*Andrej KIRN**

IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANEK

ENTROPIJA, OKOLJE IN EKONOMSKA RAST

Povzetek. *Zakon entropije je fizični temelj družbenih konfliktov za materialne vire tako naravne kot antropogeno preoblikovanih. Tehnični napredek omogoča večjo rabo virov nizke entropije, a hkrati tudi večjo produkcijo entropije. V tem je entropična tragičnost napredka. Z ekonomsko rastjo je povezana rast ekološke entropije. Okoljska Kuznetsova krivulja, ki predstavlja onstran določene ravni razmik med ekonomsko rastjo in rastjo onesnaženja, za številne pokazatelje onesnaženja ne velja. Razhajata se tudi raven ekonomske rasti in samoizražena ocena zadovoljstva. Energetski dogmi se je v informacijski družbi pridružila še informacijska, ki snovne in energetske tokove v bistvu izenačuje z njihovo informacijsko vsebino. S pomočjo znanja in informacij lahko bolj učinkovito uporabljamo iste naravne vire ali pa jih nadomeščamo z drugimi, toda v nobenem primeru ne moremo shajati brez njih. Nadomeščanje ima svoje omejitve kljub pomembni vlogi ekonomije v tem procesu. Obseg porabljenih naravnih virov, med njimi zlasti energije, je izredno pomemben za družbeni razvoj. Določena količina energije je potrebna, da se vzpostavi moderna industrijska družba, potem pa obstajajo različni načini, da se vzdržuje isto raven blaginje ob različni porabi energije na prebivalca. Upoštevanje entropične razsežnosti ekonomske in človeške aktivnosti sploh zahteva drugačno politiko od sedanje.*

Ključni pojmi: *blaginja, entropija, energija, energetska teorija družbe, ekonomska rast, onesnaženje, informacijski zamik, informacijski redukcionizem.*

Entropija, demokracija, kapitalizem

Zakon entropije je fizični temelj ekonomske redkosti. Če ga ne bi bilo, bi kos premoga lahko uporabljali spet in spet. Je pa tudi izvor družbenih konfliktov, saj je človekova ekonomska aktivnost boj za nizko entropijo ne samo

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

naravnih virov, ampak tudi antropogeno proizvedenih struktur. Da je vse življenje tekma za nizko entropijo, je trdil že fizik L. Boltzmann (1974) konec 19. stoletja.

Prisotnost življenja je pomembna za potek entropičnega procesa. Fotosinteza prepreči, da bi se sončno sevanje takoj spremenilo v toploto. Različna je dinamika nastajanja entropije v neživih, živih in družbeno-tehničnih sistemih. Tehnologija v najširšem smislu, ne samo kot produkcijsko sredstvo in tehnološki proces, ampak tudi kot tehnična tvorba sploh, je tako temelj posebnosti človeške vrste, pa tudi njenega težavnega položaja zaradi končnosti virov in ekoloških/okoljskih posledic njihove uporabe.

Zakon entropije v bistvu govori, da karkoli se zgodi v zaprtih sistemih, postane kakovost energije in tudi materije nižja, kot je bila prej (Kirn, 2008a). Samo s temi ekonomskimi pretvorbami energije in materije dobimo želene rezultate. Vsaka sprememba in gibanje pa povečuje termodinamično entropijo. Zakon naraščanja entropije velja za izolirane sisteme. Obe vrsti reda, ustvarjeni človeški in spontani naravni, sta možni samo tako, da raste celotna entropija. Urejeni odprti podsistemi zaprtega sistema kot je Zemlja, lahko obstajajo dolgo, toda biti morajo daleč od termodinamičnega ravnotežja, kar pa so lahko samo ob stalnem dotoku visokokakovostne in odtoku nizkokakovostne energije (toplote).

Na ekonomsko rast so bili in so usmerjeni različni sistemi: kapitalistični, socialistični, demokratični, diktatorski. Lastništvo nad eksosomatskimi organi (tehničnimi sredstvi) in naravnimi viri je predmet boja tako med človeškimi bitji kot državami. Ti konflikti obstajajo v vsakem režimu. Torej tega boja za nizko entropijo ne more odpraviti nobena družbena lastnina produkcijskih sredstev. Prizadevanje za družbeno lastnino eksosomatskih organov in naravnih virov nizke entropije pa ni nesmiselno, če ublaži entropični temelj socialnih konfliktov, zmanjša hitrost antropogene produkcije entropije, poveča trajnostni obstoj človeštva v naravi in kakovost življenja.

Zasebno lastnino produkcijskih sredstev imajo njeni zagovorniki za predpostavko civilizacije. Z razmahom delavskega gibanja so se nosilci kapitalistične lastnine čutili ogrožene in so trdili, da bi splošna volilna pravica pomenila konec zasebne lastnine in s tem civilizacije. Sedaj je soglasje o zasebni kapitalistični lastnini tako veliko, da se v splošni volilni pravici ne vidi zanjo nobene nevarnosti. Nasprotno, splošna volilna pravica je eden osnovnih kazalcev demokratičnosti družbe. Sprejeta je teza, da so ekonomsko razvite države bolj primerne za demokracijo kot revne. Velja pa tudi obratno: demokracija bolj pospešuje ekonomsko rast in ekonomsko blaginjo. Ekonomska rast je povezana z rastjo srednjega razreda in številom izobraženih, s tem pa se veča tudi število ljudi, ki se zanimajo za politiko, in tako se širita obseg in raven demokracije. Sedanji tip ekonomske rasti pospešuje razslojevanje, ekonomsko neenakost ter ekonomsko siromaši srednji razred. Ne

zmanjšuje števila izobraženih, pač pa njihov ekonomski status. Ne obstajajo samo velike razlike v dohodkih med izobraženimi in neizobraženimi, ampak tudi med samimi izobraženimi. To je empirični dokaz, da dohodek in obseg premoženja nista odvisna samo od sposobnosti, ampak od dostopa do upravljanja s finančnim, fizičnim kapitalom ali z delovno silo. Vpliv družbenopolitičnega konteksta na mišljenje razpravljavcev o tem problemu v medijih pri nas se kaže v tem, da se praviloma izogibajo izrazom, kot so kapital, kapitalizem, izkoriščanje, socializem. Če slednjega že omenjajo, je za njih samo ena vrsta totalitarizma in ga ne povezujejo z nobenimi drugimi možnimi kvalitetami. Skratka, v njem ne najdejo nič pozitivnega, ne kot je dejansko bil in ne kot bi lahko bil v prihodnosti. Seveda pa mora socializem prihodnosti že sedaj biti drugače teoretsko politično mišljen zlasti še od njegove različice t. i. »realnega socializma«. Usodno je bilo in je še njegovo izenačevanje s podržavljenjem. Zanimivo je, da se to izenačevanje dogaja sedaj celo v ZDA, ko država postaja (so)lastnica zasebnih bank. Opravka imamo z dvema ideološkima fundamentalizmoma: da se je v nekdanjih socialističnih državah uvajanje trga izenačevalo z uvajanjem kapitalizma, sedaj pa se podržavljanje bank istoveti z uvajanjem »finančnega socializma«.

V sedanjih prevladujočih idejno-vrednotnih razmerah pri nas in EU bi vsako radikalnejše odstopanje od samoumevnega sprejemanja kapitalistične lastnine vodilo v politično izoliranost, obrobnost, skratka politični samomor. Zato so se tudi spremenili kriteriji, kaj je levo in kaj je desno. V naših razmerah »levo« pomeni predvsem drugačen odnos do NOB, RKC, socialnih problemov, razmerja med javnim in zasebnim, še zlasti na področju šolstva, zdravstva, do avtonomije znanosti, šolstva, medijev, policije, vojske ... Samoumevno soglasje o kapitalistični lastnini se ima za neideološko, dvom vanjo pa za ideološko utopičnost ali ideološko nostalgičnost. Obstoječe samoumevno soglasje pa v prihodnosti lahko začne slabeti zaradi vse večjega nezadovoljstva ljudi: a) z dosedanjim načinom vladanja, ki državo pojmuje kot plen in lastnino vladajoče politike, b) z rastočim socialnim razlikovanjem, c) z odnosom države do kapitala, ko tolerira privatizacijo dobičkov zlasti na bančnem področju, ko je ta špekulativno tržno uspešen, a prakticira socializacijo njegovih velikih izgub, ko zaide v krizo s svojimi dobičkonosnimi goljufivimi tveganji, d) z nekakovostnim okoljem in rastočimi okoljskimi tveganji. Resno upoštevanje navedenih razlogov rastočega nezadovoljstva ljudi zahteva zares drugačno politiko od sedanje. Sprememba paradigme politike mora vsebovati vsaj troje: a) opustitev leninističnega razumevanja razmerja med državo in družbo ter drugačen odnos do narave/okolja, še zlasti v povezavi z ekonomsko rastjo, b) drugačen odnos do socialne problematike, c) drugačno razumevanje razmerja med politiko in avtonomijo različnih področij.

