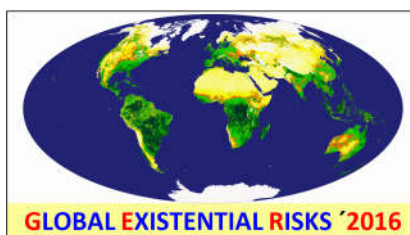


ROZVOJ TRVALO NEUDRŽATEĽNÝ ROZTÁČA ŠPIRÁLU RIZÍK GLOBÁLNEHO KOLAPSU, NEVYHNUTNÁ JE REVÍZIA PÔVODNEJ KONCEPCIE UDRŽATEĽNOSTI

Peter SABO

UNSUSTAINABLE DEVELOPMENT OPENS UP A SPIRAL OF THE RISKS OF A GLOBAL COLLAPSE, REVISION OF THE ORIGINAL SUSTAINABILITY CONCEPT IS NECESSARY



ABSTRAKT

Príspevok približuje postupný nárast vplyvov človeka na globálny ekosystém, začínajúc obdobím lovcov-zberačov a končiac obdobím veľkého zrýchlenia socioekonomických aj environmentálnych zmien po roku 1950. V súčasnosti tieto zmeny dosiahli aj prekročili niektoré planetárne hranice – ekologické limity život udržujúcich systémov Zeme. Podľa niektorých vedcov sa už nachádzame v novej geologickej epoche, Antropocéne, v ktorej sa človek stal rozhodujúcou silou, ktorá mení tvár Zeme. Realitou je vysoká a stále rastúca antropogénna entropizácia Zemského ekosystému, ktorá prekračuje možnosti jeho spontánnej sebaobnovy a regenerácie, a znižuje jeho kapacitu podporovať ľudskú populáciu. Vonkajšie príčiny tohto vývoja zahŕňujú najmä enormný rast veľkosti ľudskej populácie a jej spotreby, ako aj prehĺbovanie sociálnej asymetrie. Treba k nim však priradiť aj pretrvávajúcu mechanickú kvantitatívnu rozvojovú paradigmu, vrátane nízkej reflexie vysokej zložitosti živých systémov vo vedeckom výskume. Vychádzajúc z koncepcie nerovnovážnej termodynamiky živých systémov sme sa pokúsili o biofyzikálne orientovanú redefiníciu udržateľného rozvoja, správnejšie udržateľného vývoja, ktorá berie do úvahy antropogénnu entropizáciu Zemského ekosystému.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: environmentálne vplyvy, Zemský ekosystém, Antropocén, globálny kolaps, antropogénna entropizácia, udržateľný rozvoj

ABSTRACT

The contribution presents consequent growth of human impacts on a global ecosystem, starting from the era of hunter-gatherers and finishing with the era of great acceleration of socioeconomic and environmental changes since 1950. Currently these changes have achieved and overwhelmed some of the planetary boundaries – the ecological limits of the Earth's life support systems. According to several scientists we have found ourselves in a new geologic epoch, Anthropocene, in which a man became the crucial force changing the character of the Earth. The reality is high and still growing anthropogenic entropization of the Earth ecosystem, which is beyond its abilities of spontaneous self-renewal and regeneration, and decreases its capacity to support human population. The external driving forces of this development include mainly enormous growth of the size of human population and its consumption, but also rising social asymmetry. However, it is necessary to add to these reasons also ongoing mechanical quantitative development paradigm, including low reflection of the high complexity of living systems in the scientific research. Starting from the concept of non-equilibrium thermodynamics, we tried to develop a biophysically oriented redefinition of a sustainable development, which takes into account current anthropogenic entropization of the Earth ecosystem.

KEY WORDS: environmental impacts, Earth ecosystem, Anthropocene, global collapse, anthropogenic entropization, sustainable development

ÚVOD

Snáď nikdy v ľudskej histórii nebolo smerovanie civilizácie také hlboko protirečivé ako dnes. Pohľad optimistu sa môže oprieť o rozsiahlu legislatívu na ochranu prírody, životného prostredia a práv človeka, o bezpočet stratégií, nástrojov a iniciatív na podporu koncepcie udržateľného rozvoja, vrátane zápasu proti chudobe. Príkladom pozitívnych trendov je aj exponenciálny nárast zastúpenia chránených území, najmä na pevnine, aj nárast počtu a kvality práva, medzinárodných environmentálnych zmlúv, vrátane globálnych dohovorov pre ochranu prírody. Významný je tiež rozvoj pro-environmentálnych technológií, ktoré prispeli k miestnym a regionálnym zlepšeniam kvality ovzdušia a vôd, k efektívnejším konverziám energie a k triedeniu odpadov a recyklácii materiálov, najmä v priemyselne rozvinutých štátoch. Kvalitné publikácie a prírodovedné seriály približujú úžasné bohatstvo biodiverzity, krásu a tajomstvá prírody. Napriek tomu nás zotrvačnosť dominujúcich, ale v súčasnosti neadekvátnych socioekonomických modelov privádza až ku hrane globálneho kolapsu. Paradoxy koncepcie udržateľnosti vedú k tomu, že namiesto systémových zmien iba zmierňujeme následky „rozvoja trvalo neudržateľného“.

