Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze

Disertační práce

INDIKÁTORY MATERIÁLOVÝCH TOKŮ PRO ČESKOU REPUBLIKU: TRENDY, ANALÝZA DECOUPLINGU A NEJISTOTY

Mgr. Jan Kovanda

Školitel: Prof. RNDr. Bedřich Moldan, CSc.

Praha, 2008

Poděkování

Rád bych poděkoval zejména svému školiteli Prof. Bedřichu Moldanovi za jeho cenné rady při zpracovávání disertační práce. Dále bych chtěl poděkovat ostatním kolegům z Centra Univerzity Karlovy pro otázky životního prostředí, kteří byly kdykoliv ochotní se mnou diskutovat danou problematiku. Můj dík patří zejména Tomáši Hákovi, Milanu Ščasnému a Miroslavu Havránkovi. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině, především mámě, za všestranou podporu při psaní disertační práce.

Prohlašuji, že jsem předloženou doktorskou disertační práci vypracoval samostatně s použitím uvedených informačních pramenů. Tato práce ani její části nebyly použity k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 27. března 2008 ……..

Obsah

SEZNAM TABULEK **6**

SEZNAM GRAFŮ **7**

SOUHRN **9**

ABSTRACT **11**

1. ÚVOD **13**

1.1. SOCIO-EKONOMICKÝ METABOLISMUS A ODDĚLENÍ KŘIVEK ZÁTĚŽE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ A EKONOMICKÉHO VÝKONU 13
1.2. ANALÝZA MATERIÁLOVÝCH TOKŮ 15
1.3. ANALÝZA MATERIÁLOVÝCH TOKŮ NA MAKROEKONOMICKÉ ÚROVNI 18

2. CÍLE PRÁCE, POLOŽENÉ OTÁZKY **27**

3. POUŽITÉ METODY **29**

3.1. LITERÁRNÍ REŠERŠE 29
3.2. SBĚR DAT, JEJICH ZPRACOVÁNÍ A VÝPOČET INDIKÁTORŮ MATERIÁLOVÝCH TOKŮ 29
3.3. ANALÝZA HODNOT A TRENDŮ INDIKÁTORŮ MATERIÁLOVÝCH TOKŮ A JEJICH MEZINÁRODNÍ SROVNÁNÍ 29
3.4. MOŽNOSTI GRAFICKÉ PREZENTACE ODDĚLENÍ KŘIVEK ZÁTĚŽE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ A EKONOMICKÉ VÝKONNOSTI 30
3.5. VÝPOČET NEJISTOT INDIKÁTORŮ MATERIÁLOVÝCH TOKŮ 30

4. VÝPOČET INDIKÁTORŮ MATERIÁLOVÝCH TOKŮ PRO ČESKOU REPUBLIKU PRO OBDOBÍ 1990-2002, ROZBOR JEJICH TRENDŮ A MEZINÁRODNÍ SROVNÁNÍ **31**

4.1. METODICKÝ PŘÍSTUP 31
4.2. DATOVÉ ZDROJE 38
4.3. VÝSLEDKY 45

5. VYUŽITÍ INDIKÁTORŮ MATERIÁLOVÝCH TOKŮ PRO VYJADŘOVÁNÍ DECOUPLINGU A MATERIÁLOVÉ NÁROČNOSTI, MEZINÁRODNÍ SROVNÁNÍ TĚCHTO FENOMÉNŮ, NÁVRH METODIKY PRO GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ DECOUPLINGU **49**

5.1. METODICKÝ PŘÍSTUP 49
5.2. VÝSLEDKY 50

6. VÝPOČET INDIKÁTORU NAS NEPŘÍMOU I PŘÍMOU METODOU A SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ZÍSKANÝCH TĚMITO DVĚMA PŘÍSTUPY **55**

6.1. METODICKÝ PŘÍSTUP 55
6.2. DATOVÉ ZDROJE 56
6.3. VÝSLEDKY 56

7. KVANTIFIKACE NEJISTOT SPOJENÝCH S INDIKÁTORY MATERIÁLOVÝCH TOKŮ VYPOČTENÝCH PRO ČESKOU REPUBLIKU **59**

7.1. METODICKÝ PŘÍSTUP 59
7.2. VÝSLEDKY 60

8. ZÁVĚRY **61**

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE **65**

SEZNAM PŘÍLOH **72**

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK **73**

Seznam tabulek

TABULKA 1: TYPY ANALÝZY MATERIÁLOVÝCH TOKŮ 16

TABULKA 2: INDIKÁTORY MATERIÁLOVÝCH TOKŮ NA MAKROEKONOMICKÉ ÚROVNI (TIS. TUN), ČESKÁ REPUBLIKA, 1990-2002 45

TABULKA 3: INDIKÁTORY MATERIÁLOVÝCH TOKŮ NA MAKROEKONOMICKÉ ÚROVNI (TUNY NA OSOBU), ČESKÁ REPUBLIKA, 1990-2002 46

TABULKA 4: ČISTÝ PŘÍRŮSTEK FYZICKÝCH ZÁSOB (NAS), PŘÍMÁ A NEPŘÍMÁ METODA VÝPOČTU (V TUNÁCH), ČESKÁ REPUBLIKA, 2000-2002 57

TABULKA 5: NEJISTOTY INDIKÁTORŮ MATERIÁLOVÝCH TOKŮ, ČESKÁ REPUBLIKA, 1990-2002 60

Seznam grafů

GRAF 1: INDIKÁTORY MATERIÁLOVÝCH TOKŮ NA MAKROEKONOMICKÉ ÚROVNI (INDEX), ČESKÁ REPUBLIKA, 1990-2002 46

GRAF 2: PŘÍMÝ MATERIÁLOVÝ VSTUP (DMI), MEZINÁRODNÍ SROVNÁNÍ, 1990-2002 46

GRAF 3: DOMÁCÍ MATERIÁLOVÁ SPOTŘEBA (DMC), MEZINÁRODNÍ SROVNÁNÍ, 1990-2002 47

GRAF 4: CELKOVÝ MATERIÁLOVÝ POŽADAVEK (TMR), MEZINÁRODNÍ SROVNÁNÍ, 1990-2002 47

GRAF 5: DOMÁCÍ ZPRACOVANÝ VÝSTUP (DPO), MEZINÁRODNÍ SROVNÁNÍ, 1990-2002 47

GRAF 6: CELKOVÝ DOMÁCÍ VÝSTUP (TDO), MEZINÁRODNÍ SROVNÁNÍ, 1990-2002 48

GRAF 7: MATERIÁLOVÁ NÁROČNOST (DMI/HDP, DMC/HDP, TMR/HDP, TMC/HDP), ČESKÁ REPUBLIKA, 1990-2003 (INDEX) 51

GRAF 8: PODÍL DOMÁCÍHO ZPRACOVANÉHO VÝSTUPU A CELKOVÉHO DOMÁCÍHO VÝSTUPU KU HDP, ČESKÁ REPUBLIKA, 1990-2002 (INDEX) 51

GRAF 9: MATERIÁLOVÁ NÁROČNOST (DMI/HDP, DMC/HDP), MEZINÁRODNÍ SROVNÁNÍ, 1999 (PPP) 52

GRAF 10: DOMÁCÍ ZPRACOVANÝ VÝSTUP A CELKOVÝ DOMÁCÍ VÝSTUP KU HDP, MEZINÁRODNÍ SROVNÁNÍ, 1996 (PPP) 52

GRAF 11: ODDĚLENÍ KŘIVEK ZÁTĚŽE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ A EKONOMICKÉ VÝKONNOSTI – INDIKÁTORY MATERIÁLOVÝCH TOKŮ A HDP, ČESKÁ REPUBLIKA, 1990-2002 53