Nobeden izmed strokovnjakov ne ve, ali je obstoječa globalna finančna kriza kapitalizma že dosegla dno ter kdaj in kako se bo končala. Nemožnost

takšnega vedenja je v samem bistvu družbeno-zgodovinskega dogajanja. Mnogi strokovnjaki za finančno »uspešnost«, ki je vodila v sedanjo finančno, ekonomsko krizo, so sedaj tudi strokovnjaki za reševanje te krize. Ta spremenjena vloga jih ne moti. Na svojo prvo vlogo so že »pozabili« in imajo za veliko nevljudnost in osebni napad, če se jih nanjo spomni. S pojavljanjem finančne in ekonomske krize v slovenskem prostoru, so slovenski menedžerji naenkrat začeli govoriti, da smo v istem čolnu, toda doslej niso imeli veliko posluha za soudeležbo delavcev pri dobičku. Oni so bili na razkošnih jahtah, delavci pa na bornih barkačah. Mnogi naši kapitalisti in njihovi upravljalci še daleč niso tako socializirani kot pri španskem koncernu Montarogonu, kjer je razmerje med najnižjo plačo in plačo menedžerja 1:6 in kar je še bolj pomembno, vsi zaposleni sodelujejo pri upravljanju in so udeleženi tako pri dobičkih kot pri izgubah. Takšna drža je socialno pravična, antikonfliktna ter inovativno vzpodbudna. Pogosto so razlage sedanje globalne finančne krize kapitalizma psihološke, ne pa politične in ekonomske. Vzrok in izhod iz krize se vidi v upadanju in obnovi zaupanja ljudi v banke, med samimi bankami ter podjetji in bankami. Ta psihološki dejavnik (ne)zaupanja je že posledica globljega vzroka, čeprav na določeni točki krepi ali slabi osnovni vzrok. Kljub glasnemu razpravljanju finančnih strokovnjakov in strokovnjakov za krizni menedžement se iz ozadja sliši Marxov smeh, ki se meša z zloveščim posmehom ekonomski rasti in znanstveno-tehničnemu zmagoslavju. To je posmeh sodobne ekološke krize, ki zahteva nov razmislek o povezavi vseh sektorjev ekonomije z naravnimi viri in ekosistemskimi storitvami. Hitro rastoči storitveni in še zlasti finančni sektor je izvor novih iluzij o umeščenosti celotnega ekonomskega sistema in družbe v najširši ekološki okvir. Lahko se izkaže, da je sedanja grozeča stagflacija tudi izraz približevanja »mejam rasti«. Vse pretekle stagflacije seveda niso bile izraz tega trenda. Če se bo podmena izkazala za pravilno, bo stagflacija specifična potrditev študije Rimskemu klubu iz leta 1972, da ni možna ekonomska rast na omejenem planetu. V tem primeru ne bo šlo za slučajno sovpadanje 40. obletnice Meje rasti in sedanje globalne finančne in ekonomske krize. Avtorji Meje rasti (Meadows in drugi, 2004) so celo napovedali, da bodo v 4. izdaji ob 40. obletnici, to je leta 2012, lahko tudi že empirično potrdili računalniški model Svet 3. Velik paradoks je v tem, da sedanje ekonomske politike iščejo rešitve za obvladovanje posledic približevanja mejam rasti v obnovi nadaljevanja ekonomske rasti. Ob globalni finančni krizi kapitalizma je bistvena ta okoliščina, da ni organizirane levice, ki bi teoretsko razkrila sedanje hibe kapitalizma in ponudila praktično, realno, izvedljivo ekosocialno alternativo brez poznane mantre iz preteklosti o kapitalizmu, ki je gnil in že na smrtni postelji.

Najbolj radikalna družbenokritična refleksija dandanes v svetu obstaja v družbenokritični ekologiji. Vendar je tudi ta na razpotju: ali naj še naprej to ostane ali pa naj se postopoma spremeni in utopi v doktrini naravnega, re-

formnega in ekološko/okoljsko učinkovitega kapitalizma. Nekoliko svežega intelektualnega prepiha so v zatohlo soglasje o samoumevnem, uspešnem, dereguliranem kapitalizmu vnesle kritične analize sodobne finančne globalne krize (Gresh, 2008; Ruffin, 2008). V prihodnosti bo lahko imel ekosocialni in demokratični socializem večjo družbeno soglasje, kot ga ima sedanji asocialni in antiekološki globalni kapitalizem. Lastniki in upravljavci koncentriranega in globaliziranega kapitala jemljejo demokracijo kot orodje svoje finančne, ekonomske moči in se posmehujejo tistim, ki dejansko spoštujejo vrednote demokracije. Ne glede na takšen odnos velekapitala do demokracije se tej ne bomo odrekli, ampak se bomo zavzemali za družbeno odgovorno obnašanje kapitala, kolikor to sploh dopušča njegova temeljna narava. Razprave o tej temi so se začele že pri utopičnih socialistih, nadaljevali so jo marksisti, socialni demokrati, krščanski socialisti in teoretiki tretje poti.

Veliko se je pri nas razpravljalo o tem, kdo ima večje ali manjše zasluge za samostojno in demokratično Slovenijo. Ni pa se tudi govorilo o tem, kdo je najbolj zaslužen za prehod v kapitalistično Slovenijo. Zanimivo je, da se o tem molči in med političnimi protagonisti in ideologi ni kandidatov za tovrstno zaslugo. Ta molk je razumljiv, če se demokracijo istoveti s kapitalizmom. Vendar so tudi zelo različna pojmovanja vsebine demokracije. E. H. Carr je leta 1944 v Timesu zapisal: »Če govorimo o demokraciji, ne mislimo le pravice do glasovanja, pri tem pa se pozablja na pravico, da se dela in živi« (Robertson, 2003: 211). Kljub temu pomembnemu dopolnilu vsebine demokracije še vedno ostaja odprto vprašanje, kako in kaj se dela in kako se živi. V prihodnosti se mogoče ne bo temeljito raziskal samo prehod v demokratično, ampak tudi v kapitalistično Slovenijo. Vprašanje je, če se bo protagonistom tega prehoda tedaj še pripisovalo take zasluge kot sedaj.

Kampanja proti tajkunom oziroma preveliki koncentraciji tranzicijskega kapitala je sprenevedanje in licemerstvo. Od osamosvojitve dalje so vlade predlagale, parlamenti pa sprejemali zakone, ki so omogočali kapitalizem in legalno koncentracijo kapitala. Ne more biti dvoma, da če si je nekdo nagrabil milijone evrov premoženja, je množica drugih zaradi tega postala, če že ne absolutno, pa vsaj relativno revnejša. Politični veljaki drug drugega obtožujejo, kdo je večji krivec za bolj ali manj legalno veliko koncentracijo kapitala in kje je glavni vzrok. Nekateri ga vidijo v (ne)namerni pomanjkljivi zakonodaji, drugi v bankah, ki so s krediti omogočile menedžerske prevzeme podjetij, tretji pa predvsem v namerni odsotnosti kontrole in ukrepanja nekaterih nadzornih institucij. Sprega politike z gospodarstvom je nadzorne institucije namerno naredila za neučinkovite, za »brezzobe tigre«. Vprašanje pa je, ali je sploh mogoče pretvoriti družbeno lastnino v kapitalistično na popolnoma pošten način. Ta pretvorba je lahko legalna, ni pa moralna. Zakone sprejema politika, ne sprejema pa morale. Sedanja kampanja je usmer-

jena proti preveliki nelegalni koncentraciji kapitala, ne pa na zaščito malih delničarjev. Ti se počutijo kot trava, ki jo teptajo sloni (večinski lastniki delnic). To samo po sebi veliko pove o povezavi ekonomskih in političnih interesov. Podobna prikrita sprega obstaja med prejemniki in dajalci podkupnine pri velikih javnih naročilih. Oboji neusmiljeno obračunavajo s tistimi, ki jih poskušajo razkriti.

Ekonomska rast in okolje

Od industrijske revolucije dalje celotna ekonomija vse bolj temelji na neobnovljivih virih. To seveda ne pomeni, da bi lahko obstajala brez obnovljivih naravnih virov. Znanost, tehnologija, neobnovljivi naravni viri so nadomestili človeško delo oziroma silno povečali njegovo produktivnost. To je bil velik zgodovinski, civilizacijski prehod. V manjši meri se je nadomeščanje že dogajalo v vsej človeški zgodovini. Živali, les, oglje, orodje so »nadomeščali« delo in ga delali bolj produktivnega. Vzorec rasti produktivnosti po drugi svetovni vojni v prehranskem sistemu je bil običajno rezultat rasti porabe energije, novih produkcijskih sredstev, sprememb v organizaciji ter zmanjšanju dela (delavcev ali delovnih ur). Ta napredek rasti produktivnosti poljedelskih donosov, ki je bil običajen tudi na drugih področjih, je imel svojo entropično ceno, npr. izguba določenih sort, kemizacija okolja, ostanki pesticidov v hrani. onesnaženje prsti in podtalnice z mineralnimi gnojili, zasolitev tal z namakanjem idr.. Netrajnostni značaj sodobnega prehranskega sistema se kaže v energetskem razmerju vnosa in iznosa. Potrebno je 5 do 10 kalorij goriva, da potrošnik dobi 1 kalorijo v hrani (Steinhart, Steinhart, 1974: 313). V to netrajnostno razmerje iz energetskega vidika je vpeta netrajnostna raba zemlje in vode (Dieren van, 1995: 55).

Razmerje med ekonomsko rastjo in rastjo onesnaženja ima obliko obrnjene črke U. To je okoljska Kuznetsova krivulja (The Environmental Kuznets' Curve – EKC). V začetku je onesnaženje premosorazmerno ali pa celo prehiteva ekonomsko rast, potem pa pride do razveze. Možnosti za razvezo so še velike. Kljub temu pa EKC ne odpravlja problema povezave ekonomske rasti in onesnaženja (Perman, Ma, McGilvray, 1996: 296–307). Razveza je možna samo za določen čas, ne pa za trajno ekonomsko rast. Razveza velja samo za ozek krog kazalcev onesnaženja. (Ayres, 1999: 139). Ne vključuje na primer kazalcev upadanja biotske pestrosti (Ranjan, Shortle, 2007: 215; Kirn, 2008). Sedaj so vse ekonomije usmerjene v rast s tehničnimi ali ekotehničnimi ter organizacijskimi inovacijami. Zagovorniki možnosti trajne ekonomske rasti sicer upravičeno opozarjajo, da se ekonomska rast nanaša na rast vrednosti iznosa, ne pa na rast fizične količine. Rast je merjena s povečanjem vrednosti iznosa, ki ne zahteva nujno večje količine vnosov (Perman, Ma, McGilvray, 1996: 296). Še več, ko se relativno spremeni redkost virov glede

na njihov obseg in ko se te spremenjene redkosti odražajo v spremenjenih cenah, bodo nastali učinki nadomeščanja na obeh straneh ekonomske aktivnosti: na strani povpraševanja in na strani ponudbe. Nadomeščanje in inovacije naj bi omogočile trajno razvezo med vrednostno in materialno-energetsko razsežnostjo ekonomije. Ta razveza pa trajno ni mogoča, če se upošteva Georgescu-Roegenovo razlikovanje med realnostjo in edenskim vrtom. Razliko med rastjo fizičnega iznosa in rastjo vrednosti BDP je treba upoštevati, zaradi tega pa se ne sme spregledati povezave obeh pokazateljev pri konceptu trajne ekonomske rasti. Na splošno trajna ekonomska rast na daljši rok vedno vključuje absolutno rast rabe materialov in energije (Diesendorf, Hamilton, 1997: 92). Daly in Fairly (2004: 258) navajata tri razloge za kolektivno iluzijo, da vrednost finančnega kapitala lahko raste neomejeno. Denar in vrednostni papirji so simboli realnega bogastva (blaga in storitev), in ker ta ne more stalno rasti v končnem, omejenem svetu, kot je naš planet, zato tudi ne more njegov simbol. Sedanja globalna finančna kriza nas opominja, kako usodno pomembno je razmerje med realnim in simbolnim bogastvom. Njuna razlika pa omogoča finančnim alkimistom prerazdelitev realnega bogastva.

