

# INDIKÁTORY MATERIÁLOVÝCH TOKŮ: KONCEPČNÍ RÁMEC, VÝZNAM A ZHODNOCENÍ VÝVOJE V ČR

## 1. Socioekonomický metabolismus

Ekonomický systém ke svému fungování, tj. k poskytování zboží a služeb za účelem uspokojování lidských potřeb absorbuje látky z okolního prostředí, které jsou do jisté míry využity, ale nakonec jsou všechny materiály přeměněny na odpady a jsou uvolněny nazpátek do životního prostředí. Na straně vstupů ekonomický systém absorbuje zejména fosilní paliva a další nerostné suroviny, biomasu a vodu, na straně výstupů jsou uvolňovány emise do vody, do vzduchu a tuhé odpady. Tento tok materiálů bývá nazýván průmyslovým nebo širěji socio-ekonomickým metabolismem (Baccini a Brunner, 1991; Fischer-Kowalski a Haberl, 1993; Ayres a Simonis, 1994).

Teorie socio-ekonomického metabolismu považuje socioekonomický systém za subsystém životního prostředí, který je se svým okolím propojen toky energie a materiálů. Tyto toky představují zátěž, kterou lidská společnost vyvíjí na životní prostředí a lze je proto spolu s využitím území a dalšími biologickými a sociálními faktory považovat za klíčovou příčinu environmentálních problémů. Dojde-li k poklesu objemu těchto toků, je možné předpokládat, že dochází i ke snižování zátěže životního prostředí (Schmidt-Bleek, 1993; Bringezu et al., 2003; Weizsäcker et al., 2009).

Zátěž životnímu prostředí působí již samotné dobývání nerostných surovin. Při těžbě ropy v mořích dochází k únikům jak u vlastní těžby, tak i transportu. Při podzemní a povrchové těžbě nerostných surovin vznikají mnohostranné negativní vlivy na životní prostředí (Neužil, 2001). Patří sem plynné emise (hlavně CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, NO, NO<sub>2</sub>), prašný aerosol, narušení vodního režimu a kontaminace vod, zábor a devastace půdního fondu a znečištění půdy, přímé narušení biotopů, hluk, vibrace, změna krajinného rázu. Další zátěž vzniká při úpravě nerostných surovin – třídění, drcení, promývání, sušení atd.

Mnohem větší zátěž životního prostředí, než s těžbou, je spojena se spotřebou a využitím nerostných surovin. To je dáno i tím, že zatímco počet surovin vstupujících do ekonomického systému je limitovaný, do životního prostředí je v důsledku využívání surovin vypouštěno stále se zvětšující množství různých látek (Spangenberg et al., 1999). Tyto látky navíc vstupují do životního prostředí velkým počtem nejrůznějších cest: za vstup je možné považovat každou skládku, každý komín či výfuk automobilu. Spotřeba a využití surovin přispívají například ke globální změně klimatu, úbytku stratosférického ozonu, eutrofizaci, acidifikaci, radioaktivnímu znečištění atd (Giljum et al., 2005).

Životní prostředí je schopné zátěž spojenou se spotřebou materiálů, která je na něj lidskou společností vyvíjena, do jisté míry neutralizovat. Je-li například míra využití obnovitelných zdrojů nižší, než je jejich roční přírůstek, nebo dochází-li k uvolňování jenom takového množství odpadů, které je životní prostředí schopné absorbovat a rozložit, aniž by docházelo k jejich hromadění, nemělo by docházet k vážnějšímu narušení jeho složek (Bringezu a Bleischwitz, 2009). Tato míra je však často překračována (World Resource Institute, 2005) a navíc je zde problém s neobnovitelnými zdroji, u kterých je udržitelná míra využívání těžko stanovitelná, zejména z hlediska jejich zachování pro budoucí generace.