GRAF 12: VÁŽENÝ PODÍL UŽITÉ TĚŽBY A DOVOZU NA DECOUPLINGU INDIKÁTORU DMI, ČESKÁ REPUBLIKA, 1990-2002 53

GRAF 13: ČISTÝ PŘÍRŮSTEK FYZICKÝCH ZÁSOB (NAS), PŘÍMÁ A NEPŘÍMÁ METODA VÝPOČTU (V TUNÁCH), ČESKÁ REPUBLIKA, 2000-2002 57

Souhrn

Aby mohl ekonomický systém fungovat, to znamená produkovat služby a zboží k uspokojování lidských potřeb, chová se podobně jako živý organismus: 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. Tento tok materiálů bývá nazýván průmyslovým nebo šířeji socio-ekonomickým metabolismem (Baccini a Brunner, 1991; Fischer-Kowalski a Haberl, 1993; Ayres a Simonis, 1994). S čerpáním zdrojů, jejich využitím a uvolňováním emisí je spojena zátěž životního prostředí. Až dosud byly uspokojování lidských potřeb a zátěž vyvíjená na životní prostředí úzce spjaty. Jedním z cílů zejména vyspělých států se proto v rámci dosažení udržitelnosti rozvoje stalo zlomit vzájemnou závislost mezi zátěží životního prostředí a hospodářským růstem, který v tomto případě zastupuje zvyšující se míru uspokojování lidských potřeb a růst životní úrovně (tzv. koncept decouplingu) (EC, 2002, 2005, 2006; OECD, 2002; UN, 2002).

Jednou z metod hodnocení zátěže životního prostředí spojené s čerpáním a využíváním surovin je analýza materiálových toků. V případě analýzy materiálových toků na makroekonomické úrovni (*economy-wide material flow analysis – EW-MFA*) tato metoda popisuje množství fyzických vstupů do ekonomiky, akumulaci materiálů v ekonomice a výstupy materiálů do ostatních ekonomik nebo zpět do životního prostředí. Základní myšlenkou EW-MFA je materiálová rovnováha systému zahrnující jak stranu vstupů, tak stranu výstupů. Pro obě strany materiálového cyklu mohou být sestaveny různé indikátory. EW-MFA počítá tyto indikátory jako sumaci hmotností jednotlivých materiálů, a to jak na straně vstupu, tak výstupu. Lze předpokládat, že zvyšující se objem/množství jakéhokoliv materiálového toku způsobí větší zátěž životního prostředí a naopak (Schmidt-Bleek, 1993; Weizsäcker et al., 1996; Bringezu et al., 2003).

Disertační práce si klade několik základních cílů, které se pokouší přispět k řešení vybraných výzkumných otázek aktuálních v oblasti analýzy materiálových toků na makroekonomické úrovni. Tyto cíle zahrnují: (I) Výpočet indikátorů materiálových toků pro Českou republiku pro období 1990-2002, rozbor jejich trendů a mezinárodní srovnání; (II) Využití indikátorů materiálových toků pro vyjadřování decouplingu a materiálové náročnosti, mezinárodní srovnání těchto fenoménů, návrh metodiky pro grafické znázornění decouplingu; (III) Výpočet indikátoru „čistý přírůstek fyzických zásob (NAS)" nepřímou i přímou metodou a srovnání výsledků získaných těmito dvěma přístupy; (IV) Kvantifikaci nejistot spojených s indikátory materiálových toků vypočítaných pro Českou republiku.

Výpočet indikátorů materiálových toků pro Českou republiku byl proveden na základě standardizované metodiky Eurostatu (2001). Za celé sledované období zaznamenaly všechny indikátory materiálových toků výrazný pokles. Ten byl způsoben zejména kombinací následujících faktorů: pokles ekonomické výkonnosti na začátku 90. let, útlumem energeticky náročných odvětví těžkého průmyslu a zvyšováním podílu služeb, substitucí uhlí za kapalná a plynná paliva a zvyšováním energetické účinnosti neboli efektivity přeměny paliva na užitečnou práci v důsledku modernizace. Z mezinárodního srovnání vyplývá, že indikátory materiálových toků v České republice dosahují ve většině případů mírně nadprůměrných hodnot ve srovnání se státy EU-15 a dalšími průmyslově vyspělými zeměmi (USA), zatímco ve státech EU-10 je materiálová spotřeba výrazně nižší.

Materiálová a emisní náročnost v České republice vyjádřená vstupními a výstupními indikátory materiálových toků v letech 1990-2002 výrazně klesala. Z mezinárodního srovnání však vyplývá, že oba indikátory jsou výrazně vyšší než ve většině ostatních států EU. Za celé sledované období došlo v České republice také k výraznému oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomické výkonnosti (tzv. decoupling). Pro zvýšení analytického potenciálu byl navržen nový způsob znázorňování decouplingu, který umožňuje posoudit příspěvek jednotlivých složek indikátorů materiálových toků k jejich celkovému decouplingu.

Indikátor NAS vypočítaný nepřímou metodou poklesl v letech 1990-2002 o více než 47 %. Přímou metodou byly údaje o čistých přírůstcích fyzických zásob vypočteny pro časové období 2000-2002. Zatímco indikátor NAS vypočítaný nepřímou metodou poklesl v letech 2000-2002 o 2,5 %, NAS vypočítaný přímou metodou zaznamenal pokles o pouhých 0,4 % a jeho celkové hodnoty jsou cca o třetinu nižší. Jak se ukazuje, celkovému čistému přírůstku fyzických zásob zcela dominují čisté přírůstky v kategorii infrastruktura a budovy, jejíž průměrný podíl byl v průběhu sledovaných let cca 98 %. Z hlediska nárůstu budoucích odpadních toků jsou tyto přírůstky důležité z dlouhodobého hlediska. Zbývající část čistých přírůstků tvoří produkty, které jsou z hlediska nárůstu budoucích odpadních toků významné v krátkodobém horizontu.

Nejistoty jednotlivých indikátorů materiálových toků vypočtených pro Českou republiku se poměrně výrazně liší, což zásadním způsobem ovlivňuje jejich analytický potenciál. Ukazuje se, že nejmenší nejistotou jsou zatíženy indikátory DMI a DMC. U DMI se nejistota v průběhu sledovaného období pohybovala od +6/-3 % do +7/-3 %, u DMC od +8/-3 % do +9/-4 %. Největší kladnou nejistotou je zatížen indikátor NAS (od 30 % do 40 %) následovaný indikátory TMC (od 27 % do 39 %) a TMR (od 25 % do 28 %). Největší zápornou nejistotou je opět zatížen indikátor NAS (-19 % až -27 %), dále pak indikátory TMC (-3 % až -20 %) a DPO (-10 % až -15 %).