Tržni sistem ne more zaščititi človeštva pred ekološko krizo prihodnosti s samo optimalno porazdelitvijo naravnih virov med generacijami, celo če bi cene izrazile vso ekološko resnico, vse eksternalitete. Okoljsko Kuznetsovo krivuljo so neoliberalni ekonomisti uporabili kot argument, da onstran določene ravni kontinuirana ekonomska rast prispeva k večji kakovosti okolja. Do varovanja okolja po njihovem razmišljanju pride bolj ali manj spontano in avtonomno kot rezultat močnih prorastočih politik. Običajno se spregleda, da rast onesnaženja, ki jo dopušča EKC, lahko doseže prag nepovratnosti, ko je vpliv preteklega onesnaženja tolikšen, da postanejo stroški tega vpliva izredno visoki. Zaradi vpliva nakopičenih onesnažil v preteklosti ostaja ostrina ekoloških problemov, kljub pragu razveze med ekonomsko rastjo in rastjo onesnaženja. Treba se je torej preventivno obnašati, preden se doseže prag v EKC. Ta preventiva ne izhaja samodejno iz delovanja trga. Posledično, četudi obstaja v EKC prag razveze za nekatere kazalce med rastjo onesnaženja in rastjo dohodkov, pa lahko ne obstaja slično razmerje med drugimi kazalci okolja in rastjo dohodkov (Ranjan, Shortle, 2007: 205). Ekonomske informacije o ekološki škodi so razpoložljive šele na razvitejših stopnjah rasti. Dober primer informacijskega zamika so vplivi globalne otoplitve. Od tipa izbranih okoljskih kazalcev je odvisno, koliko se kaže potrjena ali ovržena EKC. Moramo biti zadržani do optimistične razlage EKC, da ekonomska rast v vseh ozirih lahko zmanjša okoljsko degradacijo. Okoljska degradacija je vse bolj merjena s takimi spremenljivkami, kot so biotska pestrost, prožnost ekosistema, raba zemlje. Okoljska Kuznetsova krivulja ne izraža vseh razmerij med ekonomsko rastjo in okoljem. Obe razlagi sta

napačni: a) da ekonomska rast onstran določene točke ni več povezana z degradacijo okolja, ampak se okolje v celoti izboljšuje in b) da je ekonomska rast vselej in v vseh ozirih škodljiva za okolje. Še vedno ne obstaja jasen ekonomski odgovor, kako ekonomska rast vpliva na okolje (Perman, Ma, McGilvray, 1996: 296). Iz termodinamičnega, entropičnega vidika je realna podmena, da obstaja dolgoročna linearna povezava med celokupnim negativnim okoljskim vplivom ekonomske rasti in rastjo dohodka. »Vsak poskus sklepati od obrnjene U oblike EKC, da bo rast dolgoročno zmanjšala okoljsko škodo, bi bil nekorekten« (Perman, Ma, McGilvray, 1996: 294). Prej ali slej se bodo tudi politiki in ekonomisti, ki popolnoma zaupajo BDP kot kazalcu ekonomske rasti in uspešne ekonomske politike, morali sprijazniti z ugotovitvijo Tinbergena in Huetinga glede BDP, da se družbo krmari z napačnim kompasom (Diren van, 1995: 260). Pravi kompas obstaja v širšem konceptu BDP, ki bi vključeval kazalce trajnostnega razvoja, ki ne zajamejo samo ekonomskega, ampak tudi družbeno in okoljsko področje. Socialne in okoljske posledice ekonomske rasti kažejo, da učinkoviti ekonomski rezultati niso vedno tudi optimalni in želeni. Osnovno vprašanje je, kako se sedanje industrializirane države lahko izognejo vrsti nepovratnosti, ker je nepovratnost lahko taka, da je ne morejo obrniti nobeni še tako visoki stroški. Višina stroškov postane brezpredmetna, če presega vse zmožnosti ekonomije. Če ljudje umirajo od lakote, potem tudi ni sredstev za okoljske stroške.

S kratkoročnega, zgolj družbenoekonomskega vidika ima prav analiza, ki v odsotnosti kritične mase raziskovalcev/razvijalcev v gospodarstvu vidi temeljni vzrok uvrstitve Slovenije v neugledno skupino nizko razvitih držav (Kos, 2008). Te vrste analize ne problematizirajo samega razvoja razvitih. Ekološki/okoljski vidik je izpuščen. Problem ni samo relativni položaj v (ne)razvitosti. Potrebno je družbenoekološko premisliti samo razvitost, samo rast. Ista paradigmatično značilna omejenost mišljenja se razkriva pri mnogih razlagalcih sodobne finančne krize. Ugotavljajo, da Zahodu ostajajo dolgovi, ekonomska rast ter svetovno politični in ekonomski vpliv pa Vzhodu (Kitajski, Indiji, Rusiji) (Vidmajer, 2008). Ne priznavajo pomena starega reka, da tudi o tebi pripoveduje zgodba. Sedanja kriza razvitih je zrcalna slika prihodnosti novih prišlekov v klub razvitih. Odločilno je, kako je zaton zahodnega kapitalizma lahko povezan z zatonom človeške civilizacije. Pravilna je politika, ki povečuje finančna sredstva za raziskovanje in razvoj, toda treba se je tudi spraševati in raziskovati, ali so ta nova znanja in inovacije v funkciji paradigme rasti ali pa v funkciji prehoda k novi družbenoekološki trajnostni paradigmi. Če kritična masa raziskovalcev v gospodarstvu s svojo ustvarjalnostjo ne bo prispevala k radikalni spremembi dosedanje paradigme ekonomske rasti, bo spravila prej ali slej v težaven ekosocialni položaj dosedanja najbolj razvita, uspešna gospodarstva. Njen prispevek k splošnemu povečanju blaginje bo kratkoročen. Zelo tehtna je ugotovitev, da če je so-

cializem »propadel, ker ni prepoznal ekonomske resnice in človekovih pravic, kapitalizem pa lahko propade, ker ne bo sposoben pravočasno prepoznati okoljske resnice.« (Plut, 2008: 14) Odsotnost trga v nekdanjem »realnem socializmu«, njegova komandna ekonomija in monopolna ter manipulativna moč komunistične partije potrjuje tezo iz 19. stoletja, da če odvzamete moč trga nad ljudmi, jo morate dati ljudem nad ljudmi. To misel pa je treba dopolniti z izkustvom sodobne finančne globalne krize v kapitalizmu: tudi v trgih obstaja moč ljudi nad ljudmi, toda ta je drugačna, posredna in mnogo bolj prikrita kot ob odsotnosti trga. Vsako leto nadaljevanja ekonomske rasti bolj otežuje premišljeni premik k trajnostnemu razvoju, ki pa bo nujen. Ta nujnost se lahko uveljavi na dva načina: je ekološko izsiljena in bo tragična ali pa bo zavestno družbenopolitično,vrednotno, znanstveno in tehnično dejanje.

Že od sredine 70. let minulega stoletja je empirično ugotovljeno z javnomnenjskimi raziskavami, da se razhajata samoocena o kakovosti življenja in raven materialnega standarda. Bolj pomemben je družbeni stik, manj prevoza na delo, zmanjšanje delovnih ur ali izboljšanje zadovoljstva z delom in družbenim standardom. V najboljšem primeru je dohodek na prebivalca skupna mera monetarne vrednosti, ne pa blaginje in njene porazdelitve (Spash, 2007: 212). Empirično raziskovanje javnega mnenja to potrjuje in ugotavlja razkorak med porastom dohodka na osebo, dvigom materialnega standarda in samoizraženo oceno zadovoljstva. Na Japonskem se je med letoma 1958 in 1987 petkrat povečal realni osebni dohodek, vendar tega ni spremljal enak porast samoizraženega zadovoljstva. Na Kitajskem (15.000 respondentov) se je v obdobju 1994–2005 povečal realni osebni dohodek za 2,5-krat, zadovoljstvo pa se je celo zmanjšalo, kar pa je v tem primeru lahko tudi posledica nedemokratičnega družbenega konteksta rasti osebnega dohodka in njegovih okoljskih posledic. Če se odmislijo specifične povezave različne stopnje samoizraženega zadovoljstva o kakovosti življenja različnih starostnih in izobrazbenih skupin z ravnijo osebnega dohodka, potem drži obči zaključek, da v glavnem subjektivna ocena blagostanja, kakovosti življenja ni samo stvar dohodka in potrošnje (Spash, 2007: 711–712; Rus, Toš, 2005: 18). Raven potrošnje ni odvisna samo od velikosti bogastva, ampak tudi od njegove porazdelitve. Potrošnja je povezana s socialno (ne)enakostjo. Čim nižja je neenakost v porazdelitvi dohodka, tem višja je potrošnja.

