

podmienok ďalšieho prirodzeného vývoja živej prírody. V praxi to znamená aj rešpektovanie evolučných a fyziologických limitov živých zložiek systémov. Človekom vyvolávané zmeny v prírode sa musia obmedzovať a udržiavať v rámci jej funkčných, historických a evolučných limitov.

Skôr, než sa pridáme na jednu či druhú stranu barikády, položme si niekoľko otázok: Predstavujú stará a nová paradigma dva krajné názory na živú prírodu? Aká je živá príroda v skutočnosti? Je skutočnosť niekde uprostred? Alebo pravdivé sú obe teórie a líšia sa iba zdôrazňovaním jednej či druhej strany tej istej mince? Alebo je rozdiel v škálovaní priestoru a času: v pohľade na vývoj, na zmenu?

To, čo sa z pohľadu jednej dimenzie ukazuje ako stabilné, môže byť (a je) z pohľadu inej nestabilné a meniace sa. Život je však pohyb, dynamika, zastavenie tohto pohybu znamená smrť.

Naše súčasné predstavy a poznatky o živej prírode (ekologických systémoch) sú nedostatočné na pochopenie jej fungovania a správneho chápania dejov (zmien), ktorých sme svedkami. Rovnako aj usmerňovania týchto javov, o ktoré sa tak intenzívne usilujeme, dokonca aj v mene budúcich generácií. Opatrnosť a zdržanlivosť vo vzťahu k živej prírode a v zásahoch do nej sú zrejme tou správnou stratégiou pre súčasní i budúce generácie.

MIKULÁŠ HUBA

## Trvalá udržateľnosť ako možné východisko z dilemy medzi nestabilnou produktivitou a neproduktívnou stabilitou

*M. Huba: Sustainability as Potential Outcome from the Dilemma between Unstable Productivity and Nonproductive Stability. Život. Prostr., Vol. 29, No. 5, 230–234, 1995.*

In spite of a growing frequency of using the notion sustainability, no exact and univocal definition of this notion, and mainly its contents exists, as yet. The concept of sustainability seems to be very often used in the meaning and/or interpretation, of stability (in the sense of the dynamic equilibrium, or homeostasis). To distinguish these two notions and to search for both differences and causal relationships not only between these two notions, but also between them and another relevant notion - productivity - is the main aim of this contribution.

Regarding the relation between productivity, stability (as a dynamic equilibrium or homeostasis) and sustainability of eco(geo)systems we can conclude, that eco(geo)systems become sustainable when they are simultaneously capable of sufficient self-regulation, i.e. if they are sufficiently stable and on the other hand, eco(geo)systems remarkable for a high degree of stability (homeostasis) are simultaneously able to fulfil also the production functions at a required rate. For the practical application of the concept of sustainability there are, put in a very simplified way, two basic logical salient points:

1. to increase productivity of stable eco(geo)systems within the limits of ecological (landscape-ecological) carrying capacity,
2. to increase the stability (homeostasis) of the productive systems within the limits of economic acceptability until the restauration of their self-regulation abilities.

We can conclude, that the aim of sustainability concept implementation should be searching for a balanced relationship between phenomena of the productivity and the stability (homeostasis) and to save productive and reproductive capabilities of eco(geo)systems. At the same time we can apply this approach in the field of designing territorial systems of ecological stability.

Široká aplikácia stále frekventovanejšieho pojmu trvalá udržateľnosť (sustainability), resp. trvalo udržateľný (sustainable) v kombinácii s rôznymi substantívami (development, life/living, society, future atď.) má podľa nás oprávnenie iba vtedy, ak tento pojem, resp. spojenie, a najmä koncept, ktorý chce reprezentovať, nie sú duplicitné s niektorými inými dosiaľ používanými pojmami, resp. konceptmi. Ukazuje sa, že časť nielen laickej, ale aj odbornej verejnosti má tendenciu nie veľmi rozlišovať pojmy (koncepty) sustainability a stabilita v zmysle dynamickej rovnováhy. Ak sustainability chápame ako označenie vynárajúcej sa rozvojovej paradigmy, potom medzi predchádzajúcou paradigmou neregulovaného rastu a radikálnou "antirastovou" reakciou na ňu je aj vo filozofickom zmysle sustainability logickou vývojovou etapou hľadania syntézy medzi tézou a antitézou. Pri použití pojmov vhodnejších vo sfére prírodných vied, či vied o životnom prostredí, môžeme obdobie "rastu" označiť ako obdobie, keď sa kladie jednostranný dôraz na nestabilnú **produktivitu**, "antirastové" obdobie charakterizuje dôraz na nie dosť produktívnu **stabilitu** (v zmysle dynamickej rovnováhy) a v budúcnosti by sa mal klásť dôraz na hľadanie všestranne prijateľného a perspektívneho optima medzi týmito protikladnými konceptmi v reálnom, teda preludnom a na trvalo udržateľnej produktivite závislom, svete.