Až dosud bylo uspokojování lidských potřeb úzce spjata se zátěží vyvíjenou na životní prostředí. Rostla-li životní úroveň obyvatel, docházelo zpravidla také k růstu této zátěže, i když v případě rozvinutých průmyslových států byl často tento tlak přesouván do zahraničí (dovoz surovin či přesun „špinavých“ výrobních provozů do rozvojových zemí), a tak došlo k vyčištění jejich domácího životního prostředí (Schütz et al., 2004). V globálním měřítku však v průběhu 20. století lidská společnost zaznamenala bezprecedentní nárůst ročních materiálových a energetických vstupů i výstupů (Adriaanse et al., 1997). S tím rostlo i celkové zatížení životního prostředí. Jedním z cílů zejména vyspělých států se proto v rámci dosažení udržitelnosti rozvoje stalo zlomení vzájemné závislosti mezi zátěží životního prostředí a hospodářským růstem, který v tomto případě zastupuje zvyšující se míru uspokojování lidských potřeb a růst životní úrovně. Pro toto oddělení křivek hospodářské výkonnosti a tlaku vyvíjeného na životní prostředí se vžilo označení „decoupling“, které je zkrácenou verzí anglického výrazu „decoupling of environmental pressure from economic performance“ (OECD, 2002).

## **2. Analýza materiálových toků na makroekonomické úrovni, význam a využití indikátorů materiálových toků**

Analýza materiálových toků představuje jeden z nástrojů jak kvantifikovat socio-ekonomický metabolismus a hodnotit zátěž životního prostředí, která je s ním spojena. V současné době se pozornost zaměřuje zejména na analýzu materiálových toků na národní nebo také makroekonomické úrovni (economy-wide material flow analysis – EW-MFA). Ta byla vyvinuta v průběhu devadesátých let ve spolupráci řady výzkumných ústavů a organizací, mimo jiné Ústavu pro světové zdroje, Wuppertálského institutu pro klima, životní prostředí a energii, katedry pro sociální a kulturní ekologii při fakultě pro mezioborová studia univerzity v Klagenfurtu nebo Japonské environmentální agentury. V následujících letech byl tento přístup standardizován v metodologických příručkách Eurostatu (Eurostat, 2001, 2009).

ČSÚ se zaměřil na sestavování vstupních indikátorů materiálových toků a indikátorů spotřeby, které jsou z metodologického hlediska nejlépe rozpracovány a jsou pro ně dostupná data. Metodika výpočtu těchto indikátorů je uvedena v metodické kapitole. Níže jsou shrnuty základní možnosti jejich využití (OECD, 2008):

### **Posouzení celkové fyzické velikosti ekonomiky a celkové zátěže životního prostředí spojené se spotřebou materiálů**

Pro studium celkové fyzické velikosti ekonomiky je vhodné využívat indikátory v absolutních hodnotách. Tyto indikátory jsou považovány za proxy pro environmentální zátěž spojenou se spotřebou materiálů a využíváním energie.

### **Rovnost ve sdílení přírodních zdrojů**

Vztáhneme-li indikátory materiálových toků k počtu obyvatel, můžeme provést mezinárodní srovnání spotřeby materiálů a vypouštěných emisí z hlediska rovnosti ve sdílení přírodních zdrojů. Na obecné rovině by podle principů udržitelného rozvoje měli lidé mít rovná práva spotřebovávat přírodní zdroje a využívat životní prostředí k asimilaci a rozkladu odpadních látek (Moldan (ed.), 1993).

### **Intenzita využití území**

Spotřebu materiálů je možné vztáhnout k území, kterého je potřeba na jejich produkci. Tuto problematiku, jež je rozpracována zejména pro obnovitelné zdroje, řeší například koncepty ekologické stopy (Wackernagel et al., 1996) nebo přivlastňování si primární produkce ekosystémů (Vitousek et al., 1986). Zatímco v případě měst vždy platí, že území potřebné pro produkci spotřebovaných materiálů je větší, než rozloha města (to je dáno vysokou hustotou obyvatelstva ve městech a nízkým podílem produktivní plochy), v případě regionů a států může být situace opačná.