Kým bola ľudská populácia málo početná a jej technológie primitívne, odčerpávala z prírodných zdrojov Zeme iba zlomky dnes využívanej energie a materiálov a následne produkovala aj málo entropie. Jej environmentálne vplyvy boli prevažne miestne, nanajvýš regionálne. Postupne sme sa však od lovcov-zberačov, cez poľnohospodársku, priemyselnú a informačnú revolúciu dostali až k Antropocénu. Podľa nositeľa Nobelovej ceny za chémiu Paula Crutzena ide o označenie novej geologickej epochy, v ktorej je človek dominujúcou silou, ktorá mení povrch planéty. Globálne zmeny sa prudko zrýchlili od roku 1950. Vysoké zrýchlenie socio-ekonomického rozvoja a materiálnej prosperity časti ľudskej populácie sa premieta do vysokej produkcie entropie a tým do výrazných narušení Zemskeho ekosystému. Tiesna snáď najvýraznejšie prejavujú v odlesňovaní tropických pralesov a úbytku biodiverzity, v klimatickej zmene a v znečisťovaní prostredia. Viaceré environmentálne problémy a ich hybné sily dosiahli planetárne rozmery a novšie štúdie hovoria o prekračovaní planetárnych ekologických hraníc ľudských aktivít.

1 OD LOVCOV- ZBERAČOV EXPONENCIÁLNE K VEĽKÉMU ZRÝCHLENIU

Porozumieť rastúcim vplyvom človeka na Zemský ekosystém si vyžaduje aspoň krátke pristavenie sa pri etapách ľudskej histórie, ktoré sa odlišujú spôsobmi obživy. Človek rozumný sa asi pred 70000 – 50 000 rokmi začal rozširovať aj mimo Afriky. Prví kočovní lovcí-zberači žili v malých skupinách, tlupách a museli mať značné vedomosti o ich životnom prostredí, aby prežili. Ich väčší vplyv na životné prostredie nastal až v druhej polovici vrchného Pleistocénu po zdokonalení nástrojov a techník lovu a predovšetkým používaní ohňa. Lovcom-zberačom sa pripisuje výrazný podiel na vyhynutí až 90 rodov vtedajšej megafauny v Eurázii, v Severnej a Južnej Amerike a v Austrálii [1, 2].

Dostatok energie k pretváraniu prostredia človeku poskytla neolitická poľnohospodárska revolúcia pred 12000 až 10 000 rokmi. Pestovanie poľných plodín a ovocia začalo v trópoch, kľčovaním pralesov, neskôr ľudia vynašli prielohový systém, kedy sa pole po 3-4 rokoch využívania nechalo bez obrábania ako prieloh, ktorý sa využíval na pastvu dobytká, osievala sa iba časť pôdy [3]. Domestikácia živočíchov sa časovo prelínala s domestikáciou plodín, išlo hlavne o veľké bylinožravce a všežravce (napr. na Blízkom východe pred 9 000 – 7 000 rokmi to boli najmä ovce, kozy, dobytok a ošípané). Viac dostupnej potravy a energie na osobu viedlo k vytváraniu stálych sídel, rozvíja sa písmo, remeslá, vznikajú spoločenské vrstvy a prvé civilizácie. S potrebou nových plôch pre pestovanie plodín a pastvu dobytká pre rastúcu ľudskú populáciu rástli aj vplyvy človeka na životné prostredie. Rozsiahle kľčovanie a vypaľovanie lesov spolu s potrebou dreva ako paliva a na stavbu príbytkov, povozov a lodí viedlo k výraznej redukcii rozlohy listnatých lesov Európy, najmä v oblasti Stredomoria. Neskoršie vplyvy zahŕňali budovanie nádrží, zavlažovacích kanálov a vysušovanie mokradí. Tlak na záber nových plôch zmiernil až úhorový systém a najmä systém trojpoľného hospodárenia [3]. Vplyvy človeka boli však stále prevažne miestne, hoci neraz intenzívne a objavujú sa aj príklady regionálnej degradácie [4].

