

# 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 spjato 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 (Giljum et al., 2009; Schütz et al., 2004). V globálním měřítku však v průběhu 20. století lidská společnost zaznamenala bezprecedentní nárůst ročních materiálových a energetických vstupů i výstupů (Krausmann et al., 2009). 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“ (Fischer-Kowalski et al., 2011; 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, 2012).

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 (Giljum et al., 2009; 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 2009-2014**

V letech 2009-2014 došlo celkově k poklesu domácí užití těžby, která klesla o 8,8 % ze 173 mil. tun na 157,7 mil. tun (tabulka 1). K poklesu došlo ve všech letech kromě let 2011 a 2014. 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 4,8 % (ČSÚ, roční národní účty, internetová aplikace). Zatímco roky 2010 a 2011 byly z hlediska HDP růstové, tento růst se v letech 2012 a 2013 nepodařilo udržet, což mělo za následek další pokles domácí užití těžby. Růst HDP i domácí užití těžby byl poté obnoven v roce 2014. 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 2009-2014 klesla tato zátěž z 2 193 tun na km<sup>2</sup> na 1 999 tun na km<sup>2</sup>. Uvedená zátěž zahrnuje zejména strukturální změny v krajíně 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 užití těžby na skupiny materiálů je zřejmé, že pokles byl dán vývojem položek fosilní paliva a stavební nerostné suroviny, které klesly z 56,6 mil. tun na 47 mil. tun (17 %), respektive ze 73,4 mil. tun na 61,5 mil. tun (16,2 %). Ostatní položky vzrostly: biomasa z 32,9 mil. tun na 38 mil. tun (15,7 %), průmyslové nerostné suroviny z 10 mil. tun na 11 mil. tun (10,8 %) a kovové nerosty ze 133 tis. tun na 137 tis. tun (3 %). Absolutní hmotnost naposledy zmiňované položky je velmi malá (zahrnuje pouze těžbu uranové rudy, ostatní rudy se v ČR netěží), celkový vývoj domácí užití těžby tedy výrazněji neovlivňuje.

Ve sledovaném období stoupl zastoupení obnovitelných zdrojů (biomasy) na domácí užití těžbě z 19 % na 24,1 %. 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 2009-2014 k růstu o 24,7 %, respektive 29,1 %. V tomto období fyzický dovoz vzrostl z 58,2 mil. tun na 72,5 mil. tun a fyzický vývoz z 54,6 mil. tun na 70,5 mil. tun (tabulka 2). K růstu zahraničního obchodu docházelo ve všech sledovaných letech s výjimkou dovozu v roce 2012. Pokles dovozů v roce 2012 je možné přičítat poklesu ekonomického výkonu v tomto roce. Fyzický dovoz je považován 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 vývozu.

Na nárůst fyzického dovozu měla největší vliv položka kovové nerosty (suroviny, polotovary, hotové výrobky z kovových nerostů), která mezi lety 2009 a 2014 vzrostla z 14,9 mil. tun na 20,6 mil. tun (39 %). Růst vývozu působil zejména položka biomasa, která vzrostla z 19,7 mil. tun na 27,6 mil. tun (40,2 %). Nárůst objemu dovozů a vývozu byl v letech 2009 až 2014 zaznamenán i pro položky fosilní paliva, nekovové nerosty a ostatní produkty a v případě vývozu i odpady, zatímco pokles byl zjištěn pouze pro dovoz odpadů, a to z 868 tun na 31 tun (96,4 %). Obdobně jako u kovových nerostů u domácí užití těžby je však absolutní hmotnost této položky velmi malá, takže celkovou hodnotu dovozů (a ani vývozu) téměř neovlivní.

Přímý materiálový vstup (DMI) poklesl mezi roky 2009-2014 pouze mírně o 0,7 % z 231,1 mil. tun na 230,2 mil. tun, domácí materiálová spotřeba (DMC) poklesla výrazněji o 9,5 % z 176,5 mil. tun na 159,7 mil. tun. V přepočtu na osobu se jednalo o pokles z 22 tun na 21,9 tun na osobu u DMI a z 16,8 tun na 15,2 tun na osobu u DMC (tabulka 3). Vzhledem ke způsobu výpočtu těchto indikátorů nepřekvapí, že k nejvýraznějšímu poklesu došlo v roce 2012, kdy významně klesaly jak domácí užitá těžba, tak zahraniční obchod - DMI v tomto roce poklesl o 7,7 %, a DMC o 11,1 %.