Informacijski redukcionizem in ekonomija

Energetski dogmi, da je teoretsko in praktično pomembna samo energija, ne pa tudi materija, se je v obdobju »informacijske družbe« pridružila oziroma jo celo zamenjala informacijska dogma. Snovni in energetski tokovi se v bistvu izenačujejo z njihovo informacijsko vsebino. Trdi se, da redkost na-

ravnih virov nizke entropije v naši dobi odtehta obilje naraščajočega znanja in informacij. Informacija je negativna entropija v tem smislu, ker se z njeno rabo sama ne obrablja. Ne zmanjšuje se njena razpoložljivost, kot se spontano ali s človekovo rabo materija in energija. Entropični so nosilci informacije, ne pa sama informacija. Informacija je lahko izgubljena, če propadejo njeni nosilci. Informacije se ne sme istovetiti z materialnimi nosilci, toda ni informacije brez njih. L. Szilard je pokazal, da se v procesu pridobivanja informacij ustvarja entropija (Devezas, Corredine, 2002: 333). Tudi z uporabo, in ne samo s pridobivanjem informacij, nastaja entropija, čeprav se z uporabo sama informacija ne degradira, razvrednoti, razsipa, kot se materija in energija kot nosilki informacij. Vse vsebuje informacijo. Kar nima informacijske vsebine, o tem človek nima in ne more imeti nobenega znanja. Informacijska vsebina kulturnih, tehničnih, naravnih struktur, procesov ter interakcij še ni znanje, toda vse znanje predpostavlja njihovo informacijsko vsebino. Šele s spoznavno aktivnostjo človeka informacijske vsebine postanejo znanje. Znanje je sestavina zavesti. Če bi informacijo izenačili z znanjem, potem bi zavest že imeli kamen, ameba, planeti idr.. Hegel je zapisal, da so zakoni gibanja planetov njihov um. To je um »na sebi«, ki še ni postal »za sebe«. Ne sonce ne planeti, ki krožijo po teh zakonih, se tega ne zavedajo (Hegel, 1966: 17).

Kompleksnost posamičnih objektov in procesov, kot je na primer proizvodnja čevljev, organizem, gen, stroj, metabolizem, je primerljiva z njihovo informacijsko vsebino. To se lahko razume kot shranjena informacija, ki se zahteva za popoln opis objekta ali procesa. Naraščanje evolucijske kompleksnosti je povezano z naraščanjem njene informacijske vsebine. To velja še toliko bolj za družbeno, kulturno evolucijo. Naraščanje informacijske vsebine je povezano z družbeno in tehnično delitvijo dela, ki je prišla na novo stopnjo z industrijsko družbo. Neposredno pa ta zveza postane očitna, ko se uporabi izraz »informacijska družba« in se govori o dveh kodih: računalniškem in genetskem. Biološka evolucija na Zemlji je bila povezana z dotokom sončne energije. Družbena evolucija je materialno-energetsko najprej tudi temeljila na neposrednem koriščenju sončne energije, ki je bila s fotosintezo pretvorjena v biomaso, kasneje pa na izkoriščanju uskladiščene in preoblikovane sončne energije v fosilnih gorivih ter koriščenju mineralov in gradbenega materiala. Povezava antropogeneze, sociogeneze in sploh vse sociotehnične evolucije s sončno energijo je tako vsestranska, da se upravičeno lahko reče, da je človeška eksistenca dar sonca. To resnico so intuitivno izrazile tiste religije, ki so častile sonce.

Ekonomist, ekonometrik ter dober poznavalec klasične termodinamike Georgescu-Roegen je ironično govoril o »angelski ekonomiji«. Opravka imamo s teoretično redukcijo ekonomije na čisto duhovnost, monetarnost, ki nima svoje fizične, materialne razsežnosti, niti materialnoenergetskih vno-

sov naravnih virov niti materialnih ter energetskih iznosov v obliki entropije. Ruth in Bullard (1993: 1061) obravnavata naravne vire, delo in kapital (tehnološke tvorbe) kot oblike informacij, ki so vzajemno zamenljive. To istovetenje je izvor informacijskega redukcionizma. Nič ni narobe, če se na celoten produkcijski proces gleda z informacijskega vidika oziroma z vidika vsebovanosti in opredmetenosti informacij v tehnologiji, delavcih, produktih, storitvah in surovinah. Redukcionizem se začne, ko se izenači tehnološki kapital, delo, njegove produkte in naravne vire z informacijami. Ne trošijo se informacije v porabljenih virih, ampak viri sami.

Zelo pogosto se poistoveti učinkovitejšo in bolj produktivno rabo naravnih virov, ki jo omogoča v spoznanje spremenjene informacije, z nadomeščanjem informacij za naravne vire. Še vedno potrebujemo materialne in energetske vire, toda z manj naredimo več. Tu nimamo opravka s takšnim nadomeščanjem, ko so na primer umetna vlakna nadomestila naravna, ko so smučarski čevlji iz plastike nadomestili usnjene, aluminij železo itd.. V teh in podobnih primerih smo dejansko ene naravne vire s pomočjo znanja nadomestili z drugimi, kar pa še ne pomeni, da smo se znebili odvisnosti od naravnih virov sploh in da lahko shajamo brez njih. Na znanosti temelječe tehnologije (science based technologies) omogočajo večjo učinkovitost rabe istih naravnih virov ali pa nadomeščanje enih z drugimi. Njihova manjša poraba, vsaj relativno na enoto BDP, še ne pomeni, da je znanje nadomestilo naravni vir, kot je na primer plastika nadomestila papir, kovine les ipd. Z večjo tehnično učinkovitostjo kapljičnega namakanja se lahko silno zmanjša poraba vode, ni pa ta učinkovitost nadomestila vode in odpravila potrebe po njej. Voda je bistven vir. Postala je redkost na številnih območjih. Vode, ki je izhlapela, se ne more še enkrat uporabiti, kot se lahko odpadno vodo. Erozijo prsti bi se dalo nadomestiti s kompostiranjem, toda stroški bi bili zelo visoki: 50.000 $ na hektar (Ehrlich in drugi, 1999).

Znanje je neposredno povezano s hitrejšo ekonomsko rastjo. Sektor storitev raste hitreje kot predelovalni, s tem pa se manjša poraba virov na enoto BDP, kar pa seveda še ne pomeni, da se absolutno zmanjšuje in da se zmanjšujejo okoljski vplivi. Sektor storitev je v nekaterih razvitih državah že presegel delež 70 % v BDP. Ti trendi razveseljujejo tiste, ki zagovarjajo pomiritev ekonomske rasti z varovanjem okolja. Z rastočo družbo znanja se predvideva, da bodo rešeni okoljski problemi. Predpostavlja se, da se z uporabo znanja v enačbi: okoljski vpliv = prebivalstvo x obilje (materialni življenjski standard) x tehnologija, ne samo minimizira ekološki/okoljski vpliv tehnologije, ampak tudi nevtralizira vpliv rasti prebivalstva in izobilja. Znanje je povzdignjeno v primarni dejavnik produkcije. Ehrlich in drugi (1999) opozarjajo, da pozitivne okoljske učinke uporabe znanja in premika od predelovalnega k storitvenemu sektorju lahko zmanjšajo ali celo izničijo drugi dejavniki produkcije. To ne sme biti razlog za ekološko razvrednotenje in podcenjevanje

znanja. Samo z obstoječimi in novimi družbenoekološkimi in ekološkimi spoznanji je mogoč prehod k družbenoekološki trajnostni družbi.

Poleg rasti prebivalstva in dohodka, ki povečuje rabo virov, so še drugi dejavniki, ki zapletejo razmerje med znanjem in okoljem. Materiale pridobivajo iz vse manj koncentriranih rud ter na območjih, ki so od mest predelave in procesiranja bolj oddaljena. Tudi sama rast znanja lahko pripomore k večji porabi določenega vira. Z razširitvijo računalništva se na primer poraba papirja ni zmanjšala, ampak celo absolutno povečala, čeprav je ostala konstantna glede na enoto BDP. Prišlo je do prevelikega ulova rib in poseke lesa, ki so ga olajšale bolj razvita tehnična sredstva in metode, v katerih so bila opredmetena nova spoznanja. Tovrstne empirične raziskave so izredno pomembne, ker se praviloma pretirava s pozitivnimi vplivi opredmetenega znanja v tehničnem napredku na okolje. To še zlasti velja tedaj, če je novo opredmeteno znanje v funkciji ekonomske rasti, in tako omogoča hitrejše in obsežnejše izkoriščanje naravnih virov, četudi bolj učinkovito in gospodarno.

Če se z manj viri naredi isto ali celo več, to še ne odpravlja problema onesnaženja. Z majhno količino porabljenih virov se lahko producirajo kemične substance, ki imajo zelo škodljive učinke za ljudi, rastline in živali (Ehrlich in drugi, 1999: 273). Voda, prst, energija, biotska pestrost, ustrezna temperatura podnebja so pomembni viri za ljudi. Vsi so neposredno povezani z nepogrešljivo človekovo dejavnostjo – poljedelstvom. Ekološka in eksistenčna pomembnost poljedelstva je daleč večja od njegovega ekonomskega deleža v BDP in deleža vseh zaposlenih. Bi rast znanja, opredmetena v tehnologiji in tehničnih sredstvih, lahko odstranila omejitve teh virov in jih ohranjala v želenem obsegu kljub ekonomski rasti? Odgovor je v splošnem negativen, čeprav se lahko razlikuje od primera do primera.

Pretiran tehnološki optimizem je v mnogih ozirih ekološko zavajajoč. Kopičenje znanja in njegovo opredmetenje v fizičnem kapitalu in delovnih veščinah povečuje učinkovitost ekonomskega sistema, kar posledično pomeni vsaj relativni, če že ne absolutni manjši izpust snovnih odpadkov in odpadne toplote v okolje. Ne more biti sporno, da znanje bistveno vpliva na dvig materialne in energetske učinkovitosti. Utopično pa je pričakovanje, da je možen popoln opis tehnologij, ki vključuje tudi njihove učinke v ekosistemih. S to popolnostjo bi se odstranila negotovost v razmerju koristi in škode, povezane z uvajanjem novih tehnologij. Zakoni termodinamike navržejo teoretske meje za nenehno dviganje energetske in snovne učinkovitosti, čeprav obstaja še veliko prostora za tovrstne izboljšave. Mogoče res nobeden ne more določiti minimuma materiala potrebnega, da se producira enota ekonomske blaginje, toda bioekonomisti govorijo o fizičnem iznosu, in ne o blaginji ali koristnosti (utility) (Daly, 1999: 19). S približevanjem tem mejam je podobno kot z izboljšanjem športnih rekordov. Obstajajo fizične meje, da

človek na Zemlji ne more preteči stotih metrov v šestih ali sedmih sekundah. Rekordi pa se stalno izboljšujejo in se bližajo teoretski meji z izboljšanimi merilnimi napravami, večjimi fizičnimi sposobnostmi tekmovalcev, boljšimi treningi idr.. Ko se bliža idealnim, teoretskim termodinamičnim mejam, se nepovratnost vseh produkcijskih procesov približuje ničli. Tedaj ne bi bila potrebna nobena dodatna informacija o tehnologiji in njenem vplivu na okolje, ker ne povzroča nobenih sprememb v obdajajočem okolju. Ko so poznana termodinamična stanja vnosov in iznosov, se tehnični napredek in nadomeščanja lahko vrednotijo po termodinamičnih kriterijih. Približevanje idealnim mejam postane merilo tehničnega napredka. Družbena merila tehničnega napredka se od termodinamičnih razlikujejo, ne smejo pa jih izključevati. Ideal ničelnih snovnih in energetskih odpadkov produkcije in potrošnje ne bo nikdar uresničen. Ruth in Bullard (1993) se tega zavedata, saj pravita, da če se naredi samo korak od tega ideala, imajo vsi procesi stranske učinke. Obstoječe produkcije pa niso samo en korak, ampak so še mnogo korakov proč od tega ideala.