Klíčová slova: analýza materiálových toků na makroekonomické úrovni (EW-MFA), zátěž životního prostředí, indikátory materiálových toků, decoupling, fyzické zásoby, nejistoty

Abstract

In order for an economic system to function and produce goods and services necessary for meeting human needs, it behaves similarly to a living organism. It absorbs materials from the surrounding environment and transforms them into products, but ultimately all the materials are transformed into some kind of waste and emitted back into the environment. This flow of materials is referred to as industrial or socio-economic metabolism (Baccini and Brunner, 1991; Fischer-Kowalski and Haberl, 1993; Ayres and Simonis, 1994). Extraction of resources, consumption of materials and related emissions exert some pressure on the environment. So far, there has been a positive relation between meeting human needs and this pressure. The overall goal of developed countries within their strategies of sustainable development is to break the relation between pressure exerted on the environment and economic growth, which represents meeting of human needs and improvements in the standard of living. This phenomenon is called decoupling (EC, 2002, 2005, 2006; OECD, 2002; UN, 2002).

One of the methods for assessing environmental pressure related to extraction and consumption of resources and materials is material flow analysis. In the case of economy-wide material flow analysis (EW-MFA), this method aims at quantification of physical input flows into the economy, accumulation of materials in the economy, and physical output flows to other economies and back into the environment. The key idea of the EW-MFA is a material balance of the whole system. Based on the input and output flows, a large array of EW-MFA indicators can be compiled. EW-MFA calculates these indicators as a sum of physical quantities of particular flows, both on the input and output sides of the material balance. It can be assumed that growing volume/mass of any material flow will result in growing environmental pressure and vice versa (Schmidt-Bleek, 1993; Weizsäcker et al., 1996; Bringezu et al., 2003).

This PhD thesis has several goals which try to contribute to the solution of selected research questions relevant for EW-MFA. These goals are principally fourfold: (I) Quantification of EW-MFA indicators for the Czech Republic for 1990-2002, analysis of their trends and their international comparison; (II) Application of these indicators in a decoupling analysis and analysis of material intensity, international comparison of these phenomena and suggestion of methodology for graphical representation of decoupling; (III) Quantification of the net additions to stock indicator using both the direct and indirect method of calculation and comparison of results obtained using these two approaches; (IV) Quantification of uncertainties related to the EW-MFA indicators calculated for the Czech Republic.

The quantification of the EW-MFA indicators was based on a standardised Eurostat methodology (2001). All calculated indicators recorded a profound decrease over the period studied. This decrease was caused by a combination of the following factors: a drop in economic performance at the beginning of the 1990s, a damping of energy-demanding industries and an increase in the share of services, by substitution of coal with liquid and gaseous fuels, and an increase in energy efficiency due to modernisation. The international comparison showed that the EW-MFA indicators per capita in the Czech Republic were somewhat above average compared to EU 15 and other developed countries (USA). In EU 10 countries, however, the material consumption was quite a bit lower.

Material and emission intensity in the Czech Republic expressed by input and output EW-MFA indicators went down in 1990-2002. International comparison, however, showed that both material and emission intensity were significantly higher in the Czech Republic compared to other EU countries. The Czech Republic also recorded a profound decoupling of environmental pressure from economic performance. In order to increase the analytic potential of decoupling analysis, a new approach to graphical representation of decoupling was suggested, which allowed an assessment of the contributions of particular components of the EW-MFA indicators to the overall decoupling in these indicators.

The NAS indicator calculated using an indirect method went down by more than 47 percent in 1999-2002. A calculation of the NAS using a direct method was carried out for 2000-2002. While the indirect NAS decreased by 2.5 percent in 2000-2002, the direct NAS went down by mere 0.4 percent and its overall values were approximately one-third lower. It was showed that the total NAS was dominated by net additions in the category of Infrastructures and buildings, the share of which amounted to approx. 98 percent on average. With respect to the increase in future waste flows, these additions are important in the long-term perspective. The rest of the NAS consisted of Durables, which, as regards future waste flows, are rather important from the short-term perspective.

Uncertainties for the particular EW-MFA indicators calculated for the Czech Republic quite significantly differed, which influenced the analytical potential of these indicators. It was revealed that the lowest uncertainties were related to the DMI and DMC indicators. The uncertainties for the DMI ranged from +6/-3 percent to +7/-3 percent; and those for the DMC, from +8/-3 percent to +9/-4 percent over the period studied. The largest positive uncertainties were related to the NAS (from 30 percent to 40 percent) followed by the TMC (from 27 percent to 39 percent) and the TMR (from 25 percent to 28 percent). The largest negative uncertainties were again related to the NAS (from -19 percent to -27 percent) and to the TMC (from -3 percent to -20 percent) and the DPO indicators (from -10 percent to -15 percent).

Keywords: economy-wide material flow analysis (EW-MFA), environmental pressure, material flow indicators, decoupling, physical stocks, uncertainties

1. Úvod

1.1. Socio-ekonomický metabolismus a oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomického výkonu

Aby mohl ekonomický systém fungovat, to znamená produkovat služby a zboží k uspokojování lidských potřeb, chová se podobně jako živý organismus: 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, který dosud má převážně jednosměrný charakter (celosvětově je recyklováno celkem jen 10-15 % odpadů) (Brown, 2001), bývá nazýván průmyslovým nebo šířeji socio-ekonomickým metabolismem (Baccini a Brunner, 1991; Fischer-Kowalski a Haberl, 1993; Ayres a Simonis, 1994).

Teorie socio-ekonomického metabolismu považuje socio-ekonomický 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; Weizsäcker et al., 1996; Bringezu et al., 2003).

Zátěž životního prostředí působí již samotná těžba nerostných surovin. Při těžbě ropy v mořích dochází k únikům při vlastní těžbě i transportu. Při podzemní a povrchové těžbě nerostných surovin dochází k mnohostranným negativním vlivům na životní prostředí (Neužil, 2001). Patří sem plynné emise (hlavně CO, CO_2, SO_2, SO_3, CH_4, NO, NO_2), 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 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 vyvíjen, 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, 2006). 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 byly uspokojování lidských potřeb a zátěž vyvíjená na životní prostředí úzce spjaty. 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 zlomit vzájemnou závislost 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).

Nutnost dosažení oddělení křivek je zdůrazňována v řadě koncepčních dokumentů, doposud převážně na mezinárodní úrovni (EC, 2002, 2005, 2006; OECD, 2002, 2004). Koncept decouplingu vychází z toho, že je třeba snižovat zátěž životního prostředí vyjádřenou prostřednictvím vybraných „environmentálních zel“ a zvyšovat ekonomická výkonnost vyjádřenou pomocí vybraného „ekonomického dobra“ (proxy kvality života). Environmentálním zlem může být velikost spotřeby surovin a energie, vypouštění emisí, produkce odpadů, objemy automobilové dopravy apod., tedy obecně environmentální indikátor vyjadřující zátěž životního prostředí, ekonomickým dobrem bývá nejčastěji indikátor hrubý domácí produkt (HDP). Oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomického výkonu je relativní nebo absolutní. Při relativním decouplingu klesá vypouštěné znečištění na jednotku HDP (nebo spotřeba surovin, výkony dopravy atd.), v absolutních hodnotách však vypouštěné znečištění neustále roste. Při absolutním decouplingu dochází k růstu HDP a k absolutnímu poklesu vypouštěného znečištění. Cílem je dosáhnout absolutního decouplingu, protože celková zátěž životního prostředí závisí na absolutních hodnotách vypouštěného znečištění.