### **Efektivita využívání zdrojů a oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomické výkonnosti**

Vztáhneme-li vstupní indikátory materiálových toků a indikátory spotřeby k agregátům národních účtů jako je hrubý domácí produkt (HDP), měříme efektivitu ekonomického systému transformovat materiály na ekonomický výstup. Tyto indikátory vypovídají o materiálové produktivitě (poměr HDP a daného indikátoru), respektive materiálové náročnosti (poměr daného indikátoru k HDP). Materiálová produktivita a materiálová náročnost jsou vzájemně kompatibilní s inverzním časovým vývojem.

Hodnocení materiálové či energetické produktivity a náročnosti je komplementární k analýze oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomické výkonnosti (viz předchozí text). Rozlišuje se relativní a absolutní oddělení křivek. Při relativním decouplingu klesá spotřeba materiálů na jednotku HDP, v absolutních hodnotách však neustále roste. Při absolutním decouplingu dochází k růstu HDP a k absolutnímu poklesu spotřeby materiálů. Cílem je dosáhnout absolutního decouplingu, protože celková zátěž životního prostředí závisí na absolutních hodnotách materiálové spotřeby.

### **Přesun zátěže životního prostředí mezi státy a regiony**

Řada průmyslových států snížila domácí těžbu surovin a produkci některých výrobků a namísto toho je dováží ze zahraničí. Dochází tak k přesunu zátěže životního prostředí spojené s těžbou a výrobou těchto komodit, a to zpravidla na úkor rozvojových zemí (Schütz et al., 2004). Abychom mohli posoudit tyto přesuny, je nutné sledovat dovozy, vývozy a související toky materiálů.

### **Materiálová závislost na zahraničí, zabezpečení dodávek**

Indikátory materiálových toků mohou být dále využity pro sledování materiálové závislosti na zahraničí. Ekonomický systém obvykle spotřebovává materiály částečně původem z území daného státu a částečně původem z jiných zemí. Čím vyšší je podíl dovozů na spotřebě materiálů, tím větší problém může způsobit dočasný či trvalý nedostatek určitých komodit na zahraničních trzích, nárůst jejich cen či další překážky bránící volnému obchodu.

### **Potenciál pro budoucí odpadní toky**

Všechny vstupní materiálové toky, které se akumulují ve formě fyzických zásob, se dříve či později přemění na toky odpadní. Při znalosti objemu fyzických zásob v jednotlivých městech, regionech a státech a při znalosti jejich životnosti je možné modelovat budoucí odpadní toky. To je využitelné pro plánování kapacit

pro využívání a odstraňování odpadů v rámci plánů odpadového hospodářství, a to jak v krátkodobém, tak středně a dlouhodobém horizontu.

### **Spotřeba neobnovitelných a obnovitelných zdrojů**

Na mezinárodní úrovni je obecně přijímáno, že udržitelná spotřeba energie a materiálů by do jisté míry měla být zajištěna prostřednictvím obnovitelných zdrojů. Tento požadavek neodráží pouze možnost vyčerpání neobnovitelných zdrojů, ale i skutečnost, že spotřeba neobnovitelných zdrojů je obvykle spojena s většími dopady na životní prostředí než spotřeba zdrojů obnovitelných (EEA, 2006). Indikátory materiálových toků vyjadřující materiálové vstupy a materiálovou spotřebu mohou být rozčleněny na obnovitelné a neobnovitelné zdroje.