K výrubom lesov prispievalo staviteľstvo, lodiarstvo, ťažba a tavenie rúd, s ktorou bolo spojené značné znečisťovanie pôdy, vody, ovzdušia a vysoká produkcia hlušiny v podobe rozsiahlych bankských hald. Bankská činnosť silne poznačila lesy okolo stredovekých bankských miest v Európe. Už v stredoveku sa ťažilo aj uhlie, v Číne už v 10., v Anglicku v 13. storočí, z tohto obdobia je známe znečisťovanie ovzdušia v Londýne redukčným smogom [5]. K výrazným predindustriálnym vplyvom v oblasti Karpát prispela valaská kolonizácia (v 14. až 17. storočí), s ktorou je spojené kľčovanie lesov za účelom rozšírenia pastvy dobytká, čo v Západných Karpatoch viedlo k zníženiu hornej hranice lesa v priemere o 150 - 200 m (niekde až o 400 - 450m), na cca 75 % jej dĺžky [6]. Avšak nie všetky vplyvy poľnohospodárov boli negatívne – napr. príjemné pastorálne krajiny Bielych Karpát, Poľany, Fatier či Zamaguria, s ich druhovo bohatými pestrými lúkami, sú tiež odtlačkom interakcií človeka a prírody.

Radikálnou zmenou bola až priemyselná revolúcia, ktorá začala koncom prvej polovice 18. storočia v Anglicku. Umožnili ju nové technické objavy vedúce k intenzívnemu využívaniu zásob fosilnej energie nahromadenej v zemskej kôre. Rast ekonomiky v spojení s vedou umožnili úžasný rozvoj technológií a zvýšenie ľudskej prosperity. Fosilné palivá tiež v druhej polovici 20. storočia umožnili zelenú revolúciu v poľnohospodárstve, ktorá na báze vysoko výnosných odrôd, minerálnych hnojív a pesticídov zabezpečila podstatné zvýšenie produkcie potravín a rastúcu migráciu ľudí do miest. To prispelo k veľkému rastu ľudskej populácie – zo 600 miliónov v roku 1700 na vyše 7,4 miliardy v roku 2016 [7]. Sprievodným javom industriálneho veku sa stala postupujúca zmena zemského povrchu, do roku 1950 ho bolo človekom narušených alebo zmenených približne 25-30 %, oproti 10 % v roku 1800 [5]. Ďalšie vplyvy zahŕňajú znečisťovanie ovzdušia v oblastiach ťažby surovín, priemyslu a mestských aglomerácií, rastúce čerpanie a znečisťovanie vody, vysokú produkciu odpadov, rozsiahle odlesňovanie za účelom získania nových plôch pre poľnohospodársku produkciu, sídla, dopravu, priemysel. S nevhodným obrábaním ornej pôdy je spojená jej urýchlená erózia a ďalšie formy jej fyzikálnej a chemickej degradácie. Nové výkonné technológie výrazne znásobili schopnosť ľudskej populácie meniť a pretvárať jej prostredie.

Globálne zmeny sa prudko zrýchľujú od roku 1950, obdobie od tohto roku sa preto nazýva veľké zrýchlenie (*Great Acceleration* – [5, 8]). Vysoké zrýchlenie socio-ekonomického rozvoja sa prejavuje vysokým rastom ľudskej populácie a urbanizácie, globálneho hrubého domáceho produktu (HDP) a medzinárodných investícií, spotreby energie, minerálnych hnojív, čerpania vody, a budovania priehrad, priemyselnej produkcie, dopravy, telekomunikácií a medzinárodného turizmu. Toto vysoké zrýchlenie socioekonomického rozvoja sa premieta do výrazných zmien a narušení a degradácie Zemského ekosystému. Autori koncepcie veľkého zrýchlenia vybrali k 12 socioekonomickým trendom 12 podobne preukazných trendov zmien globálneho ekosystému Zeme (*Earth System*), ktoré vedú k narušeniam jeho štruktúry a funkcií: patrí k nim najmä zrýchľujúci sa rast koncentrácií hlavných skleníkových plynov, rýchly rast priemernej teploty zemského povrchu, zvyšovanie acidifikácie oceánov, obrovské výruba pralesov, znečisťovanie povrchových aj podzemných vôd a pobreží živinami (najmä dusíkom a fosforom) a ďalšie trendy, sumárne ide o exponenciálny nárast degradácie Zemského ekosystému [5, 8].

Mnohé environmentálne problémy, procesy a ich hybné sily postupne dosiahli planetárne rozmery. Riziko nevratných zmien život udržujúcich systémov analyzuje štúdia o planetárnych hraniciach [9]. Jej autori identifikovali deväť takýchto kritických systémov, ich riadiace premenné (napr. rast koncentrácie CO₂ v atmosfére, objem čerpanej vody) aj hranice, pri rešpektovaní ktorých sú ešte existencia a aktivity ľudstva v bezpečí. Podľa ich výsledkov sme v prípade troch z týchto systémov: biodiverzity, klimatického systému a cyklov dusíka a fosforu prekročili ekologické limity.