Environmentální indikátory bývají často uspořádány do formálního rámce „hnací síla – zátěž – stav – dopad – odpověď“ (*driving force – pressure – state – impact – response = D-P-S-I-R*), který byl vyvinut organizacemi OECD (1993) a EEA (2000). Tento rámec vyjadřuje kauzální závislost jevů. Příklad: potřeba zvyšování výkonu dopravy (hnací síla), se odráží na zvyšování emisí z dopravy do ovzduší (zátěž), což má za důsledek snižování kvality ovzduší v blízkosti dopravních komunikací (stav). Špatná kvalita ovzduší působí negativně na lidské zdraví (dopad), proto v některých případech dochází k regulaci dopravy (odpověď). Mluvíme-li o decouplingu, popisujeme vzájemný vztah mezi indikátory hnacích sil (ekonomické dobro, to co chceme, aby se zvyšovalo) a indikátory zátěže (environmentální zlo).

1.2. Analýza materiálových toků

Analýza materiálových toků spolu s analýzou energetických toků představují jeden z nástrojů jak kvantifikovat socio-ekonomický metabolismus a hodnotit zátěž životního prostředí, která je s ním spojena. Analýza materiálových toků je z těchto dvou metodik nadřazenější, protože zpravidla zahrnuje i sledování toků energetických nosičů – fosilních paliv či uranových rud. Analýza materiálových toků je také mnohem propracovanější z metodologického hlediska.

Termín analýza materiálových toků je často používán pro shrnutí a popsání mnoha metod. Tyto metody lze obecně rozdělit na přístupy zaměřené na detoxifikaci a přístupy zaměřené na dematerializaci.

1.2.1. Detoxifikace

Z historického hlediska člověk nejdříve řešil problémy, které byly spojeny s materiálovými toky blízkými v čase a prostoru (např. čištění odpadních vod a znečištění vody) a poté pokračoval řešením problémů dlouhodobých a širokospektrálních (např. globální oteplování). Způsob řešení nadměrné produkce odpadů a emisí na základě principu ”rozředění a rozptýlení” byl postupně nahrazován politikou kontroly znečištění, která směřovala ke snižování kritických emisí a nahrazování nebezpečných látek (Fischer-Kowalski, 1998; Fischer-Kowalski a Hüttler, 1998). Detoxikace společenského metabolismu v poměrně krátkém časovém horizontu účinně snížila lokální toky vybraných nebezpečných látek v různých průmyslových zemích. Přeshraniční a globální toky těchto látek však vyžadují další pozornost zejména z ohledem na přesuny dopadů na životní prostředí mezi jednotlivými státy a regiony (přesun „špinavých“ výrobních provozů do rozvojových zemí). Přitom je třeba vycházet ze systémového přístupu a analyzovat toky nebezpečných látek souvisejících s celým životním cyklem výrobků (Bringezu, 2006).

1.2.2. Dematerializace

Nutným předpokladem pro dosažení udržitelné výroby a spotřeby je dematerializace (odhmotnění), neboli snížení náročnosti socio-ekonomické sféry na materiály. Přístup dematerializace se zaměřuje na celkový materiálový průtok s cílem významně snížit materiálovou a energetickou náročnost zpracování a spotřeby surovin a produktů (Bringezu, 2000).

Strategie dematerializace spočívá v přenesení ekonomického vývoje od maximalizace materiálového průtoku směrem ke zvýšení efektivity využívání vstupů. Cílem je tak zvýšení ekonomických přínosů dosažených z materiálového průtoku. Dematerializace vede ke snižování využívání zdrojů, čímž se redukuje zátěž životního prostředí. Se snahou dosáhnout dematerializace přímo souvisí úsilí o zvyšování ekoefektivity. Základní filozofií tohoto konceptu je vyrábět z jednotkového množství materiálů a energie, které vstupují do ekonomické soustavy, více produktů a zajišťovat více služeb. Tato problematika byla rozpracována např. v knize Faktor 4 (Weizsäcker et al., 1996). Autoři navrhovali zvýšit celkovou ekoefektivitu 4 krát, což znamená vyrábět za stávající materiálové a energetické spotřeby 4 krát více výrobků nebo udržet výrobu na současné úrovni, ale snížit 4 krát spotřebu materiálů a energie. Tento koncept je teoreticky dosažitelný, protože více jak 80 % materiálů, které vstupují do ekonomické soustavy, je již během výroby nebo při procesech souvisejících

s výrobou přeměněno na odpadní látky (Adriaanse et al., 1997; Matthews et al., 2000; Ščasný et al., 2003).

1.2.3. Klasifikace přístupů analýzy materiálových toků

Bringezu (2000) shrnul přístupy analýzy materiálových toků do šesti prolínajících se typů (Ia-Ic, IIa-IIc) (Tabulka 1). Význam strategie dematerializace vzrůstá od typu Ia směrem k typu IIc, naopak význam detoxifikace vzrůstá od typu IIc směrem k typu Ia. Jednotlivé typy analýz se doplňují a prolínají (největší průnik je u analýz Ic a IIa a analýz IIb a IIc). První skupina obsahuje analýzy, které je možné rozdělit podle charakteru materiálového toku a skládá se z toků prvků a sloučenin (např. Cd, Cl, Pb, CO_2, CFC), toků materiálů (např. biomasa, plasty) a toků produktů (např. baterie, auta). Druhá skupina byla rozdělena podle průtoku materiálů v rámci podniku, sektoru nebo regionu.

Typy Ia, Ib, Ic

Ia – Analýza toku látek, prvků a sloučenin (*substance flow analysis - SFA*) je používána pro stanovení hlavních cest vstupů a výstupů látek do a z životního prostředí, zaměřuje se na procesy spojené s emisemi, fyzickými zásobami a toky prvků v rámci průmyslového systému nebo mezi různými médii a na chemické, fyzikální a biologické transformace a výsledné koncentrace látek v životním prostředí a na dopady těchto koncentrací na lidské zdraví. Výsledky SFA analýz jsou často využívány jako vstupy do dalších analýz pro kvantitativní vyhodnocování rizik.

Druh analýzy	I			II		
	a	b	c	a	b	c
Subjekty primárního zájmu	Specifické environmentální problémy vztahující se k určitým vlivům na jednotku toku			Problémy environmentální povahy vztahující se k materiálovým tokům v rámci		
	látek	materiálů	výrobků	firem	odvětví	regionů
	např. Cd, Cl, Pb, Zn, Hg, N, P, C, CO_2, CFC	např. výrobky ze dřeva, nosiče energie, výkopové práce, biomasa, plasty	např. pleny, baterie, auta	např. jednotlivé provozy, střední a velké společnosti	např. výrobní odvětví, chemický průmysl, stavebnictví	např. bilance celkových materiálových toků, celkové požadavky na určitý materiál
	v rámci firem, odvětví, regionů			související s látkami, materiály, výrobky		

⟹ Důraz na DEMATERIALIZACI ⟹

⟸ Důraz na DETOXIFIKACI ⟸

Tabulka 1: Typy analýzy materiálových toků (Zdroj: Bringezu, 2000)

Ib – Druhý typ analýzy se zabývá celkovými materiálovými toky vybraných hromadných materiálů. Toky těchto materiálů jakými jsou například štěrk, písek, dřevo nebo hliník – ačkoliv samy o sobě téměř neškodné – mohou být spojeny s ostatními toky, které představují

zátěž pro životní prostředí. Příkladem může být problém ”červených usazenin” spojený s výrobou oxidu hlinitého a energeticky náročnou výrobou hliníku. Podobně byly předmětem analýz základní materiály, jako například plasty, u kterých byly posuzovány environmentální souvislosti recyklace a opakovaného využití.