Domnievame sa teda, že zmysel pojmu trvalá udržateľnosť (sustainability) treba hľadať o. i. v optimalizácii vzťahu medzi produktivitou a stabilitou (dynamickou rovnováhou) živých systémov, v našom prípade ekosystémov (alebo geosystémov).

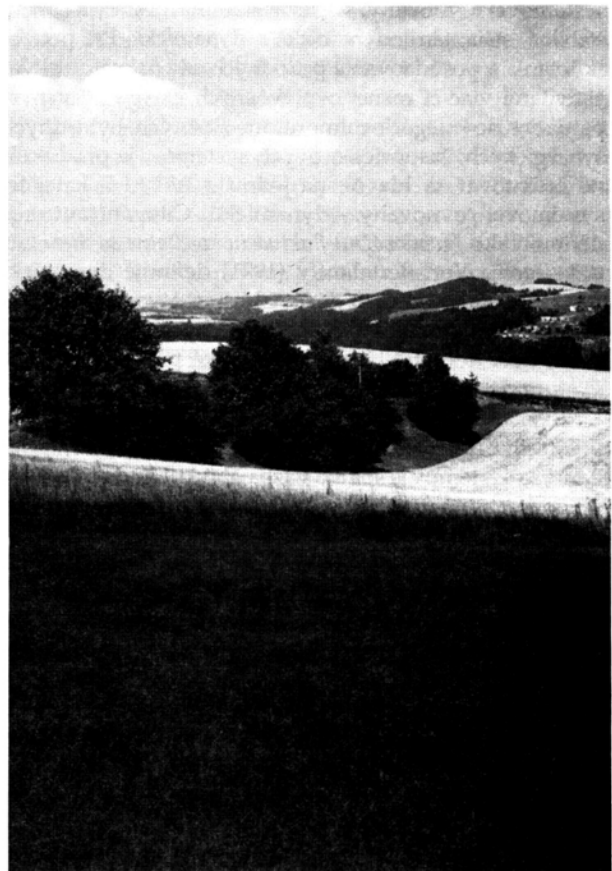
### Produktivita

S postupným rastom populácie a jej nárokov rastie i snaha ľudskej spoločnosti o ich uspokojovanie. Predpokladom toho je o. i. zvyšovanie produktivity prírodných obnoviteľných zdrojov, zvyšovanie exploatácie neobnoviteľných zdrojov, resp. zvyšovanie celkovej efektívnosti využívania zdrojov. Dominantným dôrazom na rast produktivity môžeme zjednodušene charakterizovať rastový model ekonomického rozvoja našej civilizácie. Podľa Oduma (1977) produkcia dosahuje veľkých rýchlostí v prirodzených i kultúrnych ekosystémoch vtedy, keď sú na to priaznivé fyzikálne predpoklady, a zvlášť vtedy, ak je k dispozícii dodatočná energia z oblasti mimo systému, ktorá znižuje náklady na jeho údržbu. Tento energetický dodatok môže mať povahu prírodných síl (napr.: slnko, voda, vietor) alebo antropickú (ľudská práca).

Pri vyhodnocovaní produktivity ekosystému je dôležité brať do úvahy jednak povahu a veľkosť energetických strát, ktoré vyvoláva klíma, znečistenie a iné záťažové faktory odvádzajúce energiu z ekosystému, jednak povahu a veľkosť energetických dodatkov, ktoré zvyšujú produktivitu tým, že znižujú energetické straty ekosystému.

Prirodzenú produktivitu prírodných eko(geo)systémov zvyšuje človek za cenu dodatokej či pomocnej hmoty a energie i za cenu prirodzenej stability (dynamickej rovnováhy) eko(geo)systémov. Príkladom je vzťah bohatých prírodných ekosystémov s nižšou hospodársky využiteľnou produktivitou, ale rovnováhou medzi vstupmi a výstupmi, a monokultúrou s veľmi rýchlymi prírastkami hospodársky využiteľnej biomasy, ale zároveň veľkou nerovnováhou medzi vstupmi a výstupmi a veľkou zraniteľnosťou (prírodnými kalamitami, škodcami a pod.).