Energija in družba

Tehnokratski pogled na družbo in družbeni razvoj, ki je vzniknil v ZDA in Kanadi v 30 letih minulega stoletja, je predlagal, da politike zamenjajo znanstveniki in inženirji. Scientistično, tehnokratsko deterministično koncepcijo politike, ki jo sicer ni utemeljil na energiji, ampak na prisili stvari (Sachzwange), je v Zvezni republiki Nemčiji na začetku 60. let razvijal sociolog H. Schelsky (1961). V takšnem tehnokratskem razumevanju politike je vsebovan realen problem, ki je danes prav tako ali pa še bolj aktualen kot pred pol stoletja: kakšno je razmerje med strokovno analizo objektivnega stanja, »prisile stvari« in političnim odločanjem. V demokratično družbeno odločanje so običajno vključeni trije akterji: javnost, politika (upravni organi, politične stranke) ter stroka. Resnica je tu rezultat pogajanja, kompromisa. Navzoča sta prizadetost in interes zlasti javnosti in politike. Doseženo soglasje navedenih akterjev med različnimi predlogi je druge vrste kot pa soglasje v znanstveni skupnosti. V znanstvenem soglasju praviloma interesi, prizadetost, potrebe ne igrajo vloge, čeprav je pot do večinskega soglasja v znanosti pogosto zelo težka in počasna. »Resnica«, novo spoznanje se običajno pojavi osamljeno. Znanstveno skupnost prepričajo šele tehtni teoretski, empirični in eksperimentalni dokazi. Ker gre za demokratično družbeno odločanje, v katerem so vedno navzoči različni interesi, vrednote in prioritete, zato znanstveniki in inženirji nikdar ne bodo mogli nadomestiti politike in je tudi ne smejo. Ko se pri nas vzpostavlja soglasje »levih« in »desnih« političnih akterjev o gradnji drugega bloka jedrske elektrarne Krško, se v bistvu samo eno zlo (količina izpustov CO_2 in z njimi povezanih podnebnih spre-

memb) nadomešča z drugim (možnost velike jedrske nesreče). Če gre za nadomeščanje večjega zla z manjšim, pa še ne vemo gotovo, saj so te nesreče možne in niso v nasprotju z naravnimi zakoni. Še več, hibe družbenoorganizacijskega konteksta funkcioniranja jedrskih elektrarn povečujejo verjetnost, da se zgodijo nesreče. Družbenoorganizacijski okvir nikdar ni tako popoln, da bi načeloma izključeval samo možnost in večjo verjetnost »normalnih nesreč«, ki izhajajo iz narave kompleksnosti tehničnih sistemov. Ob renesansi jedrske energetike se bo zelo povečalo število jedrskih elektrarn in z njim se bo stopnjevala statistična verjetnost nesreč. Zaradi kompleksnosti tehničnih sistemov so te »nesreče normalne« (Perrow, 1984). Odprto še ostaja, če bo soglasje političnih akterjev potrjeno tudi s širšim družbenim soglasjem na referendumu o gradnji drugega bloka jedrske elektrarne Krško.

Družbeno merilo napredka naj bi po presoji tehnokratov pred 70 leti postala povprečna količina energije (kilokalorij) na osebo na dan, ki vključuje vso porabo energije, ne samo v obliki hrane. White je povzdignil rast količine energije v »osnovni zakon kulturne evolucije« (White, 1970: 335). Na poti ozaveščanja družbenega pomena energije in njene »sence« (entropije) je treba omeniti naslednje avtorje: Lorda Kelvina, Podolinskega (1880), Ostwalda (1909), Soddyja (1922), Whita (1943), Cottrella (1955), Georgescu-Roegena (1971), Prigogina (1980), Oduma (1981). Novejše teoretične ali empirične prispevke pa so dali Ayres, O'Connor, Cleveland idr.. Mnogi avtorji, ki so raziskovali različen pomen energije za družbo, niso bili pozorni na ekološke/entropične posledice rabe energije. Nekateri so zdrknili v energetski redukcionizem pri razlagi družbenega razvoja. Toda vsakogar, ki je poudaril pomen energije za družbo, ni mogoče uvrstiti med predstavnike energetske teorije družbe. Sem sodijo samo energetski redukcionisti. Pri njih gre za linearnovzročno razlago: energetske spremembe vodijo k družbenim spremembam. Pri drugih pa je bolj ali manj navzoča celostna, interaktivna razlaga. Razpoložljiva energija družbe je spremenljivka, ki v interakciji z drugimi spremenljivkami (vrednote, ekonomski odnosi) vodi k makrodružbenim spremembam, kot so bile tiste, ki so vodile od nabiralniško-lovskih skupnosti k poljedelskim in potem k industrijskim družbam. Pri tej razlagi ne gre za iskanje »končnega vzroka«, ki bi se ga odkrilo v količini uporabljene energije, ampak za interakcije znotraj organske celote (družbe), ki vodijo k novi strukturi družbe. Za Cottrella je bila energija samo predpogoj za prehod od energetsko nizke k energetsko visoki (industrijski) družbi. S tem prehodom se vse spremeni: stopnja rasti prebivalstva in njegova gostota, vrednote, družina, lastninske pravice in celo psihične značilnosti osebnosti. Za ta prehod je po Cottrellu odločilen sistem vrednot, ki pospešuje ustvarjanje in reinvestiranje presežka energije, to je presežka energije nad tistim, ki je bil porabljen za njegovo pridobitev. Bistveno je torej fizično razmerje med porablje-

no in pridobljeno energijo v procesu pridobivanja energije. Ta višek je fizično mogoč z življenjsko sposobno tehnologijo. Ob drugačnih vrednotah se ta višek energije ne bi preusmerjal v pridobivanje več nove energije, kot se ni v antičnogrški, rimski in srednjeveški družbi. Toda za prehod k rabi premoga ter z njim povezane energetike ni bil odločilen sistem vrednot za preusmerjanje presežka energije, ker tega presežka še ni bilo. Ljudje niso soočeni s presežkom energije, ampak – nasprotno – s problemom njenega pomanjkanja. Šele ko je bil rešen ta problem, so lahko postale dejavne vrednote, pomembne za usmerjanje presežka energije. V 18. stoletju je bilo odločilno izčrpanje lesnih virov v Angliji in iskanje novih energentov. Ko so jih odkrili in se je tehnologija pokazala kot življenjsko sposobna, je šele ob že obstoječem kapitalskem odnosu lahko postala dejavna vrednota, ki je preusmerjala presežek energije. Ko se nakazuje začetek konca naftne dobe, se nahajamo v energetsko zelo podobni situaciji, kot se je angleška družba v 18. stoletju, čeprav gre sedaj za bistveno drugačen družbenoekološki ter znanstveno-tehnološki kontekst. Angleška družba je rešila problem z vzpostavitvijo nove paradigme družbe: industrijske, visokoogljične. Sedanja družba pa mora problem rešiti z nasprotno paradigmo: s prehodom k postindustrijski, nizkoogljični družbi. To nujnost zamenjave paradigme spodbija najnovejša naturalistična razlaga podnebnih sprememb. Oprta na podatke satelitskih opazovanj trdi, da sploh ne gre za spremembe, če pa že, pa je vpliv človekove energetske dejavnosti nepomemben, saj imamo opravka s čisto naravnim dogajanjem na Soncu, na katerega pa človek nima vpliva. To stališče zagovarja fizik Fred Singer, sedanji vodja NIPCC (Non-govermental Panel on Climate Change – Nevladni mednarodni odbor za podnebne spremembe) (Petrič, 2008: 20). Če pri tej najnovejši razlagi ni v igri kakšen interesni ideološki dejavnik, je mogoče, da so točni podatki opazovanj tako NIPCC kot IPCC (International Panel on Climate Change – Mednarodni odbor za podnebne spremembe), toda nanašajo se na različne lokalne merilne podatke. Če bi bila Singerjeva razlaga točna, bi to pomenilo, da smo se vrnili za več kot 20 let, ko je prevladovalo naturalistično stališče in se je šele z veliko težavo uveljavilo soglasje, da je človeška energetska dejavnost glavni, ne pa edini vzrok podnebnih sprememb. Iz Singerjeve razlage sledi, da so nesmiselna sedanja prizadevanja za zmanjšanje izpusta toplogrednih plinov. V našem prostoru je Singerjevo stališče pisno zavrnila skupina avtorjev (Kranjc, Paradiž, Plut, Bergant, 2008).

Rosa in Mahlis (1983: 164) odkrivata tri nepremišljenosti v energetskih teorijah družbe: a) da ne obstajajo meje za rast porabljene energije, ki jih navrže drugi zakon termodinamike; b) problemi metateorije; c) neprimerna raba metafor. Obstaja še četrta: popolno zanemarjanje ekoloških posledic rastoče rabe energije. Predani paradigmi rasti so predstavniki energetske teorije družbe, ki so izenačevali družbeni napredek s količino porabljene

energije, menili, da se ta lahko povečuje v nedogled. Predpostavljali so, da je količina energije neomejena ter da je dejansko tako velika, da se jo ima lahko za neskončno. Iz tega pa še ne sledi, da je ta neomejena količina tudi razpoložljiva za človeško rabo. Zgolj z vidika prvega termodinamičnega zakona o ohranjanju energije je ta razlika nepomembna, je pa izredno pomembna za ljudi.