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. Z výzkumů Univerzity Karlovy v Praze, Centra pro otázky životního prostředí (2013) vyplývá, že ze socio-ekonomických faktorů ovlivňujících časový vývoj indikátorů materiálových toků působí na růst indikátorů objem konečné spotřeby (zejména spotřeba domácností, tvorba hrubého fixního kapitálu a vývoz), zatímco technologie výroby má tendenci indikátory snižovat. Změna struktury konečné spotřeby má v případě některých materiálových kategorií prorůstový charakter (fosilní paliva, kovové nerosty), jindy působí na snižování indikátorů materiálových toků (nekovové nerosty, biomasa).

V případě indikátoru DMI i DMC zaznamenaly v absolutních hodnotách nejvýznamnější pokles nekovové nerosty (z 89,4 mil. tun na 80,6 mil. tun, tedy o 9,8 %, respektive z 83,2 mil. tun na 72 mil. tun, tedy o 13,5 %). U obou indikátorů dále došlo k poklesu u fosilních paliv (ze 79,8 mil. tun na 72,8 mil. tun, tedy o 8,8 %, respektive z 67,2 mil. tun na 60 mil. tun, tedy o 10,7 %), u DMC také u ostatních výrobků (z 237,4 tis. tun na -30,3 tis. tun, tedy o 112,8 %). K nárůstu naopak docházelo u biomasy (ze 42,5 mil. tun na 50,9 mil. tun, tedy o 19,7 %, respektive z 22,8 mil. tun na 23,2 mil. tun, tedy o 2 %), kovových nerostů (z 15 mil. tun na 20,8 mil. tun, tedy o 38,7 %, respektive z 3,1 mil. tun na 4,5 mil. tun, tedy o 44,8 %) a ostatních výrobků u DMI (ze 4,4 mil. tun na 5,1 mil. tun, tedy o 16,2 %). Zvláštní položkou jsou odpady, které u DMI i DMC vykazují výrazný relativní pokles (o 96,4 %, respektive 53,2 %), v absolutních hodnotách je však jejich pokles malý (o 837 tun, respektive o 1 135 tun). Vzhledem k tomu, že u odpadů a také ostatních výrobků v roce 2014 převažuje vývoz nad dovozem, nabývá indikátor DMC v těchto materiálové kategorii záporných hodnot. Z hlediska struktury indikátoru DMI docházelo k poklesu zastoupení fosilních paliv a nekovových nerostů a k nárůstu zastoupení biomasy a kovových nerostů. U DMC byla situace obdobná (tabulky 4 a 5).

Materiálová náročnost vyjádřená jako DMI ku HDP klesla v letech 2009-2014 o 5 % z 59,8 kg na 1 000 Kč na 56,8 kg na 1 000 Kč, materiálová náročnost vyjádřená jako DMC ku HDP klesla o 13,7 % z 45,7 kg na 1 000 Kč na 39,4 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 5,3 % z 16,7 kg na 1 000 Kč na 17,6 kg na 1 000 Kč u DMI a o 15,9 % z 21,9 kg na 1 000 Kč na 25,4 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. V současné době probíhá diskuse, jestli je HDP ten pravý indikátor pro výpočet materiálové náročnosti a produktivity. Pro zachování konzistence by měl být využíván indikátor, který v monetárních jednotkách zahrnuje obdobné položky, jako jsou zahrnuté v indikátorech materiálových toků ve fyzických jednotkách. Jako alternativní indikátory k HDP se v těchto diskusích objevují například produkce nebo HDP plus dovoz pro DMI a HDP plus dovoz mínus vývoz pro DMC (OECD, 2008; Hirschnitz-Garbers et al., 2014).

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 2009-2014 k oddělení křivek a za celé období se jednalo o mírný absolutní decoupling u DMI (DMI poklesl o 0,7 %) a o výraznější absolutní decoupling u DMC (DMC poklesla o 9,5 %). Především u DMC je možné tento vývoj hodnotit jako pozitivní.