Maximalizácia výnosov bez ohľadu na vedľajšie následky môže viesť k vážnemu znehodnoteniu environmentálnych i sociálnych podmienok. Odum (1977) uvádza ako príklad, že zdvojnásobenie výnosov plodín vyžaduje zdesaťnásobenie dávok hnojív, pesticídov a kónských síl. Priemyselné poľnohospodárstvo, poháňané pohonnými hmotami, ktoré sa uplatňuje napr. v Japonsku, poskytuje síce 4-krát vyššie výnosy než poľnohospodárstvo využívajúce len sily ľudské a domácich zvierat (napr. v Indii), ale vyžaduje 100-krát viac zdrojov a energie. Tak sa priemyselné poľnohospodárstvo stáva hlavným zdrojom znečistenia nielen vôd, ale aj ovzdušia. Podobné príklady možno uviesť z oblasti lesného hospodárstva i niektorých ďalších.



Oveľa problematickejšie, než v prírodných ekosystémoch sa tieto vzťahy aplikujú v prípade systémov viac či menej antropizovaných, agrárnych, industriálnych, urbánnych a pod. Väčšina autorov sa zhoduje v názore, že na rozdiel od prírodných, poľnohospodárskych či lesných ekosystémov, hlavným problémom napr. v prípade urbánnych systémov, nie je pokles energie alebo ochudobňovanie prírodných zdrojov, ale sú to socioekonomické problémy a degradácia životného prostredia.

### Stabilita (dynamická rovnováha)

Výskumu stability eko(geo)systémov logicky predchádza pohľad na chápanie stability a rovnováhy v kontexte všeobecnej teórie systémov. Väčšina autorov študuje otázky systémovej stability v nadväznosti na štúdium správania sa systémov, čiže spôsobov ich reakcie na podnety. Charakteristickou črtou správania sa systémov je ich samoregulovanie smerom k dosiahnutiu rovnováhy systému. Rovnováha (equilibrium) je však, ako konštatujú viacerí autori, veľmi mnohoznačný pojem, ktorý zahŕňa mnoho rôznych aspektov a je predmetom širokej škály definícií.

Podľa Chorleyho a Kennedyovej (1971) existuje 7 typov systémovej rovnováhy: statická, stabilná, nestabilná, meta-stabilná, stála, termodynamická a dynamická. Pre potreby skúmania a posudzovania prírodných, ale najmä ľudskými aktivitami viac či menej ovplyvnených eko(geo)systémov, patriacich do kategórie mimoriadne zložitých, hybridných, synergických, časopriestorových systémov, je produktívne orientovať sa hlavne na jednu z týchto 7 kategórií systémovej rovnováhy - dynamickú. Citovaní autori ju definujú ako "rovnovážnu fluktuáciu konštatne sa meniacich podmienok". Von Bertalanffy (1971) definuje dynamickú rovnováhu ako od času nezávislý stav otvoreného systému, kde všetky makroskopické veličiny zostávajú nezmenené, hoci nepretržite makroskopické procesy vstupu a výstupu látok pokračujú.

Najväčší význam pre fungovanie systému majú bezprostredné a spätné väzby. Podstatným regulátorom správania sa systémov je spätná väzba. Zvykne sa definovať ako schopnosť systému vrátiť späť časť svojho výstupu, ktorý sa tak stáva vstupom pre inú fázu operácie. Spätnoväzbový mechanizmus tak spôsobuje závislosť vstupu od výstupu. Rozlišujeme tzv. pozitívnu a negatívnu spätnú väzbu.

Pri *pozitívnej spätnej väzbe* sa zosilňuje efekt podnetu vyvolaného zvonku a vzniká reťazová reakcia lavínového typu v rovnakom smere, ako pôsobil pôvodný podnet. Systémy, riadené takouto spätnou väzbou bez kontroly zvonku, stávajú sa po uplynutí určitého času zákonite systémami autodeštruktívneho charakteru.

Najdôležitejším autoregulačným mechanizmom správania sa systému je *negatívna spätná väzba*. Zvyčajne sa definuje ako práca, ktorú koná spätnoväzbový mechaniz-

mus, pôsobiaci proti hlavnej hybnej sile. Prevládajúca negatívna spätná väzba v systéme - alebo aspoň v kľúčových subsystémoch - spôsobuje, že akákoľvek zmena v energetike systému vyvoláva zmeny v jeho prvkoch vedúce napokon k novému rovnovážnemu stavu. Táto tendencia k homeostáze sa nazýva dynamickou homeostázou. Homeostáza je definovaná (Chorley, Kennedyová, 1971) ako schopnosť systému kompenzovať zmeny v ktorejkoľvek časti prostredia a dosahovať určitú stálosť operácií pôsobením mechanizmov negatívnej spätnej väzby. V tejto súvislosti sa často vyskytujú pojmy autoregulácia, homeostáza, stabilizácia a i.