Eden pomembnih prispevkov energetskih teorij družbe je v tem, da je izpostavil povezanost strukture družbe s količino koriščene energije. Empirične študije so pokazale visoko stopnjo povezanosti količine porabe energije ne samo s kazalci ekonomske rasti, ampak tudi z različnimi kazalci blagostanja (zdravje, izobrazba, kultura idr.) (Rosa, Machlis, Keating, 1988: 158–159). Potem je prišlo do razveze ne samo med kazalci ekonomske razvitosti in porabe energije, ampak tudi med kazalci blagostanja in kazalci porabe energije. Številne države bi lahko potrošile mnogo manj energije, pa to ne bi prizadelo ravni njihovega blagostanja. Določen obseg energije je potreben, da se vzpostavi moderna industrijska družba. Ko je ta prag dosežen, pa obstajajo različni načini glede porabe energije, da se vzdržuje visok življenjski standard. Drastično se to kaže v primerjavi med življenjskim standardom in porabo energije na prebivalca v ZDA in na Švedskem.

Podolinskij (1880), Ostwald (1909), White (1943, 1949), Cotrell (1955) ter Georgescu-Roegen (1971) so pomen energije umestili v širok družbeni in kulturni kontekst. Istega leta, ko je izšla Whitova knjiga in v njej razprava o energiji in civilizaciji, je geolog Hubbert (1949) objavil osupljivo napoved, da je obdobje rabe fosilnih goriv kratko in da bo domača proizvodnja nafte v ZDA dosegla vrh v 60. letih. Hubbertova napoved se je izkazala za presenetljivo točno. Izredno pomembno ostaja Hannovo svarilo (1977: 99), da je mogoče največja tragedija naše dobe ignoriranje dejstva, da obstaja omejena količina razpoložljive energije. Naša civilizacija temelji na porabi zelo onesnažujočih fosilnih goriv. Njihova nizka poraba na osebo je povezana z revščino nerazvitega sveta. Ne bogate in ne revne države pa se ne odrekajo idealu potrošniške družbe. Ničesar ni bolj nerazumnega kot globalizirati sanje potrošništva. Postavlja se naslednja dilema: če so revni obsojeni na nizko porabo fosilnih goriv na prebivalca, kar vodi v sedanjih mednarodnih konkurenčnih ekonomskih odnosih k življenjsko nesposobnim ekonomijam, pa bo povečana poraba vodila k življenjsko nesposobni civilizaciji. Toda k temu že sedaj vodi sam življenjski slog bogatih. Tudi iz ekoloških razlogov je treba spremeniti dosedanji način razvojne pomoči nerazvitim. Treba je upoštevati tiste razlike, ki so povezane s tehnološkimi pogoji za življenje, kar je Georgescu-Roegen poimenoval kot razlike med eksosomatskimi vrstami, ki so lahko še večje kot razlike med biološkimi vrstami. Japonska in Evropa sta pripadali isti eksosomatski vrsti kot ZDA, zato je bila učinkovita razvojna pomoč ZDA po drugi svetovni vojni, ne pa deželam v razvoju.

Homo indicus se v marsičem razlikuje od homo americanusa (Georgscu-Roegen, 1979 a: 369). Energetsko/ekološki problem je povezan tako z bogatimi kot revnimi državami. Prvič je postal osrednja družbenopolitična zadeva ne samo posamičnih dežel, ampak človeške vrste, celotne civilizacije (De Rivero, 2001: 174–175).

Entropija, ekonomija, družba

Tako prvi in še bolj drugi termodinamični zakon sta daleč od tega, da bi bila nepomembna za ekonomsko teorijo. Zakon o ohranitvi mase je za inženirja izredno pomemben, presenetljivo pa je, da nima praktičnega pomena za ekonomiste, čeprav zakon o ohranitvi mase velja za vsako fazo produkcijskega procesa. Razvoj tehničnih sredstev (eksosomatskih organov) pomeni napredek v pridobivanju nizke entropije z manjšo porabo svoje lastne proste energije, če bi uporabil samo svoje telesne organe. Tehnika omogoča večjo rabo nizke entropije, s tem večjo raznovrstnost potreb, večjo kakovost življenja, bolj raznovrsten družbeni, kulturni razvoj, a hkrati večjo produkcijo entropije. V tem je entropična tragičnost napredka. Vsi uporabljeni naravni materiali v produkcijskem in potrošniškem procesu končno postanejo odpadki ali pa so tako razpršeni, da jih ni več mogoče uporabiti. Materialni in energetski odpadki so ali izgube ali smeti. Slednje se da reciklirati in znova uporabiti. Oboje pa je možno zmanjšati z večjo termodinamično učinkovitostjo in večjo produktivnostjo virov. Eksternalitete so nujne v industrijskem procesu in niso zgolj tržne hibe. Postanejo vse bolj pomembne in nesprejemljive z ekonomsko rastjo. Termodinamika pripoveduje, da je neka produkcija odpadkov neizogibna za potrošniško in produkcijsko aktivnost. Ayres (2007: 116) sodi, da imata bioekonomista Georgescu-Roegen in Daly prav glede pomembnosti zakona entropije za ekonomijo. Nimata pa prav, ko trdita, da je naša civilizacija popolnoma odvisna od omejene zaloge nizke entropije visokokakovostnih virov, shranjenih v zemeljski skorji. Čeprav nizko entropijo resda ni mogoče natančno definirati, pa ima nadomeščanje svoje omejitve kljub pomembni vlogi ekonomije v njej. Nekaterih naravnih virov ni mogoče nadomestiti z ničemer. Sicer je za nadomeščanje še veliko prostora, a kljub temu se Ayresu (2007: 126) zdi, da so pesimisti, ki zagovarjajo »močno trajnost«, bliže resnici, čeprav iz napačnih premis kot optimisti, ki verjamejo bolj ali manj v neomejene možnosti nadomeščanja oziroma zagovarjajo »šibko trajnost.« Odnos tehničnega napredka do okolja/narave že kaže, da ne gre za napačnost premis pri zagovornikih »močne trajnosti«. Tehnološki napredek bolj prikrije redkost virov, kot pa da bi rešil problem omejenosti nosilne zmogljivosti okolja.

Pojem entropije je v ekonomiji zahteval in okrepil upoštevanje razvoja, časa in kakovostnih sprememb. Sklicujoč se na J. Schumpetra je Georgescu-

Roegen razlikoval čas (t) in Čas (T). Prvi je fizikalni čas, povezan s spremembami položajev v prostoru, drugi pa je razvojni, zgodovinski čas. Treba je dodati, da je to razlikovanje filozofija že dolgo poznala. Kdo bi mogoče dejal, da je nepovratnost v ekonomiji nekaj tako očitnega in samoumevnega, da zaradi tega ni treba teoretizirati in študirati fizike. Toda kar je najbolj enostavno in temeljno, se pogosto spregleda, zanemarja in je spoznavno od človeka najbolj oddaljeno. V modelih neoklasične ekonomije se je zgodilo prav to. Zanemaril se je razvoj, časovna nepovratnost ekonomskih aktivnosti. Stern je ob predstavitvi poročila o Ekonomiji podnebne spremembe pojasnil, da so interakcije med človeškimi in okoljskimi sistemi nelinearne in jih ne morejo opisati linearne enačbe, ki jih uporablja glavnina ekonomistov (Nadeau, 2008: 18). V teorijah rasti, kjer se ekonomija ukvarja z dinamiko, je čas vključen samo kot matematični parameter. Termodinamika pa v analizi zahteva upoštevanje realnega, nepovratnega časa in krepi ozaveščenost o nepovratnosti človekovih aktivnosti. Kot spremenljivka ekonomske analize nas ozavešča o razsežnosti problema in o razmerju med ekonomijo in naravo ter o antropogeni producirani entropiji na enoto BDP. Ni pomembno samo, koliko dobrin in storitev je mogoče dobiti iz določene količine energije in materialnih virov, ampak je enako pomembno, koliko se proizvede entropije, skratka, ekonomsko nekoristnih in ekološko škodljivih stvari. Če ne upoštevamo samo koristi, ampak tudi entropijo, potem lahko drugače vidimo ekonomski, tehnološki in človeški napredek sploh.

H. T. Odum in E. C. Odum (1981: 55) sta sodila, da je energija najboljša mera vrednosti. Nasprotno pa je Georgescu-Roegen poudarjal zmotnost energetske dogme tako v teoriji narave kot tudi v ekonomski teoriji vrednosti. Ni zavrnil samo Marxove monistične delovne teorije vrednosti, ampak tudi teorijo koristnosti (value utility theory). Branil je stališče, da sta termodinamična (energetska) ter ekonomska vrednost produktov sicer povezani, toda ni ju izenačeval – tako kot mnogi drugi privrženci energetske teorije ekonomske vrednosti. Obstajajo razkoraki med nizko entropijo in ekonomsko vrednostjo. Navaja različne primere: strupena goba, bakrena plošča, železo, jeklo. Vse, kar ima ekonomsko vrednost, še ni izraženo v ceni, oboje pa predpostavlja nizko entropijo. Ceno določajo trije stebri: narava (nizka entropija), delo ter ponudba-povpraševanje.

Novoveške ekonomske teorije in teorije družbenega razvoja so temeljile na predpostavki izobilja in neizčrpnosti naravnih virov. Barnett in Morse (1963) sta za časovno obdobje 1870–1957 (ZDA) empirično pokazala, da realne cene naravnih virov (kovin, surovin, razen gradbenega lesa) v dolgem časovnem razponu niso rasle, ampak – nasprotno – celo padale. Ta trend je bil za ekonomiste nesporen dokaz, da naravni viri niso redki. To res velja za obdobje mineralnega izobilja, a vseeno še ne dokazuje, da so ti viri zaradi tega neizčrpni ter da se stalno producirajo in nadomeščajo s tehnologijo.