## **3. Zhodnocení vývoje vybraných indikátorů materiálových toků v ČR v letech 2006-2011**

V letech 2006-2011 došlo celkově k poklesu domácí užitě těžby, která klesla o 7 % ze 185 mil. tun na 172,1 mil. tun (tabulka 1). K poklesu došlo zejména v letech 2009 a 2010, zatímco v ostatních letech domácí užitá těžba stagnovala nebo mírně rostla. Pokles v letech 2009 a 2010 je možné přičítat globální ekonomické krizi, která se odrazila i v ČR, když v roce 2009 způsobila pokles HDP o 4,5 % (ČSU, roční národní účty, internetová aplikace). Domácí užitou těžbu má smysl vztáhnout k rozloze ČR - tento poměr vyjadřuje zátěž související s čerpáním přírodních zdrojů vyvíjený na jednotku území státu. V letech 2006-2011 klesla tato zátěž z 2,35 tis. tun na km<sup>2</sup> na 2,18 tis. tun na km<sup>2</sup>. Uvedená zátěž zahrnuje zejména strukturální změny v krajině spojené s těžbou neobnovitelných zdrojů (přemísťování skrývek, poddolování) a tlak na snižování biodiverzity a změny ve využívání krajiny u obnovitelných zdrojů (především v případě produkce biomasy ve velkoplošných agroekosystémech).

Z členění domácí užitě těžby na skupiny materiálů je zřejmé, že pokles byl dán zejména vývojem položky stavební nerostné suroviny, které klesly ze 78,2 mil. tun na 67,1 mil. tun (14,2 %). Fosilní paliva zaznamenala v letech 2006-2011 také pokles z 62,8 mil. tun na 58,1 mil. tun (7,4 %), průmyslové nerostné suroviny pokles z 11,9 mil. tun na 11,4 mil. tun (4,5 %) a kovové nerosty nárůst ze 121 tis. tun na 142 tis. tun (17,4 %). Absolutní hmotnost naposledy zmiňované položky je však velmi malá (zahrnuje pouze těžbu uranové rudy, ostatní rudy se v ČR netěží), celkový vývoj domácí užitě těžby tedy výrazněji neovlivní.

Ve sledovaném období stoupl zastoupení obnovitelných zdrojů (biomasy) na domácí užitě těžbě ze 17,2 % na 20,5 %. Obnovitelné zdroje tak spolu s kovovými nerosty představovaly rostoucí položku domácí užitě těžby, když jejich sklizeň stoupla z 31,9 mil. tun na 35,3 mil. tun (10,4 %). Vzhledem k tomu, že spotřeba obnovitelných zdrojů je obvykle spojena s menšími dopady na životní prostředí než spotřeba zdrojů neobnovitelných, je možné tento trend považovat za pozitivní.

V případě fyzického dovozu i vývozu došlo v letech 2006-2011 k růstu o 10,6 %, respektive 19,4 %. V tomto období fyzický dovoz vzrostl z 63,6 mil. tun na 70,3 mil. tun a fyzický vývoz z 54,7 mil. tun na 65,4 mil. tun (tabulka 2). K růstu zahraničního obchodu docházelo ve všech sledovaných letech s výjimkou roku 2009, kdy byla ekonomika ČR nejvýrazněji zasažena globální ekonomickou krizí – v tomto roce dovoz poklesl o 13 % a vývoz o 11,4 %. V následujícím roce 2010 se však hodnoty dovozu a vývozu opět dostaly přibližně na hodnoty roku 2008. Fyzický dovoz je možné považovat za první indikaci zátěže životního prostředí, kterou dovážející země přesouvá do zemí vývozu – s produkcí tohoto dovozu je v zemi vývozu spojena zátěž životního prostředí (zátěž z těžby surovin a z produkce výrobků) a hnací silou této zátěže je dovážející země, která tyto suroviny/výrobky poptává. Analogicky fyzické vývozy indikují přesuny zátěže životního prostředí ze zahraničí do ČR. Ve sledovaném období docházelo k přesunům zátěže ve zvyšující se míře, a to jak v případě dovozů, tak i vývozů.