Prírodné autoregulačné systémy naruša najmä zasahovanie človeka, a tak sú reálne existujúce systémy čím ďalej, tým viac závislé od kontroly (riadenia) zvonka, teda od náhrady prírodných autoregulačných mechanizmov umelými stabilizačnými mechanizmami. Kým vývojové zmeny intenzitou či rozsahom neprekročia autoregulačnú kapacitu ekosystému, môžu jednotlivé štádiá po sebe nasledovať bez deštruktívnych vplyvov na ekosystém a jeho fungovanie.

Ružička, Jurko, Kozová, Žigrai a Svetlosanov (1982) sa nazdávajú, že z aspektu krajinskej ekológie je stabilita dynamický fenomén, charakterizovaný rovnováhou vzťahov medzi endogénnymi (prírodnými, autoregulačnými) a exogénnymi (antroporegulačnými, antropogénnymi) procesmi a javmi v krajine. Podľa nich sa môže hodnotiť na rôznych systémových úrovniach: s ohľadom 1. na časť (prvok) systému, 2. na relatívne jednoduchý systém, 3. na komplexný systém. Nevyhnutné sú osobitné hodnotiace kritériá pre každú systémovú úroveň, hoci tieto úrovne sú tesne zviazané v priestore i čase.

Títo autori navrhujú okrem toho rozlišovať prírodnú (ekologickú) stabilitu krajiny a antropogénnu stabilitu krajiny. Prírodná (ekologická) stabilita systému je podľa nich funkciou jeho autoregulačných schopností, nevyhnutných na ochranu systému a antropogénna stabilita vyjadruje harmóniu medzi systémom a ekologickými podmienkami. Antropogénnu stabilitu podmieňuje množstvo energie, potrebné na ochranu systému. Krajinu môžeme hodnotiť aj z hľadiska tzv. celkovej stability, ktorú vyjadruje vzťah medzi prírodnou a antropogénnou stabilitou. Stabilita (odolnosť) krajinného systému nemôže predstavovať len biologickú kvalitu, musí zohľadňovať aj vzťahy k a medzi abiotickými prvkami na jednej strane i vzťahy k a medzi sociálnymi prvkami na strane druhej, vzhľadom na povahu krajiny ako hybridného, časopriestorového, synergického systému (Huba, 1984; Huba, Ira, 1993).

### Produktivita versus stabilita

Veľmi podnetná úvaha o vzťahu medzi produktivitou a stabilitou vo väzbe na ľudské potreby pochádza od Duvigneauda (1988): "Človek sa snaží získať z krajiny maximum produktivity; za tým účelom podporuje a rozvíja mladé

ekosystémy (monokultúry), alebo neustále omladzuje ekosystémy zrelé, brániac im v tom, aby dospeli do štádia klimaxu. Avšak človek nežije iba z potravy. Potrebuje aj vyváženú atmosféru - pomer O<sub>2</sub> k CO<sub>2</sub>; potrebuje čistú vodu pre osobnú, poľnohospodársku i priemyselnú spotrebu. Mnoho dôležitých zdrojov - nehovoriac o možnostiach rekreačných a estetických - teda dodávajú zrelé, málo produktívne systémy. Čistenie vzduchu a jeho obohacovanie kyslíkom, samočistenie vody, recyklácia živín atď. - to sú ochranné aktivity stabilizovaných ekosystémov; bohužiaľ, tieto aktivity stále viac ohrozujú a narušujú technické zásahy - čo je veľmi nepriaznivé pre rovnováhu prírody. Znečistenie narušuje štruktúru a rozmanitosť, čo sprevádza strata stability (poruchy rovnováhy). Túto skutočnosť, bez ohľadu na dosiahnuté vzdelanie, väčšina ľudí dosiaľ nepochopila. Civilizácia priniesla množstvo vecí, o ktorých sa verí, že sú dobré pre človeka, napr. polia obilia, či kukurice. Väčšina si myslí, že z nich treba získať maximum potravín a rozšíriť ich plochu čo najviac; avšak len málokto by chcel žiť v krajine pokrytej takýmto monotónnym ekosystémom. Okrem toho je nebezpečné zaplniť celú krajinu monokultúrou a vystaviť ju tak nepriazni počasia alebo inváziám škodcov."