Fyzická bilance zahraničního obchodu (PTB) za celé období 2009-2014 poklesla z 3,6 mil. tun na 2 mil. tun (42,8 %). K extrémnímu poklesu došlo mezi roky 2011 a 2012, kdy byl zaznamenán pokles z 5 mil. tun na 236 tis. tun (95,2 %). V roce 2013 indikátor opět výrazně narostl na 2,7 mil. tun. V přepočtu na osobu se PTB pohyboval od 22,5 kilogramů do 472,7 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

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

trhu nedostatek určitých komodit nebo dojde-li k prudkému zvýšení jejich cen. Pokles indikátoru ve sledovaném období, a to zejména v roce 2012, 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 2009-2014 nárůst o 22,7 %, PTB kovových nerostů nárůst o 46,7 %. Na druhou stranu bilance u biomasy nabývala výrazně záporných hodnot a od roku 2009 do roku 2014 se ještě snížila. V ČR tedy ve vzrůstající míře převyšovala hmotnost vývozu biomasy nad dovozem. Záporná je fyzická bilance zahraničního obchodu také u nekovových nerostů.

## Použitá literatura / References

1. Ayres, R. U., Simonis, L. (1994): Industrial metabolism: Restructuring for sustainable development. UNU Press, Tokyo.
2. Baccini, P., Brunner, P., H. (1991): Metabolism of the anthroposphere. Springer Verlag, Berlin, New York, Tokio.
3. Bringezu, S., Bleischwitz, R. (2009): Sustainable resource management. Global trends, visions and policies. Greenleaf Publishing, Sheffield.
4. 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.
5. Czech Statistical Office, yearly national accounts, internet application: <http://dw.czso.cz/pls/rocenka/rocenka.indexnu>
6. EEA (2006): Sustainable use and management of natural resources. European Environment Agency, Copenhagen.
7. Eurostat (2001): Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological Guide. Eurostat, Luxembourg.
8. Eurostat (2012): Economy-wide material flow accounts: Compilation guide 2012. Eurostat, Luxembourg.
9. 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.
10. Fischer-Kowalski, M., Weizsäcker, E.U., Ren, Y., Moriguchi, Y., Crane, W., Krausman, F., Eisenmenger, N., Giljum, S., Hennicke, P., Romeo Lankao, P., Siriban Manalang, A., Sewerin, S., 2011. Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth. A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Geneva.
11. Giljum, S., Hinterberger, F., Bruckner, M., Burger, E., Frühman, J., Lutter, S., Pirgmaier, E., Polzin, C., Waxwender, H., Kernegger, L., Warhurst, M. (2009): Overconsumption? Our use of the world's natural resources. Sustainable Europe Research Institute, GLOBAL 2000. Friends of the Earth Europe, Vienna.
12. 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.
13. Hirschnitz-Garbers, M., Srebotnjak, T., Gradmann, A., Lutter, S., Giljum, S. (2014): Further development of material and raw material input indicators – Methodological discussion and approaches for consistent data sets. Input paper for expert workshop. Ecologic Institute and WU Wien, Berlin.
14. Krausmann F., Gingrich S., Eisenmenger N., Erb KH., Haberl H., Fischer-Kowalski M. (2009): Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics* 68: 2696-705.
15. Moldan, B. (ed.) (1993): UN Conference on the environment and development. Documents and commentaries. Management Press, Prague.
16. Neužil, M. (2001): Influence of underground mining on the environment. *Reporter of EIA* VI, 3, s. 5-9.
17. OECD (2002): Indicators to measure decoupling of environmental pressures from economic growth. OECD, Paris.
18. OECD (2008): The OECD guide: Measuring material flows and resource productivity. OECD, Paris.
19. Schmidt-Bleek, F. (1994): *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS – Das Mass für ökologisches Wirtschaften*. Birkhäuser Verlag, Berlin, Basel, Boston.

20. Schütz, H., Moll, S., Bringezu, S. (2004): Globalisation and the shifting environmental burden. Material trade flows of the European Union. Wuppertal Papers 134, Wuppertal.
21. Spangenberg, J. H., Femia, A., Hinterberger, F., Schütz, H. (1999): Material flow-based indicators in environmental reporting. European Environment Agency, Copenhagen.
22. Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí (2013): Strukturální dekompoziční analýza indikátorů materiálových toků. Metodika zpracovaná v rámci projektu Technologické agentury ČR č. TD010146 „Hodnocení dopadů sociálně-ekonomického rozvoje společnosti na životní prostředí prostřednictvím indikátorů antropogenních energo-materiálových toků“
23. Vitousek, P., M., Ehrlich, P., R., Ehrlich, A., H., and Matson, P., A. (1986): Human appropriation of products of photosynthesis. *Bioscience* 36: 368-373.
24. Wackernagel, M. et. Rees, W. (1996): Our ecological footprint. Reducing human impact on the Earth. Gabriola Island, BC, New Society Publishers.
25. 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.
26. World Resource Institute (2005): Millennium ecosystem assessment. Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press, Washington, D.C.