Ic – Třetí typ analýz uplatňuje metodu LCA (*life cycle analysis* – analýza životního cyklu) a sleduje životní cyklus produktu. Prvotním cílem těchto analýz je kvantifikace celkových materiálových a energetických toků spojených s životním cyklem produktů a analýza souvisejících dopadů na životní prostředí.

Typy IIa, IIb, IIc
IIa – Tento typ analýz se zaměřuje na materiálové toky na podnikové úrovni, zabývá se tedy „metabolickou výkonností“ dané firmy. Posouzení ekoefektivity na úrovni podniku souvisí s analýzou materiálového průtoku firmou, monitoringem ekonomické výkonnosti firmy a s hodnocením jejich vzájemných vazeb. Materiálové účetnictví je pro environmentální řízení používáno ve stále větší míře. Klade se tak důraz na ekologickou efektivnost na úrovni firem. Omezený rozsah firemních účtů však vyžaduje doplňkové analýzy s širší systémovou perspektivou, ať již prostřednictvím analýz typu LCA pro infrastrukturu a hlavní výrobky nebo prostřednictvím analýz větších celků, tj. analýzami celých výrobních odvětví nebo celých ekonomik.

IIb – Tento typ analýz se zabývá materiálovými toky v rámci jednotlivých sektorů. Jsou sledovány vstupní i výstupní materiálové toky a dávány do souvislostí s ekonomickou výkonností sektorů. Poté je možné porovnávat materiálovou náročnost jednotlivých sektorů a posoudit, který ze sektorů nejvíce přispívá k environmentální zátěži spojené se spotřebou materiálů.

IIc – Doménou tohoto typu analýz je především analýza metabolismu měst, regionů a národních a nadnárodních ekonomik. Účetnictví může být směrováno na vybrané látky a materiály nebo na celkový materiálový vstup a výstup. Materiálové toky na národní úrovni mohou být členěny podle sektorů, čímž dochází k prolnutí tohoto typu analýzy materiálových toků s typem IIb. Analýza materiálových toků na národní úrovni si získala zvláštní pozornost. Důraz je v tomto případě kladen na celkové materiálové nároky a odpadní toky související s fungováním národních ekonomik, na metabolickou účinnost přeměny materiálů na ekonomický výstup a na vyhodnocení stavu a trendů v této oblasti.

Výraz analýza materiálových toků je obyčejně vztahován k analýzám typu Ia, Ib, IIb a IIc. Studie typu Ic se objevují pod hlavičkou hodnocení životního cyklu. Účetnictví typu IIa se většinou označuje jako podnikové účetnictví.

1.3. Analýza materiálových toků na makroekonomické úrovni

1.3.1. Koncepční a metodický rámec

V současné době se největší 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 roce 2001 byl tento přístup standardizován v metodologické příručce Eurostatu.

V rámci EW-MFA je kvantifikována fyzická výměna mezi národní ekonomikou, životním prostředím a cizími ekonomikami a to na základě celkového hmotnostního množství materiálů, které každý rok proteče přes hranice národní ekonomiky. Toky uvnitř ekonomiky, například přesuny výrobků mezi jednotlivými odvětvími, se zpravidla neuvádí, ekonomika je brána jako „černá skříňka“ (black box). Je-li při sledování materiálových toků zachována materiálová rovnováha, je možné z rozdílu mezi materiálovými vstupy a výstupy vypočítat celkové množství materiálů, které se za rok naakumuluje v ekonomické soustavě ve formě budov, dopravní infrastruktury, spotřebního zboží apod.

Materiálové vstupy z domácího životního prostředí zahrnují především vytěžené suroviny a vyprodukovanou biomasu (tzv. domácí užitá těžba), zatímco materiálové výstupy zahrnují emise do ovzduší a do vody, skládkované odpady a tzv. rozptýlené užití výrobků a rozptýlené ztráty, kam patří množství použitých hnojiv, pesticidů či zimního posypu. Z metodologického hlediska je zajímavé zapracování konceptu tzv. neužité těžby nebo-li skrytých toků. Za domácí neužitou těžbu jsou považovány toky materiálů, které jsou na území státu přemístěny v rámci lidské činnosti, ale přímo nevstoupí do ekonomické soustavy a nezapojí se do procesu výroby a spotřeby. Jde o biomasu zanechanou v lese při těžbě dřeva, skrývky při těžbě surovin, výkopy zeminy při stavbě infrastruktury apod. Důležitou roli při analýze hraje zahraniční obchod, protože i ten představuje významný tok materiálu přes hranici ekonomické soustavy, a nepřímé toky dovozu a vývozu. V případě nepřímých toků se jedná o sumu užité a neužité těžby potřebnou na produkci dovozu/vývozu v zemi jejich původu umenšenou o hmotnost vlastních dovozů/vývozů (např. suroviny potřebné na produkci vyvážených výrobků a skrývky spojené s těžbou těchto surovin).

Aby vstupy a výstupy byly skutečně vybalancované a mohlo se dospět k materiálové rovnováze, je potřeba do celkové materiálové bilance vložit položky, které se podílejí na transformaci vstupů na výstupy. Bez jejich započtení by nebylo možné sestavit materiálovou bilanci, ani odhadnout akumulaci fyzických zásob jako rozdíl jako rozdíl mezi celkovými vstupními a celkovými výstupními materiálovými toky. Mezi tzv. vyrovnávající položky patří na straně vstupu například plyny z ovzduší (kyslík, dusík), které se účastní oxidačních procesů při spalování paliv a vodní výpary z obsahu vody a vodíku v palivech. Dále mezi vyrovnávací položky patří vstup kyslíku, který je nutný ke „spálení“ potravy zkonzumované lidmi a domácími zvířaty a výstup CO_2, který je při tomto rozkladu uvolněn.

EW-MFA poskytuje důležitou datovou základnu pro odvození řady agregovaných environmentálních indikátorů. Tyto indikátory je možné rozdělit do 3 základních skupin:

A. Vstupní ukazatele

Přímý materiálový vstup *(direct material input, DMI)* měří vstup materiálů do ekonomické soustavy, tj. všechny materiály, které mají ekonomickou hodnotu a jsou přímo používány pro výrobu a spotřebu. DMI zahrnuje domácí užitou těžbu a dovozy.

Celkový materiálový požadavek *(total material requirement, TMR)* zahrnuje vedle DMI také domácí neužitou těžbu a nepřímé toky dovozu. Měří tedy celkovou "materiální základnu" ekonomiky, tj. celkové primární požadavky na zdroje ze strany výrobních činností.