Alebo iný citát iného popredného svetového ekológa: "Vytvárať zásoby vody pre poľnohospodárstvo, priemysel a rekreáciu je užitočné; napriek tomu by si nik neprial, aby bola celá krajina zaplavená vodou; to je vlastne i problém veľkých priehrad. Rozsiahle nádrže síce môžu vyriešiť niektoré problémy, nie sú však najlepším spôsobom, ako akumulovať vodu. Tú je lepšie možné zadržať v malých priehradách alebo premyslenou agrotechnikou a pod. Pritom cena za stavbu veľkej priehrady pohlcuje značnú časť štátnych príjmov. Vlády však majú tak málo ekologického vedomia, že plánujú prehradenie akejkoľvek rieky, kde je to len trocha možné" (Odum, 1977).

Človek potrebuje mladé aj zrelé ekosystémy - aj keď sú ich vlastnosti protikladné.

| Mladé ekosystémy: | Zrelé ekosystémy: |
|-------------------|-------------------|
| - produkcia       | - ochrana         |
| - rast            | - stabilita       |
| - kvantita        | - kvalita         |
| - jednoduchosť    | - komplexnosť     |

Zaujímavou, aj keď pomerne zriedkavou a stále zriedkavejšou súčasťou krajiny, je stredný typ ekosystému medzi mladým - produktívnym a zrelým - ochranným. Takýto ekosystém, ktorý spája vysokú produktivitu antropizovaného ekosystému s ochrannými funkciami málo produktívneho prírodného ekosystému, nazývajú niektorí autori ekosystémom kompromisným (napríklad ekosystémy viazané na Dunaj v úseku medzi Bratislavou a Palkovcom pred výstavbou VD Gabčíkovo).

Zdá sa, že pri redukcii pôsobenia protirečenia medzi rastom produktivity a poklesom stability by sme mali

začať v každodennej hospodárskej praxi cieľavedome uplatňovať minimálne tri princípy, ktoré by sa mali realizovať súbežne, nekontroverzne a bezodkladne:

1. Maximalizovať relatívnu účinnosť (efektívnosť) s cieľom redukovať celkovú spotrebu palív a energie na obyvateľa.
2. Maximalizovať recykláciu v záujme zníženia spotreby zdrojov a materiálov na obyvateľa.
3. Preorientovať sa na obnoviteľné zdroje, ale ich aj chrániť a využívať maximálne racionálne, predvídavo a šetrne.

Kľúčovým ukazovateľom pri hodnotení účinnosti (efektívnosti) zostáva spotreba, resp. úspora energie. Z ďalších spomeňme: hospodárenie s odpadmi, prechod k obnoviteľným zdrojom - život v medziach únosnosti, zvyšovanie životnosti materiálov, výrobkov a pod.

### Sustainabilita ako výslednica vzťahu medzi produktivitou a stabilitou (dynamicou rovnováhou)

Poukázali sme na existenciu kauzálnych vzťahov medzi fenoménmi produktivity a stability (dynamickej rovnováhy) eko(geo)systémov, pričom oba fenomény môžeme - z antropocentrického hľadiska - charakterizovať ako súčasť účelových, potenciálových vlastností krajiny, zabezpečujúcich súlad jej produkčných a reprodukčných schopností z dlhodobého, komplexného a globálneho hľadiska. Tie isté problémy stoja v jadre uvažovania o trvalej udržateľnosti (sustainabilite) krajinných systémov - od elementárnych, až po globálne.

V slovenskej odbornej literatúre nájdeme viacero prác, ktoré sa zaoberajú prehľadom najfrekvencovanejších definícií trvalej udržateľnosti (napr. Huba, Ira, 1993, 1994; Huba, 1994; Topercer, 1994 a i.), nepovažujeme preto za nevyhnutné opätovne sa k nim vracaj. Obmedzíme sa len na dve, ktoré vznikli medzi prvými a patria k najfrekvencovanejším.

Podľa Brundtlandovej a kol. (1987) je trvalo udržateľná spoločnosť taká, čo uspokojuje svoje potreby bez toho, aby ohrozila uspokojovanie potrieb budúcich generácií.