Na nárůst fyzického dovozu i vývozu měla největší vliv položka biomasa (suroviny, polotovary, hotové výrobky z biomasy), která mezi lety 2006 a 2011 vzrostla u dovozů z 9 mil. tun na 10,7 mil. tun (19,5 %) a u vývozů ze 17,4 mil. tun na 22,6 mil. tun (29,9 %). Nárůst objemu dovozů a vývozů byl v letech 2006 až 2011 zaznamenán i pro položky fosilní paliva, kovové nerosty, nekovové nerosty a ostatní výrobky. V případě odpadů byl u dovozů zaznamenán pokles z 51 tun na 33 tun (34,2 %) a u vývozů nárůst z 834 tun na 2 832 tun (240 %). Obdobně jako u kovových nerostů u domácí užitě těžby je však absolutní hmotnost této položky velmi malá, takže celkovou hodnotu dovozů a vývozů téměř neovlivní.

Přímý materiálový vstup (DMI) poklesl mezi roky 2006-2011 o 2,5 % z 248,6 mil. tun na 242,4 mil. tun, domácí materiálová spotřeba (DMC) o 8,7 % ze 193,8 mil. tun na 177 mil. tun. V přepočtu na osobu se jednalo o pokles z 24,2 tun na 23,1 tun na osobu u DMI a z 18,9 tun na 16,9 tun na osobu u DMC (tabulka 3). Vzhledem ke způsobu výpočtu těchto indikátorů nepřekvapí, že k nejvýraznějšímu poklesu došlo v roce 2009, kdy významně klesaly jak domácí užitá těžba, tak zahraniční obchod - DMI v tomto roce poklesl o 9,4 % a DMC o 8,7 %.

DMI a DMC je možné chápat jako proxy pro celkovou environmentální zátěž spojenou s využíváním materiálů v ČR (zátěž spojenou s těžbou surovin, jejich zpracováním a odpadními toky). Indikátor DMC v tomto případě reprezentuje zátěž, jejíž hnací silou je spotřeba v ČR, zatímco indikátor DMI mimoto zahrnuje i zátěž, jejíž hnací silou je spotřeba v zemích, do kterých vyvážíme. Indikátor DMC bývá také interpretován jako odpadový potenciál, protože všechny spotřebované materiály se dříve nebo později přemění na odpady, s kterými se budeme muset vypořádat. Z toho vyplývá vazba mezi vstupními a výstupními indikátory materiálových toků a skutečnost, že jediný způsob, jak efektivně snižovat odpadní materiálové toky je snižování materiálové spotřeby. Ve sledovaném období DMI i DMC poklesly, to znamená, že došlo k poklesu jak environmentální zátěže spojené s využíváním materiálů, tak potenciálu pro odpadní toky v následujících letech.

V případě indikátoru DMI i DMC zaznamenaly nejvýznamnější pokles nekovové nerosty (o 11,7 %, respektive 14,4 %). U obou indikátorů dále došlo k poklesu u fosilních paliv (o 2,5 % respektive 4,3 %), u DMC se navíc snížila hmotnost kovových nerostů (7,6 %) a mírně také biomasy (0,6 %). Zvláštní položkou jsou odpady, kde značně převažuje vývoz odpadu nad dovozem a indikátor DMC je tedy v této materiálové kategorii záporný. Z hlediska struktury indikátoru DMI docházelo k poklesu zastoupení nekovových nerostů a k nárůstu zastoupení biomasy, kovových nerostů a ostatních výrobků, zatímco zastoupení fosilních paliv bylo na konci a na začátku sledovaného období identické. U DMC byla situace obdobná, pouze zastoupení fosilních paliv zaznamenalo nárůst (tabulky 4 a 5). Obdobně jako u domácí užití těžby je možné zvýšení podílu biomasy na DMI a DMC považovat za pozitivní signál.