B. Výstupní ukazatele

Domácí zpracovaný výstup *(domestic processed output, DPO)* představuje celkový objem materiálů, který se po použití v domácím hospodářství uvolnily do životního prostředí. Do DPO jsou zahrnuty emise do ovzduší, veškeré skládkované odpady, materiálová zátěž v odpadních vodách a tzv. rozptýlené užití výrobků a rozptýlené ztráty.

Celkový domácí výstup *(total domestic output, TDO)* zahrnuje součet DPO a domácí neužité těžby. Představuje tak celkové množství materiálových výstupů uvolňovaných do domácího životního prostředí.

C. Ukazatele spotřeby

Domácí materiálová spotřeba *(domestic material consumption, DMC)* měří celkové množství materiálů přímo používané v hospodářství, bez nepřímých toků. DMC je vypočítána jako DMI mínus vývozy.

Celková materiálová spotřeba *(total material consumption, TMC)* měří celkovou spotřebu materiálů nutných pro zabezpečení fungování ekonomiky. TMC je vypočítávána jako TMR mínus vývozy a jejich nepřímé toky.

Čistý přírůstek zásob *(net additions to stock, NAS)* měří fyzické tempo růstu hospodářství. Do zásob ekonomiky jsou každý rok ukládány nové materiály (hrubé přírůstky) ve stavbách a jiné infrastruktuře a materiály začleněné do nových dopravních prostředků, strojů a spotřebního zboží (např. domácí spotřebiče), zatímco staré materiály jsou odstraňovány ze zásob tak, jak jsou budovy bourány a spotřební zboží měněno v odpad. NAS je vypočítáván buď (1) přímo jako suma čistých přírůstků jednotlivých typů materiálových zásob (budovy, dopravní infrastruktura, dopravní prostředky, stroje, domácí spotřebiče); (2) nepřímo jako rozdíl mezi celkovými vstupními a celkovými výstupními materiálovými toky včetně vyrovnávacích položek.

Fyzická bilance obchodu *(physical trade balance, PTB)* měří přebytek nebo deficit fyzického obchodu ekonomiky. PTB je vypočítáváno jako dovozy minus vývozy. Fyzická bilance obchodu může být rovněž definována se zahrnutím nepřímých toků spojených s dovozy a vývozy.

Indikátory založené na EW-MFA jsou považovány za robustní a vysoce agregované indikátory, které mají odpovídající teoretický základ, jsou měřitelné, významné z hlediska zátěže životního prostředí a mají široké využití v rozhodovacích procesech (Bringezu et al., 2003; Femia a Moll, 2005; Hinterberger et al., 2003). Ve vysoké míře tak splňují kritéria

důležitá z hlediska hodnocení kvality indikátorů (např. Moldan, 2000; OECD, 2003; Parris a Kates, 2003).

1.3.2. Význam a využití indikátorů materiálových toků

Základní možnosti využití indikátorů materiálových toků založených na EW-MFA jsou následující (OECD, 2007):

a) 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.

b) Životní prostředí jako zdroj surovin a energie vs. schopnost životního prostředí asimilovat a rozkládat odpadní látky

OECD se soustředí na témata, která mají vztah ke schopnosti životního prostředí asimilovat a rozkládat odpadní látky a na témata, která souvisí se schopností životního prostředí poskytovat statky a služby (OECD, 2003). Indikátory materiálových toků popisující vstupní stranu materiálové bilance souvisí spíše s problematikou spotřeby a úbytku přírodních zdrojů, zatímco výstupní indikátory mají vazbu na problémy znečišťování životního prostředí.

c) 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).

d) Intenzita využití území

Spotřebu materiálů je možné vztáhnout k území, které je potřeba na jejich produkci. Tuto problematiku, která 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.

e) 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 indikátory), respektive materiálové náročnosti

(poměr daného indikátoru ku HDP). Materiálová produktivita a materiálová náročnost jsou vzájemně kompatibilní s inverzním časovým vývojem. Vztáhneme-li výstupní indikátory materiálových toků k HDP, měříme objem výstupních materiálových toků na jednotku ekonomické výkonnosti. Tento poměr vypovídá o odpadní náročnosti ekonomiky.

Hodnocení materiálové či energetické produktivity a náročnosti je komplementární k analýze oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomické výkonnosti (viz. kapitola 1.1).

f) 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.

h) Přesun zátěže životního prostředí mezi sektory

Příspěvky jednotlivých sektorů ke spotřebě materiálů a produkci emisí se mohou výrazně lišit navzájem i co se týče jejich časového průběhu. Pokles ve spotřebě materiálů jednoho sektoru může být kompenzován nárůstem spotřeby jiného sektoru a naopak. Abychom mohli hodnotit přesun zátěže napříč sektory a identifikovat sektory produkující nejvíce znečištění, je třeba disagregovat indikátory materiálových toků podle sektorů, které by na nejnižší úrovni disagregace měly zahrnovat zemědělství, energetiku, průmysl, domácnosti a dopravu.

i) Způsob využití materiálů

Některé materiály jsou využívány ve výrobě a spotřebě, zatímco další jsou pouze nákladně přesunuty z místa na místo a dále nepřispívají k tvorbě ekonomické přidané hodnoty (tzv. neužitá těžba). Chceme-li zvýšit efektivitu spotřeby materiálů, je nutné snižovat objem neužitých materiálových toků, jejichž podíl na indikátorech materiálových toků bývá zpravidla jasně patrný.

j) 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. To se týká zejména strategických surovin, jako jsou fosilní paliva nebo vzácné kovy.

k) Postavení ve světové ekonomice z hlediska vývoje průmyslu, kvalifikace pracovní síly a zaměstnanosti v sektorech národního hospodářství

Průmyslově vyspělé země mají tendenci dovážet komodity s nízkou přidanou hodnotou jako jsou nerostné suroviny a vyvážet vysoce zpracované a technicky pokročilé výrobky s vysokou přidanou hodnotou. Situace je opačná v případě rozvojových zemí. Tato skutečnost odráží vývojovou fázi dané ekonomiky z hlediska vývoje průmyslu, kvalifikace pracovní síly

a zaměstnanosti v sektorech národního hospodářství. Vhodnými indikátory pro měření tohoto jevu jsou podíly dovozů a vývozů v hmotnostních jednotkách ku jejich ceně.

l) Rychlost materiálového průtoku

Některé spotřebované materiály jsou přetransformovány do fyzických zásob v podobě domů, dopravní infrastruktury a výrobků, zatímco ostatní jsou již během výroby přeměněny na emise a odpady. Tyto emise nemohou být zcela eliminovány v důsledku termodynamických zákonů, měly by však být minimalizovány. Tato minimalizace závisí zejména na zavádění moderních nízkoodpadových technologií, které ze své podstaty usilují o co nejefektivnější využití suroviny ve výrobním procesu. Rychlost materiálového průtoku je možné měřit jako podíl spotřeby materiálů a přírůstku fyzických zásob.

m) 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.

n) 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, 2005). Indikátory materiálových toků vyjadřujících materiálové vstupy a materiálovou spotřebu mohou být rozčleněny na obnovitelné a neobnovitelné zdroje.

o) Recyklovatelnost

Abychom snížili současné i budoucí materiálové toky, je třeba dosáhnout co nejvyšší míry recyklace odpadních toků. Tato míra může být vyčíslena jako recyklovatelnost současných materiálových toků. Například při spalování fosilních paliv získáme emise CO_2 a dalších plynů a tuhé nespalitelné zbytky (popílek). Recyklovatelnost těchto produktů je velmi nízká, protože mezi nimi převládají nerecyklovatelné plyny. Když se naopak přemění na odpady stavební nerostné suroviny (demoliční odpady) nebo kovové rudy (produkty z kovu), jejich recyklovatelnost je poměrně vysoká. Recyklovatelnost může být vyjádřena jako podíl recyklovatelných složek na jednotlivých indikátorech materiálových toků.

