entropy and the Environment*. Cheltenham, UK. Northampton, MA, USA: Edward Elgar.
- Bergson, H. (1907): *L'Evolution creatrice*. Paris. Felix Alcan.
- Bullard, C. W. (1988): *Management and Control of Modern Technology. Technology in Society*, Vol. 10: 205–252.
- Corade, A. G. (1993): Georgescu-Roegen's Critique of Statistical Mechanics Revisited. Dragan, J. C., Seifert, E. K., Demetrescu, M. C. (ur.): *Entropy and Bioeconomics. First International Conference of the E.A.B.S. Proceedings*. Milano: Nagard, 389–398.
- Craig, P. P. (2001): Energy limits on recycling. *Ecological Economics*, 36: 373–384.
- Daly, H. (1986): The economic Thought of Friderick Soddy. *History of Political Economy*, 12(4): 469–488.
- Daly, H. (1999): How long can neoclassical economists ignore the contributions of Georgescu-Roegen? Mayumi, K., Gowdy, J. M. (ur.) *Bioeconomics and Sustainability. Essays in Honor of Nicolas Georgescu-Roegen*. Cheltenham Northampton, MA, USA: Edward Elgar. 13–24.
- De Gleria, S. (1995): Nicholas Georgescu-Roegen: A Mind that Thought Above His Time. *Economic International*, 13: 3–32.
- Dinde, S. (2005): A theoretical basis for the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 53: 403–413.
- Devezas, T. C., Corredine, J. T. (2002): The nonlinear dynamics of technoeconomics systems. An informational interpretation. *Tecnological Forecasting and Social Change*, 69: 317–357.
- Dolinšek, J. (2007): Naložba v prihodnost, ko bo zmanjkalo fosilnih goriv. Delo (priloga Znanost) 27. december.
- Dragan, J. C., Seifert, E. K., Demetrescu, M. C. (ur.) (1993): *Entropy and Bioeconomics First International Conference of the E.A.B.S. Proceedings*. Rome 28 – 30 November 1991. Milano: Nagard.
- Dragan, J. C. (1993): E.A.B.S. President's Welcome. Dragan, J.C., Seifert, E.K., Demetrescu, M.C. (ur.): *Entropy and Economics. First International Conference of the E.A.B.S. Milano: Nagard*, 7–10.
- Engels, F. (1951): *Vloga dela pri preobrazbi opice v človeka. Marx-Engels: Izbrana dela v dveh zvezkih. II. Zvezek*. Ljubljana: Cankarjeva založba, 85–110.

- Engels, F. (1953): *Dialektika prirode*. Ljubljana: Cankarjeva založba.
- Faber, M., Proops, J. L. R. (1985): Interdisciplinary Research Between Economists and Physical Scientists: Retrospect and Prespect. *Kyklos*, 38 (4): 599–616.
- Foster, J. B. (2000): *Marx' Ecology Materialism and Nature*. New York: Monthly Review Press.
- Fratzschler, W., Stephan, K. (2003): Waste/energy usage and entropy economy. *Energy*, 28: 1281–1302.
- Fry, S. (1995): Evolution in thermodynamic perspective: a historical and philosophical angle. *Zygon*, Vol. 30, No. 2 (June): 227–248.
- Georgescu-Roegen, N. (1966): *Analytical Economics: Issues and Problems*. Cambridge, Massachusetts; Harvard University Press.
- Georgescu-Roegen, N. (1971): *Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge, Massachusetts, London, England: Harvard University Press.
- Georgescu-Roegen, N. (1975): Energy and economic myths. *Southern Economic Journal*. XLI, 347–381.
- Georgescu-Roegen, N. (1975a): Bio-Economics Aspects of Entropy. Kubat, L. Zeman, J. (ur.): *Entropy and Information in Science and Philosophy*. Prague: Publishing House of Czechoslovak Academy of Sciences, 125–142.
- Georgescu-Roegen, N. (1976): *Energy and Economic Myths Institutional and Analytical Economic. Essays*. Oxford: Pergamon Press.
- Georgescu-Roegen, N. (1979): Comments on the Papers by Daly and Stiglitz. Smith, V.K. (ur.): *Scarcity and Growth Reconsidered*. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press, 95–105.
- Georgescu-Roegen, N. (1981): Energy, Matter and Economic Valuation: Where Do We Stand? Daly, H., Umaña, F. (ur.). *Energy, Economics and the Environment. Conflicting Views of an Essential Interrelationship*. Boulder, Colorado: Westview Press, Inc., 43–79.
- Georgescu-Roegen, N. (1984): Feasible Recipes Versus Technologies. *Atlantic Economic Journal*, 12: 21–31.
- Georgescu-Roegen, N. (1988): Thermodynamics, Economics and Information. Marcelo, A. (ur.) *Organization and Change in Complex Systems. An ICUS Book*. New York: Paragon House, 225–234.