Naproti tomu Svetová stratégia ochrany prírody (WCS) zakotvila ako cieľ trvalo udržateľného rozvoja zachovanie a zlepšenie život podporujúcich systémov, základných ekologických procesov a biologickej diverzity, čím prekonáva príliš antropocentrické (orientované iba na uspokojovanie ľudských potrieb) zameranie Našej spoločnej budúcnosti (IUCN, 1980).

Podľa týchto a ďalších kľúčových prác stojí v pozadí stratégie trvalo udržateľného rozvoja, či lepšie hľadania takéhoto spôsobu života, snaha integrovať v procese rozhodovania environmentálne, ekonomické a sociálne hľadiská. Navzdory všetkým predsudkom, v reálnom svete sa často nielenže nevyklúčujú, ale dokonca sa môžu navzájom podporovať (vtedy môžeme hovoriť o aplikácii stratégie dvojitého či viacnásobného víťazstiev - "win-win"). Z tohto predpokladu vychádza väčšina alternatívnych či trvalo udržateľných rozvojových koncepcií a vychádzali z neho i organizátori Konferencie OSN o životnom prostredí

a rozvoji r. 1992. Možno tiež usudzovať, že sustainabilita v zmysle optimalizácie vzťahov medzi environmentálnou, ekonomickou a sociálnou dimenziou našej existencie, bude v nasledujúcich rokoch patriť medzi hlavné výzvy vede zo strany spoločenskej praxe. Jedným z kľúčových momentov pri riešení tohto osudového problému bude nepochybne hľadanie optimálnych vzťahov medzi produktivitou a dynamickou rovnováhou eko(geo)systémov.

Na základe našich úvah by sme mohli formulovať definíciu trvalej udržateľnosti ako koncepcie regulovaného, sebakopordujúceho a sebakorigujúceho rozvoja, rešpektujúceho bytostné potreby ľudstva, ako aj prírodné medze ich uspokojovania.

\* \* \*

Logická, aj keď veľmi zjednodušená odpoveď na otázku, ako v praxi zmierňovať protirečenie medzi dlhodobou nestabilnou jednostrannou orientáciou na produktivitu na jednej strane a orientáciou na stabilitu (dynamickú rovnováhu) eko(geo)systémov, ktorá sa z hľadiska potrieb preľudnenej planéty nezdá dosť produktívna, spočíva v zásade v dvoch možných prístupoch. Jedným je zvyšovanie produktivity stabilných ekosystémov v medziach ekologickej únosnosti (carrying capacity). Druhým je zvyšovanie stability (dynamických rovnovážnych stavov a vzťahov) produkčných systémov v medziach ekonomickej únosnosti, až kým sa neobnovia ich autoregulačné schopnosti. Zvyšovanie

ekologickej stability krajiny (územia) je jednou z možností praktickej aplikácie prvého, ale najmä druhého prístupu.

#### Literatúra

- Bertalanffy, L. von, 1971: General System Theory. Foundations, Development, Applications, London.
- Brundtlandová, G. H., 1987: Our Common Future. WCED, Oxford University Press, Oxford.
- Chorley, R. J., Kennedyová, B. A., 1971: Physical Geography, a System Approach.
- Duvigneaud, P., 1988: Ekologická syntéza. Academia, Praha.
- Huba, M., 1984: Stabilita (dynamická rovnováha) krajinného systému. Geograf. Čas., 36.
- Huba, M., Ira, V., 1993: Vzťah medzi produktivitou, stabilitou a sustainabilitou na príklade urbánnych systémov. FA STU.
- Huba, M., Ira, V., 1994: Zamyslenie sa nad koncepciou trvalo udržateľného rozvoja. Život. Prostr., 6, p.
- IUCN, 1980: World Conservation Strategy. IUCN, Gland.
- Odum, E. P., 1977: Základy ekologie. Praha.
- Ružička, M., Jurko, A., Kozová, M., Žigrai, F., Svetlosanov, V., 1982: Evaluation Methods of Landscape Stability on Agricultural Territories in Slovakia. Zb.: International Symposium on Problems of Landscape Ecological Research. SAV, Piešťany.
- Topercer, J. ml., 1994: Trvalo udržateľný rozvoj - náčrt teoretického rámca. In Nováček, P. a kol.: Trvale udržateľná budúcnosť pro Českou republiku a Slovensko. PFUP, STUŽ, Olomouc.

Jeden z víťazných plagátov billboardovej súťaže Pomôžme prírode, ktorú pre žiakov štvrtých až šiestych ročníkov bratislavských základných škôl zorganizoval Slovnaft, a. s.