2 ANTROPOCÉN, RIZIKO KOLAPSU A RAST ENTROPIZÁCIE ZEMSKÉHO EKOSYSTÉMU

Pri porovnávaní nárastu vplyvov človeka v priebehu uvedených období treba v zmysle Ehrlichovho modelu PAT (*Population – Affluence – Technology*) modelu brať do úvahy 1) početnosť ľudskej populácie, 2) jej spotrebu energie a 3) technológie [10]. Veľkosť ľudskej civilizácie je dnes asi 10 000 násobne vyššia ako na úsvite éry lovcov-zberačov a veľkosť spotreby energie na osobu vzrástla zhruba 50 násobne [11]. Moderné technológie síce znižujú spotrebu materiálov a produkciu odpadov na jednotku produkcie, ale vzhľadom k vysokému nárastu globálnej produkcie spotreba materiálov aj produkcia odpadov stále rastú. Antropogénny tlak na biosféru už v 80. rokoch prekonal jej biologickú produkčnú a absorpčnú kapacitu a v roku 2010 globálna ekologická stopa až o vyše 50 % prekračovala dostupnú kapacitu biosféry [12].

Dospeli sme teda do bodu, kedy sa naša civilizácia stala rozhodujúcou silou, ktorá mení povrch planéty, zanechávajúc na tvári Zeme hlboké a dlhodobé stopy. Zalasiewicz[13] hovorí o premietnutí zmeny krajiny štruktúry a úbytku biodiverzity do fosilných záznamov. Aj preto niektorí vedci navrhujú rozšíriť doterajšie členenie štvrtohôr popri pleistocéne a holocéne (posledná medziľadová doba) o tretiu epochu – Antropocén [13]. Tento názov má vyjadrovať dominanciu vplyvov človeka na procesy prebiehajúce na našej planéte. V súčasnosti sa vedú diskusie o dátume začiatku Antropocénu a vymedzení jeho jednotlivých fáz, ktoré sa odlišujú tempom rastu vplyvov človeka na planétu[5]. Podstatnejšie však je poučiť sa z histórie, z rozpadu veľkých aj malých civilizácií, ktoré nedokázali včas vidieť nebezpečenstvá vyplývajúce z ničenia ich životného prostredia a urobiť všetko preto, aby súčasná epocha nebola posledným štádiom ľudskej civilizácie. Zmena nášho postoja k Zemi musí vychádzať z poznania rozsahu antropogénnych zmien a vplyvov na štruktúry a procesy v biosfére a z uvedomenia si našej zodpovednosti za ich ďalší vývoj. Treba vidieť, že v hre nie je zničenie života na Zemi, ten sa po početných aj masových vymieraniach druhov vždy rozvinul do vyššej rozmanitosti. V hre je osud ľudskej civilizácie.



Pradoxne, v situácii stále rastúceho globálneho materiálneho bohatstva sa ocitáme na hrane ekologického, sociálneho a civilizačného kolapsu. Historici opísali rozpad viacerých veľkých civilizácií, ako bola napr. harappská v údolí Indu, mezopotámska v povodiach Eufratu a Tigrisu, egyptská v údolí Nílu, ktorú porazili až obrovské dlhotrvajúce suchá, alebo mayská civilizácia v strednej Amerike, olmécka na severe Mexika, chacoánska na dnes vyprahutej náhornej plošine na juhozápade Nového Mexika v USA a iné [14]. Známym je príklad rozpadu ostrovnej civilizácie Veľkonočného ostrova: devastácia krehkého ostrovného ekosystému, najmä odlesňovanie, viedla k rozsiahlej erózii pôdy a k úbytku biodiverzity. Strata úrodnej pôdy, hniezdiaceho vtáctva, aj palmových stromov používaných na stavbu plavidiel prudko zredukovali možnosti obživy domorodcov, viedli k násiliu a kanibalizmu [15]. Ide o varovnú metaforu – tak ako je Veľkonočný ostrov osamotený v oceáne (vzdialený 2 000 km od najbližšieho ostrova v Polynézii), tak aj Zem je osamotená v obrovskom priestore ľudom známeho vesmíru a v prípade náhlych zmien nemáme kam uniknúť. U viacerých dávnych kolapsov sa uplatnili aj hybné sily podobné dnešným: ide najmä o vysoký nárast ľudskej populácie, sídel a spotreby, zmenu klímy a vylúčiť sa nedajú ani iné prírodné katastrofy, ktoré spôsobili náhle zrušenie poľnohospodárskej produkcie, a tým aj rozpad veľkých mestských centier [14].