Ekonomisti ekstrapolirajo preteklost zadnjih nekaj stoletij mineralnega izobilja v prihodnost. Na mestu je previdnost, saj se znotraj nekaj desetletij ta trend padanja cen lahko hitro obrne. Vse kaže, da se že obrača. So ekonomisti pred nekaj desetletji predvideli možnost, da bo sodček nafte dosegel vrtoglavo ceno več kot 130 dolarjev? Finančni ministri so na srečanju v Osaki v pripravah na vrh G-8 ugotavljali porast cen surovin, zlasti nafte in hrane. Pozivali so k takim ukrepom, kot so povečanje energetske učinkovitosti, večja vlaganja v alternativne vire energije in k večji raznovrstnosti. Paradigmatična hiba njihovega razmišljanja se kaže v tem, da so proizvajalke nafte pozvali k večjemu investiranju v zmogljivost rafinerij, torej k hitrejšemu črpanju omejenih zalog. Seveda se na naftnih trgih tudi špekulira, toda to ne odpravlja dejstva o končnosti neobnovljivih virov. Še več, pričakovati je, da se bo še povečala vloga ekoloških in geopolitičnih dejavnikov in špekulativnega trgovanja, ne samo z nafto, ampak tudi z drugimi surovinami, v kolikor bo postajala vse bolj očitna njihova omejenost. Linearno ekstrapolativno mišljenje se ne obnese pri zgodovinskem procesu. Zadnje obdobje dvestotih let mineralnega izobilja se zaključuje in je atipično. Dela nas slepe za možnost nastopa ekološkega pomanjkanja naravnih virov in utrjuje prepričanje, da se bosta izobilje in z njim povezan naš način življenja nadaljevala tudi v prihodnosti. Ta usodna zmota je povezana z mehanskimi analogijami v ekonomski teoriji. Razumevanje razlike med mehanskimi in zgodovinskorazvojnimi procesi je hkrati tudi meja kvantifikacije in matematizacije, to je smiselnosti in možnosti uporabe kvantitativnih, matematičnih metod, pojmov in modelov za razumevanje teh procesov. Noben sistem enačb po Georgescu-Roegenu ne more deterministično opisati razvojnega procesa. Tudi zaradi tovrstnih omejitev avtorji matematičnih, kvantitativnih modelov družbenoekološkega razvoja trdijo, da so mogoči samo scenariji, kaj se lahko zgodi, ne pa napovedi, kaj se bo zgodilo. Sodobni predstavniki neoklasične ekonomije so se izognili stališčem Georgescu-Roegena. Nobelovec Solow (1974: 14) je sodil, da če lahko nadomestijo dejavniki produkcije naravne vire, potem tu načeloma ni nobenega problema. Svet bi po njegovem lahko shajal brez njih. Toda ravno Solow »če« ne velja. Kapital in naravni viri so dopolnjujoči, ne pa vzajemno nadomestljivi. Obstaja usodna nesimetričnost: naravni viri lahko obstajajo brez kapitala, ne pa kapital brez naravnih virov. Solow svoj »če« vzame kot realno možnost. Njegova prejšnja dela o teoriji rasti temeljijo ravno na agregirani produkcijski funkciji, v kateri se naravni viri sploh ne pojavijo in je produkcija samo funkcija kapitala in dela. V banalni kuhinjski praksi bi Solowo stališče pomenilo, da za potico rabimo samo peč, kuhinjo in kuharja, ne pa tudi jajc, moke, sladkorja, elektrike ali nekega drugega energijskega vira, na primer plina ali drv (Daly, 1999: 16). V tej ekonomski koncepciji produkcije je narava odmišljena in nepomembna. Solow »pozabi«, da tudi pečice ni brez naravnih virov. Pečica v taki koncepciji ne potrebuje čiščenja, ker pro-

dukcija poteka brez odpadkov. Georgescu-Roegen je naredil naslednji sklep o Solowu: »Mora se imeti zelo zmotni pogled na ekonomski proces kot celoto, da se lahko reče, da bi svet mogel dejansko shajati brez naravnih virov, saj to pomeni ignorirati razliko med dejanskim svetom in edenskim vrtom« (Georgescu-Roegen, 1975: 361). Ko se je nekaj let kasneje pojavila nova različica Cobb-Douglasove produkcijske funkcije, ki je vključevala vire (R) poleg dela in kapitala, jo je Georgescu-Roegen označil za Solow-Stiglitz različico, ki problema ne rešuje, ampak ga pomete pod preprogo in ne vodi računa o razliki med realnostjo in edenskim vrtom, torej med realnostjo in njeno idealizacijo v matematičnoteoretičnem modelu. Čudovita in zagonetna je moč teoretičnega mišljenja, da neodvisno od empirične realnosti predpostavlja empirično ali eksperimentalno potrditev svoje podmene o realnosti. V tej moči pa je skrita tudi možnost velikega zavajanja, ko teoretično mišljenje več ne vodi računa z omejitvami v realnosti.

Prevladujoči standardni model rasti domneva, da ni nobenih meja za razširitev ponudbe nečloveških dejavnikov produkcije. V osnovi je dvofaktorski model, v katerem je produkcija odvisna samo od dela in obnovljivega kapitala. Tretji člen klasične triade, narava, je v splošnem izpuščen z neizrečeno predpostavko, da je kapital popolno nadomestilo za zemljo in druge izčrpljive vire (Daly, 1998: 17–18). Solow-Stiglitzova različica sicer izrecno vključuje naravne vire (R) v produkcijsko funkcijo, toda implicitno dopušča popolno nadomestljivost R s kapitalom. Z matematičnega vidika je takšna operacija sicer korektna, toda Georgescu-Roegen jo je kljub temu imenoval »čarovniški trik« ali »operacijo s svinčnikom na papirju« (pencil and paper operation). Zelo je bil pozoren na razmerje med teoretičnim in praktičnim. To razumevanje je bilo ključno za kritiko paradigme standardne (neoklasične) ekonomije, pa tudi za obrambo svojega četrtega zakona termodinamike. »Na papirju se lahko napiše produkcijsko funkcijo, kot se želi, brez upoštevanja obsegov ali kakšnih drugih omejitev« (Georgescu-Roegen, 1979: 97–98). Ker se ni upoštevalo navedene razlike, so nekateri ekonomisti sicer z matematično korektnimi operacijami iz produkcijske funkcije sklepali, da obstaja velika elastičnost nadomeščanja med faktorji produkcije, kot so kapital, delo in naravni viri. Za njih ni realnega problema »meje rasti«, izčrpanja naravnih virov ter degradacije ekosistemskih storitev. V bistvu se spregleda, da gre za nadomeščanje elementov dejavnikov produkcije in znotraj le-teh, ne pa za nadomeščanje samih dejavnikov. Ravno slednje pa dopušča koncept »šibke trajnosti«. Ne more se trajno in v velikem obsegu s kapitalom nadomeščati elemente narave. Če se takšno nadomeščanje stalno dogaja, to prej ali slej vodi v ekološko/okoljsko krizo. Moderne ribiške ladje zahtevajo investiranje kapitala in dela, toda ribe so dar narave in jih ne moreta nadomestiti ne kapital ne delo. Ribe, nafta, plin, les, prst, minerali so produkt naravnih procesov, ne pa človeške aktivnosti. Pri nadomeščanju naravnih virov in storitev s

kapitalom ne gre za zamenjavo kategorij, ampak kvečjemu za nadomeščanje posamičnih elementov znotraj kategorij ali med kategorijami. Nadomeščanje med predmeti dela in sredstvi dela ni mogoče. Z večjo učinkovitostjo šivalnih strojev ali z njihovim večjim številom se ne more nadomestiti vlaken, iz katerih se delajo oblačila. Zgolj z zidarji in njihovimi orodji ni mogoče zgraditi hiše, seveda pa tudi ne brez njih.

Naravni viri niso samo voda, zrak, fosilna goriva, gozdovi, ribe, ampak so tudi takšne funkcije ekosistemov, kot sta ozonska zaščita in konstantna temperatura med ledišcem in vreliščem. Ne obstajajo samo meje v končnosti neobnovljivih virov. Še prej se lahko pojavijo meje končne sposobnosti ekosistemov, da sprejmejo onesnaženje. Izčrpanje naravnih virov in onesnaženje ima razlago v entropičnih izrazih. Termodinamično in snovno entropijo generirajo antropogeni procesi z izpusti odpadne toplote in razsipanjem materije v produkciji in potrošnji. Eksergijsko vsebino odpadkov, ki je splošna mera okoljske motnje, je mogoče izračunati. Ta antropogena ekonomska aktivnost je podvržena prvemu in drugemu zakonu termodinamike in ima posledice za naravne procese in interakcije med njimi in družbo. Ekonomija povečuje tok storitev, a hkrati zmanjšuje obseg ponudbe obnovljivih naravnih virov in storitev. Človeški razvoj in napredek sta se že v preteklosti srečevala z usodnimi entropičnimi razpotji. Za entropično razpotje sodobne civilizacije sta značilna globalnost in rastoče pomanjkanje «naravnega kapitala«. Do ekološke krize našega časa je ozko grlo produkcije predstavljal kvalificiran človeški kapital, zdaj pa vse bolj naravni kapital, ki vključuje: ekosistemske storitve, hrano, fosilna goriva, surovine, les, vodo, prst idr.. Iščejo se različne rešitve, toda te v glavnem niso pravočasne, globalne in dovolj radikalne. Resno upoštevanje entropične razsežnosti ekonomskih in človeških aktivnosti sploh zahteva zares drugačno politiko od sedanje.

LITERATURA

Ayres, R. U. (1994): Information, Entropy, and Progress. A New Evolution Paradigm. New York: American Institute of Physics.

Ayres, R. U. (1998): Ecothermodynamics, economics and the second law. Ecological Economics, 26, 189–209.

Ayres, R. U. (1999): Turning Point. End to the Growth Paradigm. London: Earthscan.

Ayres, R. U., van den Bergh, J. C. J. M. (2005): A theory of economic growth with material, energy, resourses and dematerialization: Interactions of three growth mechanisms. Ecological Economics, 55: 96–118.

Ayres, R. U. (2007): On the practical limits to substitution. Ecological Economics, 61: 115–128.

Barnett, H., Morse, C. (1963): Scarcity and Growth: The Economics of Natural Resource Availability. Baltimore: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.

Beard, L., Lozada, G. A. (1999): Economics, Entropy and the Environment. Cheltenham, UK. Northampton, MA, USA: Edward Elgar.

Boltzmann, L. (1974): Theoretical Physics and Philosophical Problems. Selected Writings. Dordrecht, Holland Boston, U.S.A.: D. Reidel Publishing Company.

Bretschger, L. (2005): Economics of technological change and the natural environment: How effective are innovations as a remedy for resource scarcity? Ecological Economics, 54: 148–163.