- Georgescu, Roegen, N. (1991): Looking Back. Dragan, I. C., Seifert, E. K., Demetrescu, M. C. (ur.): *Entropy and Economics. First International Conference of the E.A.B.S. Proceedings*. Milano: Nagard, 11–21.
- Georgescu-Roegen, N. (1991a): Thermodynamics and We the Humans. Dragan, J. C., Seifert, E. K., Demetrescu, M. C. (ur.): *Entropy and Bioeconomics. First International Conference of the E.A.B.S. Proceedings*. Milano: Nagard. 184–201.
- Giampetro, M. (1993): Escaping the Georgescu-Roegen paradox on development: equilibrium and nonequilibrium thermodynamics to describe technological evolution. Dragan, J. C., Seifert, E. K., Demetrescu, M. C. (ur.): *Entropy and Bioeconomics. First International Conference of the E.A.B.S. Proceedings*. Milano: Nagard, 202–229.
- Giarini, O., Louberg, H. (1978): *The Diminishing Returns of Technology*. Oxford, New York, Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt: Pergamon Press.

- Gowdy, J. M. (1993): Georgescu-Roegen's utility theory applied to environmental economics. Dragan, J. C., Seifert, E. K., Demetrescu, M.C. (ur.): Entropy and Economics. First International Conference of the E.A.B.S. Proceedings. Milano: Nagard, 230-240.
- Gowdy, J., Erickson, J. (2005): Ecological Economics at the Crossroads. Ecological Economics, 53: 17-20.
- Hannon, B. M. (1979): Comments on the Papers by Brobst and Goeller. Smith, K. V. (ur.): Scarcity and Growth Reconsidered. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press, 160-162.
- Hegel, G. W. F. (1952): Phaenomenologie des Geistes. Hamburg: Verlag Von Felix Meiner. (Slovenski prevod 1998, Ljubljana: Analecta. Društvo za teoretsko psihoanalizo).
- Hubbert, M. K. (1949): Energy from fossil fuels. Science, 109: 103-109.
- Huesemann, M. H. (2001): Can pollution problems be effectively solved by environmental science and technology? An analysis of critical limitations. Ecological Economics, 37: 271-287.
- Kirn, A. (ur.) (1991): Ekologija, ekonomija, entropija. Maribor: Aram.
- Kirn, A. (1997): Russell-Einsteinov manifest in nezaželene posledice uporabe znanosti. Časopis za kritiko znanosti, XXV, 183: 202-213.
- Kirn, A. (2004): Družba-narava-ekološka zavest. Ljubljana: Fakulteta za družbene vede.
- Kirn, A. (2006): Meje rasti, ocena tisočletja, indeks okoljske trajnosti in indeks okoljske uspešnosti. Teorija in praksa, let. XLIII, št. 5-6: 658-673.
- Kirn, A. (2006a): Zapostavljena in spregledana povezava. Delo (priloga Znanost), 9. marec.
- Kirn, M. (2008): Podnebno-energetski sveženj predlogov Evropske komisije, I, II. Evropski pravni vestnik, 17. marec, 9-11, 31. marec, 10-11.
- Lotka, A. (1925): Elements of Physical Biology. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Lozada, G. A. (2006): Entropy, free energy, work, and other thermodynamic variables in economics. Ecological Economics, 56: 71-78.
- Marx, K. (1961): Kapital. Kritika politične ekonomije. Prvi zvezek. Prva knjiga. Proces produkcije kapitala. Ljubljana: Cankarjeva založba.
- Mayumi, K. (1993): Georgescu-Roegen s Fourth Law of Thermodynamics and The Flow- Fund Model. Dragan, J. C., Seifert, E. K., Demetrescu, M. C. (ur.): Entropy and Bioeconomics First International Conference of the E.A.B.S. Proceedings. Milano: Nagard, 399-413.
- Meadows in drugi (1972): The Limits to Growth. London: A Potomac Associates Book (Slovenski prevod 1974. Ljubljana: Cankarjeva založba).
- Meadows in drugi (1992): Beyond the Limits. Global Collapse or Sustainable Future. London: Earthscan.
- Meadows in drugi (2005): Limits to Growth. The 30. Year Update. London, Sterling, VA: Earthscan.
- Mejak, M. (2008): Začetek konca naftne dobe. Delo (Sobotna priloga) 19. januar.
- Nadeau, R. (2008): Mainstream Economic and the Environmental Crisis. Scientific American, April. www.SciAm.com/on_the_web

- O'Connor, M. (1981): Embodied Energy, Energy Analysis, and Economics. Daly, H. E., Umaña, A. F. (ur.): *Energy, Economics and the Environment. Conflicting Views of an Essential Interrelationship*. Washington, D.C.: AAAS Selected Symposium 64, 119-146.
- O'Connor, M. (1991): Entropy, Structure and Organizational Change. *Ecological Economics*, 3: 95-122.