V súčasnosti sa hodne diskutuje o antropizácii biosféry, čo znamená narušenie, zmenu až úplnú premenu prírodných a poloprírodných ekosystémov vplyvom ľudských aktivít. Podstatné však je, že tu ide o antropogénnu entropizáciu biosféry [11], správnejšie o entropizáciu globálneho, Zemského ekosystému. Entropiu si zjednodušene môžeme predstaviť ako mieru vnútornej neusporiadanosti systému. Podľa druhého termodynamického zákona entropia každého uzavretého, izolovaného systému rastie a príčinou tohto rastu je, že pri každej transformácii energie z jednej formy na druhú dochádza k degradácii určitej časti tejto energie na menej kvalitnú, ktorá má nižšiu schopnosť konať prácu, je teda menej užitočná. Živé systémy a ich evolúcia sú však dôkazom toho, že v zdanlivom rozpore s týmto zákonom ich vnútorná entropia klesá a ich usporiadanie rastie. Podstatný rozdiel je v tom, že ide o systémy termodynamicky otvorené, t.j. otvorené voči prísunu energie. Podľa koncepcie nerovnovážnej termodynamiky živých systémov [16], každý tok kvalitnej energie do takéhoto systému ho vyčleňuje od bodu jeho termodynamickej rovnováhy s obklopujúcim prostredím. Aby sa s takto vzniknutým energetickým gradientom vyrovnal, biologický aj ekologický systém musí túto energiu premeniť a rozptýliť (disipovať) a preto vytvára zložité tzv. disipatívne štruktúry. Čím vyšší je prísun energie, tým je systém zložitejší, za predpokladu, že sú splnené ďalšie ekologické podmienky pre jeho vývoj (napr. vlhkosť v tropických dažďových pralesoch, ktoré predstavujú najzložitejšie ekosystémy na Zemi).

Entropizácia Zemského ekosystému sa prejavuje degradáciou až dezintegráciou miestnych ekosystémov aj celých ekoregiónov zasiahnutých nadmerným čerpaním minerálnych, fosílnych aj biologických prírodných zdrojov, likvidáciou a fragmentáciou prírodných a poloprírodných ekosystémov, znečisťovaním prostredia (vrátane chemizácie, používania GMO, nanomateriálov a pod.), postupujúcou klimatickou zmenou a rozsiahlym nástupom invázií druhov. Dezintegrácia ekologických systémov je prepojená s dezintegráciou ekonomických, sociálnych a kultúrnych systémov, predovšetkým v chudobnejších štátoch, čo vedie aj k masovým imigračným vlnám smerom k ekonomicky vyspelejším krajinám. Príčinou tejto rastúcej entropizácie je kombinácia obrovského nárastu ľudskej populácie a spotreby, nástrojom sú moderné technológie, ktoré umožňujú pretvárať celé krajiny.

Tým, že sa technický rozvoj „vymkol z klbov“ produkuje veľké riziká – od zbrani hromadného ničenia, cez geneticky modifikované organizmy až po vývoj umelej inteligencie, pričom doba, kedy táto môže predstihnúť človeka je už blízko. Deformovanie vnímania sveta jeho zamieňaním si za virtuálnu realitu dokumentuje aj slovo roka 2016 Oxfordského slovníka post-pravdivý [17]. Toto slovo odzrkadľuje mieru straty autentického vnímania a posudzovania argumentov a ich nahrádzanie psychologicky prepracovanými a masovo šírenými spôsobmi manipulácie človeka. Henryk Skolimowski [18] si všimol, že dochádza k nahrádzaniu kedysi jadrových hodnôt ľudskej spoločnosti ako sú láska, súcitiť a statočnosť inštrumentálnymi a mocenskými, ako sú efektívnosť, riadenie a moc. Možný kolaps ľudskej civilizácie teda zďaleka nemá iba environmentálny rozmer, ale výrazne súvisí s preferenciami hodnôt.

3 OD REFLEXIE ZLOŽITOSTI K BIOFYZIKÁLNEJ DEFINÍCII UDRŽATELNOSTI

K príčinám, prečo nám postupujúca entropizácia biosféry dlhodobo unikala patrí dominujúca vedecká paradigma, ktorá nepostihuje vysokú zložitosť, komplexitu živých a spoločenských systémov. Hoci presne nevieme ako táto komplexita vzniká, vieme, že jej hodnota rastie smerom od nižších k vyšším formám života a vedie k nelineárnemu správaniu živých systémov [19], čo vysvetľuje už spomínaná koncepcia nerovnovážnej termodynamiky živých systémov [16]. Nelinearita sťažuje prognózovanie ich správania a zvyšuje riziko ďalších náhlych a pre ľudskú populáciu nepriaznivých zmien ekosystémov, osobitne zmien Zemského ekosystému. K poučeniam teórií komplexity tiež patrí, že narušenia život udržujúcich systémov sú previazané a synergicky sa

posilňujú: napr. strata prírodných a poloprírodných biotopov znamená aj úbytok absorberov oxidu uhličitého; klimatická zmena zvyšuje počty ohrozených druhov, mení zloženie ekosystémov a znižuje ich kapacitu poskytovať nám ekosystémové služby.