1.3.3. Analýza materiálových toků na makroekonomické úrovni ve světě a v ČR

Za nejvýznamnější zakladatele teorie socio-ekonomického metabolismu a analýzy materiálových toků jsou považováni Robert Ayres a Allen Knees, kteří ve své studii z roku 1969 a jejím pokračování z roku 1974 (Ayres a Kneese, 1969; Kneese et al., 1974) udali na dlouhá desetiletí směr vývoje v oblasti sledování materiálových toků na makroekonomické úrovni. Ayres a Knees přistupovali k danému problému z ekonomického hlediska: nízká cena

surovin a veřejných statků, jako je voda a vzduch, vede k jejich neefektivnímu využívání, což má za následek zvyšující se míru tvorby emisí a odpadů. K těmto odpadním tokům je třeba přistupovat jako k výsledku energo-materiálové bilance celé ekonomiky, pro kterou musí platit, že celkové množství spotřebovaných materiálů je rovné součtu objemu odpadních toků a objemu materiálů, které se v ekonomice nahromadily. Problém emisí je tedy problémem patřičného vybalancování tohoto systému. Ayres a Knees ve své studii vypracovali základní teoretický model, který umožnil propojení monetárních toků, ke kterým dochází v ekonomice, s toky fyzickými a provedli první analýzu materiálových toků pro USA. V rámci této analýzy identifikovali a kvantifikovali hlavní vstupní a výstupní materiálové toky této ekonomiky, diskutovali jejich důležitost a mimo jiné konstatovali, že objemově nejvýznamnější výstupní tok, oxid uhličitý, který je považován za neškodný, může v budoucnosti působit klimatické změny.

První analýzy materiálových toků na makroekonomické úrovni v moderním slova smyslu byly publikovány pro Rakousko (Steurer, 1992), Japonsko (Ministry of the Environment, 1992) a Německo (Schütz a Bringezu, 1993). Významný počin představovaly dvě studie Ústavu pro světové zdroje (*World Resource Insitute, WRI*), které srovnávaly materiálovou spotřebu a výstupní materiálové toky pěti průmyslových států: USA, Japonska, Německa, Nizozemska a Rakouska (Adriaanse et al., 1997; Matthews et al., 2000). V roce 2001 publikovala Evropská agentura pro životní prostředí v Kodani studii, která podává první kvalifikovaný odhad celkových materiálových požadavků Evropské unie (Bringezu a Schütz, 2001ab). Od té doby byla analýza materiálových toků zpracována pro řadu dalších průmyslových zemí zahrnujících USA a ostatní státy EU15 (např. Pedersen, 2002; Barbiero et al., 2003; Eurostat, 2005) i pro řadu zemí procházejících transformací a zemí rozvojových jako jsou Čína, Thajsko, Brazílie a Chile (Machado, 2001; Xiaoqiu a Lijia, 2001; Giljum, 2004; Weisz et al., in press).

V současné době se indikátory materiálových a energetických toků stále častěji začínají objevovat v oficiálních výstupech řady mezinárodních institucí a organizací (OECD, 2005). Pro Českou republiku jsou v tomto směru důležité zejména aktivity OECD a Eurostatu. Tyto organizace právě ukončily pracovní program zaměřený na indikátory materiálových toků a materiálovou produktivitu, jehož výsledkem bude aktualizovaná verze metodologické příručky pro sestavování indikátorů materiálových toků a také prezentace těchto indikátorů v publikacích vydávaných těmito organizacemi. S tím bude souviset povinnost členských zemí tyto indikátory reportovat.

V oficiálních dokumentech ČR z oblasti životního prostředí je poprvé zmínka o materiálových tocích v aktualizované *Státní politice životního prostředí ČR 2004-2010* (MŽP, 2004), a to přímo v názvu kapitoly III.2 Udržitelné využívání přírodních zdrojů, materiálové toky a nakládání s odpady. V dalším textu (str. 14 – 18) se však dotyčné problematice v explicitní podobě nevěnuje žádná zvláštní pozornost. V kapitole V.8 věnované výzkumu a vývoji je však zařazen bod týkající se „zajištění výzkumu efektivního využití přírodních a energetických zdrojů, ochrany přírodních zdrojů v materiálových tocích a nakládání s odpady, ochrany vodních zdrojů a vody v krajině“, což lze chápat jako přímou podporu diskutované problematiky. Jako reakce na doporučení OECD k materiálovým tokům a produktivitě zdrojů (OECD, 2004) byl Ministerstvem životního prostředí zpracován materiál pro poradu vedení *Informace o zajištění implementace Doporučení Rady OECD k materiálovým tokům a produktivitě zdrojů v podmínkách České republiky* (MŽP, nepublikováno). Ze závěrů této zprávy vyplývá, že Ministerstvo životního prostředí bude nadále podporovat projekty VaV v oblasti materiálových toků a bude se zasazovat o to, aby vybrané indikátory materiálových

toků byly v příštích letech sestavovány nejen na makroekonomické úrovni, ale i úrovni podniků a regionů.

Surovinová politika v oblasti nerostných surovin a jejich zdrojů (MPO, MŽP, 1999) se k dané problematice nevyjadřuje. K problematice materiálových toků se však vyjadřuje *Návrh národního programu orientovaného výzkumu a vývoje* (MŠMT, 2002), kde v části IV.1, Příloha 1, kapitola I.4 je na str. 8 zařazen odstavec 5 „Ochrana přírodních zdrojů a materiálové toky". Poslední věta tohoto odstavce zní „Dalším cílem je vývoj národní metodiky pro vyhodnocení a sledování materiálových toků a studium složitých vazeb mezi různými komponentami environmentálně-ekonomického systému, v jehož rámci se uskutečňuje přesun a přeměna zdrojů". Na základě tohoto dokumentu byl připraven *Národní program výzkumu*, který byl přijat vládou v roce 2003 (MŠMT, 2003).

Již od roku 2000 byla problematika materiálových toků v České republice předmětem výzkumu a vývoje. V letech 2000-2008 řešilo Centrum Univerzity Karlovy pro otázky životního prostředí několik projektů Ministerstva životního prostředí, Grantové agentury Akademie věd ČR, Grantové agentury Univerzity Karlovy a Evropské komise souvisejících s touto problematikou (Ščasný a Kovanda, 2001; Kovanda et al., 2004; Kovanda et al., 2005). Výsledky projektů byly dále rozpracovány a široce publikovány (Ščasný et al., 2003; Kovanda, 2006; Kovanda a Hak, 2007; Kovanda et al., 2007; Kovanda et al., in press) a využity například při tvorbě návrhu souboru indikátorů udržitelného rozvoje pro Českou republiku (Kovanda et al., 2003). Vybrané indikátory materiálových toků (konkrétně DMC a materiálová náročnost HDP vyjádřená jako podíl DMC a HDP) byly zařazeny do souboru indikátorů k hodnocení Strategie udržitelného rozvoje ČR a publikovány v rámci *Situačních zpráv* (Úřad vlády ČR, 2006; Rada vlády pro udržitelný rozvoj, 2007). Od roku 2005 jsou dále tyto indikátory zveřejňovány ve *Zprávě o životním prostředí České republiky* (MŽP, 2005; CENIA, 2006, 2007).