Brobst, D. A.(1979): Fundamental Concepts for the Analysis for Resource Availability. Smith, V. K. (ur.): Scarcity and Growth Reconsidered. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press. 106–159.

Bučar, F. (2008): Leninizem in iskrica na obzorju. Delo (Sobotna priloga), 4. oktober: 4–5.

Bullard, C. W. (1988): Management and Control of Modern Technology. Technology in Society, Vol. 10: 205–252.

Carbonell, A. F., Gowdy, J. M. (2007): Environmental degradation and happiness. Ecological Economics, 60: 509–516.

Cleveland, C. J. (1999): Biophysical economics: from physiocracy to ecological economics and industrial ecology. Mayumi, K, Gowdy, J. M. (ur.): Bioeconomics and Sustainability. Essays in Honor of Nicholas Georgescu-Roegen. Cheltenham, Northampton Edward Elgar, 125–154.

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.

Cottrell, F. (1955): Energy and Society. New York: McGraw Hill.

Daly, H. (1986): The economic Thought of Friderick Soddy. History of Political Economy, 12(4): 469–488.

Daly, H. (1987): The Economic Growth Debate: what some economists have learnt but many have not. Journal of Environmental Economics and Management Studies, 40: 61–78.

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 Nicholas Georgescu-Roegen. Cheltenham Northampton, MA, USA: Edward Elgar. 13–24.

Daly, H., Fairley, J. (2004): Ecological Economics. Principles and Applications. Washington, Covelo, London: Island Press.

De Gleria, S. (1985): Nicholas Georgescu-Roegen: A Mind that Thought Above His Time. Economic International, 13: 3–32.

De Rivero, O. (2001): The Myth of Development of the Non-Viable Economics of the 21st Century. London and New York: Zed Books.

Devezas, T. C., Corredine, J. T. (2002): The nonlinear dynamics of technoeconomics systems. An informational interpretation. Technological Forecasting and Social Change, 69: 317–357.

Dieren van, W. (ur.) (1995): Taking Nature Into Account Toward a Sustainable National Income. Report to the Club of Rome. New York: Copernicus. An imprint of Springer – Verlag.

Diesendorf, M., Hamilton, C. (ur.) (1997): Human Ecology, Human Economy. Ideas for an ecologicaly sustainable future. St. Leonards. NSW: Allen and Unwin.

Dinde, S. (2005): A theoretical basis for the environmental Kuznets' curve. Ecological Economics, 53: 403–413.

Distaso, A. (2007): Well-being and/or quality of life in EU countries through multidimensional index of sustainability. Ecological Economic, 64: 163–180.

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.

Ehrlich, P. R., in drugi (1999): Knowledge and the environment. Ecological Economics, 30: 267–284.

Eppink, F. V., van den Bergh, J. C. J. M. (2007): Ecological theories and indicators in the economic models of biodiversity loss and conservation: A critical review. Ecological Economics, 61: 284–293.

Faber, M., Proops, J. L. R. (1985): Interdisciplinary Research Between Economists and Physical Scientists: Retrospect and Prospect. Kyklos, 38 (4): 599–616.

Fratzscher, W., Stephan, K. (2003): Waste/energy usage and entropy economy. Energy, 28: 1281–1302.

Georgescu-Roegen, N. (1966): Analytical Economics: Issues and Problems. Cambridge, Massachussets: 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. (1979a): Inequality, Limits and Growth from Bioeconomic Viewpoint. Review of Social Economy, XXXV. (3): 361–375.

Georgescu-Roegen, N. (1981): Energy, Matter and Economic Valuation: Where Do We Stand? Daly, H., UmaŮa, 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 Viable 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.

Giampietro, 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.

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.

Gresh, A. (2008): Zahod je izgubil monopol nad zgodovino. Monde diplomatique. V slovenščini. Delo, 8. november.

Hannon, B. M. (1977): Energy, Growth and Altruism. Meadows, D. L. (ur.): Alternatives to Growth. Cambridge, MA: Ballinger, 79–100.

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. (1966): Filozofija povijesti. Zagreb: Naprijed.

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. Ecologiocal Economics, 37: 271–287.

Kirn, A. (ur.) (1991): Ekologija, ekonomija, entropija. Maribor: Aram.

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, A. (2007): Redukcionizem, determinizem in kultura. Strgule, S. K., Popit, T., Vičar, M. (ur): Genialna prihodnost, genetika, determinizem in svoboda. Mednarodni posvet Biološka znanost in družba. Ljubljana, 4.–5. oktobra 2007. Zbornik prispevkov. Ljubljana: Zavod Republike Slovenije za šolstvo, 94–120.

Kirn, A. (2008): Varstvo narave in kriza napredka. Varstvo narave, let. 21: 23–38.

Kirn, A. (2008 a): Entropične razsežnosti družbenega razvoja. Teorija in praksa, let. 45, št. 3–4: 249–284.

Kirn, M. (2008): Podnebno-energetski sveženj predlogov Evropske komisije, I, II. Evropski pravni vestnik, 17. marec, 9–11, 31. marec, 10–11.

Kos, M. (2008): Vzrok slovenske stagnacije razvojnih kazalcev v evropskih razmerjih. Delo (priloga FT), 18. avgust: 12–13.

Kranjc, A. Paradiž, B., Plut, D., Bergant, K. (2008): Znanost o podnebnih spremembah ni muha enodnevnica. Delo (priloga Znanost), 18. september: 21.

Lozada, G. A. (2006): Entropy, free energy, work, and other thermodynamic variables in economics. Ecological Economics, 56: 71–78.

Mencinger, J. (2008): Reševanje globalnih goljufov. Delo (Sobotna priloga), 4. oktober: 16–18.
Meadows in drugi (2004): Limits to Growth. The 30-Year Update. Sterling, VA: Earth scan
Minier, J. (2001): Political Invitation and Economic Growth. Knowledge, Technology and Policy. Vol. 13, No. 4: 85–93.
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.
Odum, H. T., Odum, E. C. (1981): Environment, Power and Society. New York: John Wiley.
Perrow, L. (1984): Normal Acccidents. Living with High Risk Technologies. Basic Books. A Division of Harper Collins Publishers.
Petrič, S. R. (2008): Globalna otoplitev ni posledica človekovih dejavnosti. Delo (priloga Znanost), 11. september: 20.
Pimentel, D., in drugi (1994): Renewable energy: economic and environmental issues. Bioscience, 44: 536–547.
Plut, D. (1991): Entropijska zanka. Radovljica.
Plut, D. (1995): Brez izhoda? Svetovni okoljski problemi. Ljubljana: DZS.
Plut, D. (2008): Vse bolj ogroženo zdravje, ekosistem, planetarno okolje in svetovno gospodarstvo. Delo (Sobotna priloga), 18. avgust: 14–15.
Podolinskij, S. (1880): Trud čeloveka i ego odnos k raspredeleniju energii. Sankt Peterburg: Slovo, naučnij, literaturnyj i političeskij žurnal, god tretji, apryl i mai.
Ranjan, R., Shortle, J. (2007): The environmental Kuznets' curve when the environment exhibits hysteresis. Ecological Economics, 64: 204–215.
Rebane, K. K. (1995): Energy, entropy, environment: why is protection of the environment objectively difficult? Ecological Economics, 13: 89–92.
Rizman, R. (2008): Zlom finančne alkimije. Delo, 4. oktober.
Rizman, R. (2008 a): Upanje iz Pandorine skrinjice. Delo, 15. november:5.
Robertson, R. (2003): The Three Waves of Globalization. A History of developing Global Consciusness. London, New York: Zed Books.
Rosa, E. A., Machlis, G. E. (1983): Energetic Theories of Society: An Evaluative Analysis. Social Inquiry, 53: 152–178.
Rosa, E. A., Machlis, G. E., Keating, K. M. (1988): Energy and Society. Annual Review of Sociology, 14: 149–172.
Ruffin, F. (2008): »Pogumne revizije« in »drznosti« socialistične stranke. Monde diplomatique. V slovenščini. Delo, 8. november.

Rus, V., Toš, N. (2005): Vrednote Slovencev in Evropejcev. Analiza vrednotnih orientacij Slovencev ob koncu stoletja. Ljubljana: Fakulteta za družbene vede, IDV, CJMMK.
Ruth, M. (1985): Information order and knowledge in economic and ecological systems: implications for material and energy use. Ecological Economics, 13: 99–114.
Ruth, M., Bullard, C. W. (1993): Information, production and utility. Energy Policy, October 21: 1059–1067.
Ruth, M. (1993): Integrating Economics, Ecology and Thermodynamics. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
Schelsky, H. (1961): Demokratische Staat und moderne Technik. Atomzeitalter 5.
Soddy, F. (1922): Cartesian Economics. London: Henderson.
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.
Spash, C. L. (2007): The economics of climate change impacts a la Stern: Novel and nuanced or rhetorically restricted? Ecological Economics, 63: 706–713.
Splichal, S. (2008): Nasvidenje v naslednji revoluciji. Delo, 26. april.
Splichal, S. (2008a): Svoboda, bratstvo, enakost – nikoli več? Delo, 6. september.
Steinhart, J. S., Steinhart, C. E. (1974): Energy Use in the U.S. Food System. Science, Vol. 184, 19 April, 307–316.
Val'den, P. J. (1916): Obescenivanie materii. Moskva: Pečatnoe iskusstvo.
Vidmajer, S. (2008): Zaton Zahoda. Kako se bo spremenila geopolitika. Delo (Sobotna priloga), 18. oktober: 8–9.
Vitousek, P. M., in drugi (1997): Human domination of earth's ecosystems. Science. Vol. 277(5325): 494–499.
Vivien, F.-D. (1999): From agrariarism to entropy: Georgescu-Roegen's bioeconomics from a Malthusian viewpoint. Mayumi, K., Gowdy, J. M. (ur.): Bioeconomics and Sustainability. Essays in Honor of Nicholas 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.
White, L. (1943): Energy and the Evolution of Culture. American Anthropologist, 3: 335–356.
White, L. (1949): The Science of Culture. New York: Ferrer, Straus and Giroux.
White, L. (1970): Nauka o kulturi. Studije o čoveku i civilizaciji. Beograd: Kultura.