Nedostatok celostných, komplexitu uvažujúcich pohľadov viedol k nesprávnym koncepciám, ako je napr. zamieňanie si udržateľnosti s „*udržateľným ekonomickým rastom*“ [20] alebo stanovenie chybných indikátorov ekologickej udržateľnosti. Príkladom je „*index ľudského rozvoja*“, ktorého hodnoty silne korelujú s hodnotami indikátora tlaku na krajinu – ekologickej stopy, čo v preklade znamená, že úzko meraný ekonomický blahobyt spoločnosti sa v krajine premieta do jej ekologickej degradácie [21]. Pri hľadaní riešení ako sa vyhnúť globálnemu kolapsu je preto stále viac nutné rozvíjať systémové a celostné koncepcie, ktoré umožňujú reflektovať zložitost'. Už Aristoteles vedel, že „*celok je viac ako suma jeho častí*“ – vieme, že hodnotu diela maliara nezistíme analýzou použitých ťahov štetca, rovnako ani poézii neporozumieme analýzou gramatiky.

Súčasne je nutné rozvíjať systémovú ekologickú perspektívu vnímania, ktorá reflektuje teórie zložitosti, vrátane koncepcií nerovnovážnej termodynamiky ekosystémov, koncepcie adaptívnych vývojových cyklov aj ekologickej integrity ekosystémov [22, 23]. Základným rámcom tejto perspektívy je inovovaná koncepcia sociálno-ekologického systému [24], ktorú sme podrobne predstavili v inom príspevku [21]. Na rozdiel od prekonaného Vennovho diagramu vyvažovania pilierov udržateľnosti je sociálno-ekologický systém hierarchický a aktivity v rámci jeho vrstiev (napr. socioekonomickej, kultúrnej a pod.) závisia od ekologických limitovnosných vrstiev, najmä život udržujúcich systémov, ktoré sú existenčné z hľadiska fyzického prežitia. Závisia však aj od ľudských a sociálnych limitov, ktoré sú existenčné z hľadiska ochrany ľudskej dôstojnosti. Udržateľná spoločnosť musí tieto limity rešpektovať, pretože po ich prekročení dochádza k súbežnej ekologickej a sociálnej dezintegrácii systému.

Načrtnutý model je aj východiskom biofyzikálnej revízie základnej definície, ktorá rámcuje koncepciu udržateľného rozvoja, pričom sa môžeme oprieť o niektoré novšie štúdie. Napr. na koncepciu planetárnych hraníc nadväzuje definícia udržateľného rozvoja (UR) ako „*rozvoja, ktorý naplňa potreby súčasnosti, pričom uchováva život udržujúci systém Zeme, od ktorého závisí prosperita terajších aj budúcich generácií*“ [25]. Jej autori ju rozpracovali do návrhu ôsmich nových strategických cieľov UR. Aj táto definícia je však sporná, nie je totiž možné pokračovať v naplňaní „*potrieb súčasnosti*“ a súčasne uchovávať život udržujúce systémy Zeme, pretože ekologické limity Zeme sú už prekročené, musíme teda svoje potreby zrevidovať. Progresívna je definícia Muysa [11], ktorý na hodnotenie UR používa termodynamickú premennú, exergiu (schopnosť energie konať prácu). Čím je v ekosystéme viac exergie, tým je jeho pufračná schopnosť a reziliencia vyššia [23]. Udržateľný definuje „*ako zvyšovanie obsahu exergie v ľudskej spoločnosti a jeho exergiovej pufračnej kapacity bez toho, aby to spôsobilo merateľný úbytok obsahu exergie v ekosystéme a jeho exergiovej pufračnej kapacity*“. Aj táto definícia je však rozporná. Podmienkou života ľudí je nutne aj konzumácia exergie prítomnej v Zemskom ekosystéme. Podstatné je, aby táto konzumácia exergie nepresiahla biologickú produkčnú a regeneračnú kapacitu ekosystémov a aby konzumácia exergie fosílnych palív nepresiahla absorpčnú kapacitu biosféry vysporadúvať sa so znečisťovaním, ktoré ich spaľovanie produkuje.

Výsledok nášho pokusu o novú biofyzikálnu a systémovú definíciu udržateľného vývoja je nasledovný: *Udržateľný je taký vývoj spoločnosti, ktorý chráni, podporuje a obnovuje život v krajine, v regióne a Zemskom ekosystéme v celej šírke biodiverzity a súčasne zabezpečuje naplňanie ľudských potrieb potrebných pre dôstojný život, pričom rešpektuje a chráni integritu všetkých ekologických, sociálnych a kultúrnych systémov, ktorých sa tento vývoj dotýka*. Podpora života v celej šírke biodiverzity znamená, že ľudské aktivity nesmú znižovať biodiverzitu, komplexitu ani integritu ekologických systémov a život udržujúcich systémov v krajine, kde žijeme, ani v tej, ktorej zdroje využívame, že vždy musíme rešpektovať ekologické aj sociálne limity. Vzhľadom k prekročeniu planetárnych limitov si obnova vitality Zemského ekosystému vyžiada aj určitú kontrakciu ekonomických aktivít a spotreby, ich „*udržateľný ústup*“ na úroveň, ktorá zníži entropizáciu globálneho ekosystému do takej miery, že bude opätovne schopný svojej spontánnej obnovy, čím sa obnoví aj jeho kapacita podporovať ľudskú populáciu a jej prosperitu.