Materiálová náročnost vyjádřená jako DMI ku HDP klesla v letech 2006-2011 o 9,9 % z 74,4 kg na 1 000 Kč na 67 kg na 1 000 Kč, materiálová náročnost vyjádřená jako DMC ku HDP klesla o 15,7 % z 58 kg na 1 000 Kč na 49 kg na 1 000 Kč. Materiálová produktivita vyjádřená jako HDP ku DMI a DMC, jejíž časový vývoj je stejný jako u materiálové náročnosti, pouze s inverzním průběhem, stoupla o 11 % z 13,4 kg na 1 000 Kč na 14,2 kg na 1 000 Kč u DMI a o 18,6 % z 17,2 kg na 1 000 Kč na 20,4 kg na 1 000 Kč u DMC. (tabulky 4 a 5, grafy 11 a 12). Z poklesu materiálové náročnosti, respektive nárůstu materiálové produktivity, je možné usuzovat na zvyšující se efektivitu přeměny vstupních materiálových toků na ekonomický výstup a také na pokles zátěže životního prostředí na jednotku HDP. Toho bylo dosaženo v důsledku zavádění moderních technologií, změn ve struktuře ekonomiky a zvyšující se míry recyklace. Dále je možné předpokládat zvyšování konkurenceschopnosti v důsledku snižování výrobních nákladů ze strany nákupu surovin a dalších materiálů potřebných na výrobu.

Indikátory DMI a DMC je možné znázornit v jednom grafu s HDP, kdy je všem indikátorům přiřazena hodnota indexu 100 pro výchozí rok a pro další roky se vynáší procentuální změna tohoto indexu. Tak je vyjádřeno oddělení křivek zátěže životního prostředí (reprezentované DMI a DMC) a ekonomické výkonnosti (reprezentované HDP) (graf 10), které je zmiňované v předchozí kapitole (tzv. decoupling). V ČR došlo v letech 2006-2011 k poměrně výraznému oddělení křivek a za celé období se jednalo o absolutní decoupling – HDP rostlo a současně došlo k absolutnímu poklesu indikátorů materiálových toků. Z tohoto hlediska bylo pozitivní zejména období do roku 2010, mezi roky 2010 a 2011 už k decouplingu nedocházelo.

Fyzická bilance zahraničního obchodu (PTB) za celé období 2006-2011 poklesla z 8,8 mil. tun na 5 mil. tun (43,9 %). K poklesu docházelo zejména do roku 2009, poté byl zaznamenán mírný nárůst. V přepočtu na osobu se PTB pohyboval od 341 kilogramů do 862 kilogramů na osobu (tabulka 6). Indikátor PTB naznačuje, dochází-li v důsledku zahraničního obchodu ve větší míře k přesunům environmentální zátěže z ČR do zahraničí nebo naopak. Z kladných hodnot je možné usuzovat na čistý vývoz environmentální zátěže (zátěž, kterou ČR prostřednictvím svých dovozů působí v jiných zemích je větší než zátěž působená cizími zeměmi v ČR)<sup>1</sup>. Tato skutečnost je kontroverzní z hlediska myšlenek udržitelného rozvoje. PTB dále indikuje materiálovou závislost ČR na zahraničí. Vysoké kladné hodnoty mohou dané zemi působit potíže, je-li na trhu nedostatek určitých komodit nebo dojde-li k prudkému zvýšení jejich cen. Pokles indikátoru ve sledovaném období je tak možné hodnotit pozitivně.

Ze složek PTB dosahuje ČR výrazně pozitivní bilance u fosilních paliv a kovových nerostů. Tyto komodity je třeba dovážet, protože jejich zdroje v ČR jsou buď nedostatečné, nebo je jejich využití nerentabilní. PTB fosilních paliv vykázala v letech 2006-2011 nárůst o 14,1 %, PTB kovových nerostů poklesla o 8,1 %. Na druhou stranu bilance u biomasy nabývala výrazně záporných hodnot a od roku 2006 do roku 2011 se ještě snížila. V ČR tedy ve vzrůstající míře převyšovala hmotnost vývozu biomasy nad dovozem. K obdobnému vývoji docházelo u nekovových nerostů, kde došlo ke změně kladné bilance na bilanci zápornou. To znamená, že ČR přestala být závislá na dovozech těchto materiálů a naopak začala poskytovat jejich přebytek ostatním zemím.