- O'Connor, M. (1993): On Steady State: A Valediction. Dragan, J. C., Seifert, E. K., Demetrescu, M. C. (ur.): *Entropy and Bioeconomics. First International Conference of the E.A.B.S. Proceedings*. Milano: Nagard, 414-457.
- Pimentel, D. in drugi (1994): Renewable energy: economic and environmental issues. *Bioscience*, 44: 536-547.
- Pirih, M. (2008): Začetek konca naftne dobe. *Delo (Sobotna priloga)*, 12. januar, 10-11.
- Plut, D. (1991): Entropijska zanka. *Radovljica*.
- Plut, D. (1995): Brez izhoda? Svetovni okoljski problemi. Ljubljana: DZS.
- Podolinskij, S. (1880): Trud človeka i ego odnos k raspredeleniju energii. *Sankt Peterburg: Slovo, naučnij, literaturnyj i političeskij žurnal*, god tretji, aprly i mai.
- Podolinskij, S. (1883): Menschliche Arbeit und Einheit der Kraft. *Die Neue Zeit*. Zurich, 413-424, 449-457.
- Price, D. J. de S. (1963): *Little Science Big Science*. New York and London: Columbia University Press.
- Prigogine, I. (1980): *From Being to Becoming. Time and Complexity in the Physical Sciences*. San Francisco.
- Rebane, K. K. (1995): Energy, entropy, environment: why is protection of the environment objectively difficult? *Ecological Economics*, 13: 89-92.
- Rescher, N. (1978): *Scientific Progress. A philosophical Essay on the economics on research in natural science*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Rodrigueus, J. in drugi (2005): Constraints on dematerialisation and allocation of natural capital along a sustainable growthpath. *Ecological Economics*, 54: 382-396.
- Small, B., Jollands, W. (2006): Technology and ecological economics: Promethean technology, Pandorian potential. *Ecological Economics*, 56: 343-358.
- Snow, C. P. (1971): *Dve kulture i ponovo o njima*. Beograd: Narodni univerzitet braća Stamenković.
- Soederbaum, P. (2007): Issues of paradigm, ideology and democracy in sustainability assessment. *Ecological Economics*, 60: 613-626.
- Solow, R. M. (1997): Reply: Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz. *Ecological Economics*, 22: 267-268.
- Sorokin, P. A. (1957): *Social and Cultural Dynamics*. Boston: Porter Sargent.
- Spash, C. L. (2007): The economics of climate change impacts a la Stern: Novel and nuanced or rhetorically restricted? *Ecological Economics*, 63: 706-713.
- Steinhart, J. S., Steinhart, C. E. (1974): Energy Use in the U.S. Food System. *Science*, Vol. 184, 19 April, 307-316.
- Strnad, J. (1987): Ali sodi entropijski zakon v srednjo šolo? Vzgoja in izobraževanje, 5: 14-22.

- Svirezhev, Y. M. (2000): Thermodynamics and ecology. *Ecological Modelling*, 132: 11–22.
- Tainter, I. (1988): *The Collapse of Complex Societies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tsuchida, A. (1999): Five conditions for sustainable living systems from the physics of open systems to ecology and economic. Mayumi, K., Gowdy, M.Y. (ur.): *A Bioeconomics and Sustainability. Essays in Honor of Nicholas Georgescu. Roegen*. Cheltenham, UK, Northampton, MA, USA: Edward Elgar, 352–379.
- Urbančič, I. (1996): *Zaratustrovo izročilo II*. Ljubljana: Slovenska matica.
- Val'den, P. J. (1916): *Obescenivanie materii*. Moskva: Pečatnoe iskusstvo.
- Vernadskij, U. J. (1989): *Biosfera i noosfera*. Moskva: Nauka.
- Victor, P. A., Rosenbluth, G. (2007): Managing without Growth. *Ecological Economics*, 61: 492–504.
- Vitousek, P. M. in drugi (1997): Human domination of earth's ecosystems. *Science*. Vol. 277(5325): 494–499.
- Vivien, F.-D. (1999): From agrarianism to entropy: Georgescu-Roegen's bioeconomics from a Malthusian viewpoint. Mayumi, K., Gowdy, J.M. (ur.): *Bioeconomics and Sustainability. Essays in Honor of Nicolas Georgescu-Roegen*. Cheltenham, Northampton: Edward Elgar, 155–172.
- Vollebergh, H. R. J., Kemfert, C. (2005): Technological change for a sustainable development. *Ecological Economics*, 54: 133–147.
- Weinberg, S. (1996): *Sanje o končni teoriji*. Na poti k osnovnim naravnim zakonitostim. Nova Gorica: Flamingo.
- Wicken, J. S. (1987): *Evolution, Thermodynamics and Information: Extending Darwinian Program*. New York, Oxford: Oxford University Press.