ZÁVER

V príspevku sme sa pokúsili priblížiť obraz postupne od doby lovcov-zberačov až po dnešok exponenciálne rastúcich vplyvov človeka na biosféru, ktoré sa výrazne zosilnili a zrýchlili v období „*veľkého zrýchlenia*“ od roku 1950. Tento vývoj nás priviedol do prakticky úplne novej geologickej epochy, Antropocénu, a vedie k napínaniu až prekračovaniu ekologických limitov život udržujúcich systémov Zeme. Realitou je vysoká antropogénna entropizácia Zemského ekosystému, ktorá prekračuje možnosti jeho prirodzenej spontánnej sebaobnovy a regenerácie, o čom svedčí aj viac ako 50 %-ný rozdiel medzi ekologickou stopou súčasnej globálnej civilizácie a biologickou kapacitou Zeme [12]. Táto rastúca entropizácia celej biosféry postupne

znižuje jej kapacitu podporovať ľudskú populáciu.

Príčinu dlhodobého prehliadania tohto procesu vidíme v dominancii kvantitatívnej rozvojovej paradigmy, vo vede najmä v nedostatočnej reflexii biologickej a ekologickej zložitosti, komplexity živých systémov. Domnievame sa, že k náprave môže viesť iba systémové prekonanie tejto paradigmy s využitím teórií komplexity, osobitne nerovnovážnej termodynamiky živých systémov a modelu sociálne ekologického systému [16, 26]. Na tomto základe sme sa pokúsili o biofyzikálne orientovanú redefiníciu udržateľného rozvoja, správnejšie udržateľného vývoja spoločnosti, ktorá berie do úvahy kritický problém antropogénnej entropizácie Zemského ekosystému

Je zrejmé, že veľké až exponenciálne urýchlenie socioekonomicky vítaných avšak ekologicky silne nepriaznivých trendov od si vyžaduje zásadný obrat v našom smerovaní. Keďže súčasnosti dominuje takmer vo všetkom ekonomika, ozdravenie Zeme nepôjde bez nájdenia energeticky a materiálovo šetrnejších ekonomických modelov, ktoré zahŕňajú orientáciu na „zelenú ekonomiku“ [20], ale aj v súčasnosti stále viac diskutované vízie a nástroje nerastovej alebo ustálenej ekonomiky, ktoré majú šancu prekonať dominujúcu a deštruktívnu kvantitatívnu rozvojovú paradigmu.

Vzhľadom k prelínaniu environmentálnej, sociálnej a etickej degradácie s touto pretrvávajúcou kvantitatívnou paradigmatou si „udržateľný ústup“ nevyhnutne vyžiada aj renesanciu jadrových ľudských hodnôt, ktoré sú dnes v stále väčšej miere nahrádzané firemnými a inštrumentálnymi hodnotami, zameranými na podporu výkonu, hedonizmu a moci. To celé najskôr nepôjde bez toho, aby sme vesmíru, Zemi, človeku a spoločnosti opätovne priradili zmysel. Práve ozmyslenie, napr. aj cestou hľadania styčných plôch modernej vedy a náboženskej viery – napr. v koncepcii „tvorivej evolúcie“ [27] im priznáva hodnotu, nevyhnutnú pre zásadnú revíziu nášho vzťahu ku Zemi.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] BROOK, B.W., B, BOWMAN, D. M., 2002. Explaining the Pleistocene megafaunal extinctions: Models, chronologies and assumptions. *Proc. Of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 99, No. 23, pp. 14624-14627.
- [2] KOCH, P. L., BARNOSKY, A.D., 2006. Late Quaternary extinctions: state of the debate. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37:215-250.
- [3] KOVÁČ, K., LACKO-BARTOŠOVÁ, M., 2004: Formy poľnohospodárskeho využívania krajiny: minulosť, súčasnosť a budúcnosť. *Životné protredie*, **38**, No. 3, pp. 77 – 80.
- [4] DIAMOND, N., 2002. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature* **418**: 700-707.
- [5] STEFFEN, W., CRUTZEN, P.J., McNEILL, J.R., 2007. The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature? *Ambio*, 36 (8): 614-621.
- [6] MIDRIAK, R., 2005. Horské oblasti a ich trvalo udržateľný rozvoj. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 173 pp.
- [7] PRB, 2016: World Population Data Sheet. Population Reference Bureau, 2016, [online], available on - URL: <http://www.prb.org/pdf16/prb-wpds2016-web-2016.pdf>
- [8] STEFFEN, W., BROADGATE, W., DEUTSCH, L., GAFFNEY, O., LUDWIG, C., 2015: The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*. Sage Pub, UK, 1 – 18 pp.
- [9] ROCKSTRÖM, J., STEFFEN, W., NOONE, K., PERSSON, Å, CHAPIN, F. S., LAMBIN, E., LENTON, T.M., SCHEFFER, M., FOLKE, C., SCHELLNHUBER, H.C.J., NYKVIST, B., DE WIT, C.A., HUGHES, T., VAN DER LEEUW, S., RODHE, H., SÖRLIN, S., SNYDER, P. K., COSTANZA, R., SVEDIN, U., FALKENMARK, M., KARLBERG, L., CORELL, R.W., FABRY, V.J., HANSEN, J., WALKER, B., LIVERMAN, D., RICHARDSON, K., CRUTZEN, P. & FOLEY, J., 2009: Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society* **14** (2). 32 s.
- [10] EHRlich, P.R. & EHRlich, A.H., 1992: *Healing the Planet*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., New York, USA, ISBN 0-201-63224-1, 366 p.
- [11] MUYS, B., 2013: Sustainable development within Planetary Boundaries: A Functional Revision of the Definition Based on the Thermodynamics of Complex Social-Ecological Systems. *Challenges in Sustainability*, vol. 1, No.1, pp. 41-52.
- [12] WWF, 2014: *The Living Planet Report 2014*. WWF International, Gland [and Institute of Zoology, Global Footprint Network, Water Footprint Network], 176 s.
- [13] ZALASIEWICZ, J., WILLIAMS, M., STEFFEN, W., CRUTZEN, P., 2010: The new world of Anthropocene. *Environmental Science and Technology*, 44/7: 2 228–2 231.