<sup>1</sup> Pro přesnější kvantifikaci přesunů zátěže je třeba vyčísřit dovozy, vývozy a PTB ve formě surovin, které byly spotřebovány na jejich výrobu. Tyto suroviny jsou nazývány surovinové ekvivalenty dovozů a vývozu.

## Použitá literatura / References

1. Adriaanse, A., Bringezu, S., Hammond, A., Moriguchi, Y., Rodenburg, E., Rogich, D., Schütz, H. (1997): Resource flows – The material basis of industrial economies. WRI, Washington, D.C.
2. Ayres, R. U., Simonis, L. (1994): Industrial metabolism: Restructuring for sustainable development. UNU Press, Tokyo.
3. Baccini, P., Brunner, P., H. (1991): Metabolism of the anthroposphere. Springer Verlag, Berlin, New York, Tokio.
4. Bringezu, S., Bleischwitz, R. (2009): Sustainable resource management. Global trends, visions and policies. Greenleaf Publishing, Sheffield.
5. Bringezu, S., Schütz, H., Moll, S. (2003): Rationale for and interpretation of economy-wide material flow analysis and derived indicators. *Journal of Industrial Ecology* 2 (7): 43-64.
6. Czech Statistical Office, yearly national accounts, internet application: <http://dw.czso.cz/pls/rocenka/rocenka.indexnu>
7. EEA (2006): Sustainable use and management of natural resources. European Environment Agency, Copenhagen.
8. Eurostat (2001): Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological Guide. Eurostat, Luxembourg.
9. Eurostat (2009): Economy-wide material flow accounts: Compilation guidelines for reporting to the 2009 Eurostat questionnaire. Eurostat, Luxembourg.
10. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1993): Metabolism and colonization. Modes of production and the physical exchange between societies and nature. *Innovation: The European Journal of Social Sciences* 6 (4): 415-442.
11. Giljum, S., Hak, T., Hinterberger, F. and Kovanda, J. (2005): Environmental governance in the European Union: strategies and instruments for absolute decoupling. *Int. J. Sustainable Development* 8 (1/2): 31–46.
12. Moldan, B. (ed.) (1993): UN Conference on the environment and development. Documents and commentaries. Management Press, Prague.
13. Neužil, M. (2001): Influence of underground mining on the environment. *Reporter of EIA* VI, 3, s. 5-9.
14. OECD (2002): Indicators to measure decoupling of environmental pressures from economic growth. OECD, Paris.
15. OECD (2008): The OECD guide: Measuring material flows and resource productivity. OECD, Paris.
16. Schmidt-Bleek, F. (1994): *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS – Das Mass für ökologisches Wirtschaften*. Birkhäuser Verlag, Berlin, Basel, Boston.
17. Schütz, H., Moll, S., Bringezu, S. (2004): Globalisation and the shifting environmental burden. Material trade flows of the European Union. *Wuppertal Papers* 134, Wuppertal.
18. Spangenberg, J. H., Femia, A., Hinterberger, F., Schütz, H. (1999): Material flow-based indicators in environmental reporting. European Environment Agency, Copenhagen.
19. Vitousek, P., M., Ehrlich, P., R., Ehrlich, A., H., and Matson, P., A. (1986): Human appropriation of products of photosynthesis. *Bioscience* 36: 368-373.
20. Wackernagel, M. et. Rees, W. (1996): *Our ecological footprint. Reducing human impact on the Earth*. Gabriola Island, BC, New Society Publishers.
21. Weizsäcker, E.U., Hargroves, K., Smith, M.H., Desha, C., Stasinopoulos, P. (2009): *Factor five. Transforming the global economy through 80% improvements in resource productivity*. Earthscan, London.
22. World Resource Institute (2005): *Millennium ecosystem assessment. Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, D.C.