- [14] TAINTER, J. A., 2009: Kolapsy složitých společností. Nakladatelství Dokorán. Praha, ISBN 978-80-7363-248-9, 319 s.
- [15] DIAMOND, J., 2008: Kolaps. Proč společnosti přežívají či zanikají. Academia, Praha, ISBN 978-80-200-1589-1, 752 pp.
- [16] JØRGENSEN, S.E., FATH, B.D., BASTIANOVÍ, S., MARQUES, J.C., MÜLLER, F., NIELSEN, S.N., PATTEN, B., TIEZZI, E., ULANOWICZ, R.E., 2007: A New Ecoogy. Systéme Perspective. Elsevier, Oxford, UK, Amsterdam, The Netherlands, ISBN 978-0-444-53160-5, 275 pp.
- [17] OD, 2017: Word of the year – post-truth. Oxford Dictionaries. [online], available on - URL: <https://en.oxforddictionaries.com/word-of-the-year/word-of-the-year-2016>
- [18] SKOLIMOWSKI, H., 1999. Ekofilozofia ako strom života. Slovcontact, Prešov, ISBN 80-88876-05-2, 240 s.
- [19] PROULX, R., 2007. Ecological complexity for unifying ecological theory across scales: A field ecologist's Perspective. *Ecological Complexity* 4/3: 85-92.
- [20] UN, 2012. Report of the United Nations Conference on Sustainable Development. Rio de Janeiro, Brazil, 20–22 June 2012, United Nations, New York, 2012. [online], available on - URL: <http://www.uncsd2012.org/content/documents/814UNCSD%20REPORT%20final%20revs.pdf>
- [21] SABO, P., COCHOVÁ, S., 2012: Risk of global collapse and new approach to sustainability concepts. *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyyi National University*: 5 (2012): 135 – 142.
- [22] ALLEN, C. R., HOLLING, C. S. 2010: NOVELTY, ADAPTIVE CAPACITY, AND RESILIENCE. *ECOLOGY AND SOCIETY* 15/3: 24.
- [23] JØRGENSEN, S.E., 2012: Introduction to Systems Ecology. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, USA, 320 s.
- [24] WALTNER-TOEWS, D. & KAY, J., 2005: The evolution of an ecosystem approach: the diamond schematic and an adaptive methodology for ecosystem sustainability and health. *Ecology and Society* 10 (1): 38.
- [25] GRIGGS, D., STAFFORD-SMITH, M., GAFFNEY, O., ROCKSTRÖM, J., M.C.O.P., SHYAMSUNDAR, STEFFEN W., GLASER, G., KANIE, N. & NOBLE I., 2013: Policy: Sustainable development goals for people and planet. *Nature* 495: 305-307.
- [26] KAY, J. J., 2000: Ecosystems As Self-Organizing Holarchic Open Systems: Narratives and the Second Law of Thermodynamics. In: Jørgenses, S.E., Müller, F. (eds): Handbook of Ecosystem Theories and Management. CRC Press –Lewis Publishers, s. 135 – 160.
- [27] TEILHARD, P.CH., 1990. Vesmír a lidstvo. Vyšehrad, Praha, ISBN 80-7021-043-5, 265 s.

ADRESA AUTORA

Ing. Peter SABO, CSc.

Katedra biológie a ekológie, Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela
Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika
e-mail: peter.sabo@umb.sk

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.