Od roku 2005 se problematikou materiálových toků zabývá také Český statistický úřad. ČSÚ se zaměřil na indikátory, jejichž metodika je dostatečně rozvinutá a umožňuje jejich rutinní sestavování, jmenovitě DMI, DMC a PTB. ČSÚ převzal dosud spočítané časové řady těchto indikátorů od Centra Univerzity Karlovy pro otázky životního prostředí, validoval je a od hodnot za rok 2004 provádí jejich aktualizaci (ČSÚ, 2006, 2007).

1.3.4. Další výzkum v oblasti analýzy materiálových toků na makroekonomické úrovni

Současný výzkum v oblasti analýzy materiálových toků na makroekonomické úrovni je poměrně široce zaměřen (Bringezu et al., 2003; Bringezu et al., 2004; Duchin, 2004; Rodrigues a Giljum, 2004; Schütz et al., 2004; van der Voet et al., 2004; Eurostat, 2002, 2005; Femia a Moll, 2005; Giljum et al., 2005; Moll a Bringezu 2005; Bringezu, 2006; EEA, 2006; OECD, 2002; OECD, 2007). Výzkumné otázky je možné rozdělit do dvou vzájemně provázaných skupin:

I. Otázky související s využitím indikátorů materiálových toků pro rozhodovací procesy

II. Otázky související s metodikou sestavování těchto indikátorů

V případě první skupiny probíhá výzkum v těchto oblastech:

A. Výzkum vazeb mezi spotřebou materiálů a ekonomickým a sociálním vývojem v dané zemi

B. Výzkum vazeb mezi spotřebou materiálů, dopady na životní prostředí a environmentálními limity

C. Způsob prezentace indikátorů materiálových toků a výše uvedených vazeb

V případě druhé skupiny se jedná o výzkum v oblastech:

A. Metodiky výpočtu indikátorů materiálových toků s ohledem na dostupnost podkladových dat

B. Zvyšování přesnosti indikátorů materiálových toků

C. Zvyšování analytického potenciálu těchto indikátorů

Jednotlivé cíle disertační práce, které jsou podrobně specifikovány v následující kapitole, se snaží přispět k řešení výše uvedených výzkumných otázek.

2. Cíle práce, položené otázky

Disertační práce si klade několik základních cílů:

I. Výpočet indikátorů materiálových toků pro Českou republiku pro období 1990-2002, rozbor jejich trendů a mezinárodní srovnání

Výpočet indikátorů materiálových toků napomůže poznání, jaká je zátěž životního prostředí spojená se spotřebou materiálů v České republice. Rozbor trendů těchto indikátorů v souvislosti s ekonomickým a sociálním vývojem v České republice napoví, jaké jsou vzájemné vazby mezi spotřebou materiálů a dalšími socio-ekonomickými faktory s ohledem na možnosti snižování materiálové spotřeby a zátěže životního prostředí. Z výzkumných otázek uvedených v předchozí kapitole přispívá tento cíl zejména k řešení otázek I.A a I.B.

II. Využití indikátorů materiálových toků pro vyjadřování decouplingu a materiálové náročnosti, mezinárodní srovnání těchto fenoménů, návrh metodiky pro grafické znázornění decouplingu

Oddělení křivky zátěže životního prostředí spojené se spotřebou materiálů a křivky ekonomické výkonnosti je jedním ze základních předpokladů udržitelnosti. To je dáno tím, že kapacita jakéhokoli území neutralizovat zátěž spojenou se spotřebou materiálů je konečná a hospodářský růst je doposud chápán jako základní předpoklad pro zvyšování kvality života. Aby byl koncept oddělení křivek použitelný v rozhodovacích procesech, je ho třeba vhodným způsobem prezentovat. Kromě otázek I.A a I.B tento cíl významně přispívá k řešení výzkumné otázky I.C.

III. Výpočet indikátoru NAS nepřímou i přímou metodou a srovnání výsledků získaných těmito dvěma přístupy

Indikátor NAS umožňuje posoudit zátěž území z hlediska jeho záboru a velikosti zastavěného území. Dále je ho možné použít pro modelování budoucích odpadních toků, protože všechny materiály, které se ve formě výrobků naakumulovaly v socio-ekonomickém systému, se po skončení jejich životnosti přemění na odpady. Pro plné využití tohoto indikátoru k výše uvedeným účelům je klíčová zejména jeho kvantifikace přímou metodou, která umožňuje rozlišit přírůstky podle jednotlivých druhů materiálů (dřevo, kovy, plasty) a podle typů fyzických zásob (stavby, dopravní infrastruktura, spotřební zboží). Tento cíl přispívá zejména k řešení otázky II.C, dále pak k otázkám II.A a II.B.

IV. Kvantifikaci nejistot spojených s indikátory materiálových toků vypočtených pro Českou republiku

Správnost a přesnost indikátorů jsou základním předpokladem jejich využitelnosti v rozhodovacích procesech. Kvantifikace nejistot indikátorů je prvním krokem k jejich zpřesňování a tím i zvyšování jejich využitelnosti. Tento cíl přímo přispívá k řešení výzkumné otázky II.B.

Indikátory materiálových toků na makroekonomické úrovni a navazující problematika byly dosud vypočítávány a řešeny v rámci projektů výzkumu a vývoje Ministerstva životního prostředí ČR, Grantové agentury Akademie věd ČR a Grantové agentury Univerzity Karlovy,

na kterých se podílel autor této disertační práce jako jeden z hlavních řešitelů. Jednalo se o následující projekty:

Ministerstvo životního prostředí ČR

VaV/310/2/00 „Metodologie hodnocení stavu a predikce životního prostředí formou bilančního hodnocení materiálových (i energetických) toků (zjevných i skrytých)"

VaV/320/2/03 „Analýza materiálových toků na makroekonomické úrovni s aplikací na mikroekonomickou úroveň a využití analýzy při rozpracování indikátorů trvale udržitelného rozvoje"

VaV/1C/7/14/04 „Materiálové toky a udržitelné využití zdrojů"

Grantová agentura akademie věd ČR

205/04/0582 „Hodnocení stavu životního prostředí na základě analýzy materiálových a energetických toků"

Grantová agentura Univerzity Karlovy

239/2003/B-GEO/COZP „Využití indikátorů materiálových toků při vyjadřování rozdvojení křivek zátěže životního prostředí a ekonomického výkonu"

Daná problematika byla dále řešena v rámci řady mezinárodních projektů, na jejichž řešení se podílel také autor této disertační práce. Jednalo se zejména o projekty:

Pátý rámcový program EU pro výzkum a vývoj

EVG3-CT-2002-80007 „Information on sustainable development: Education, economic instruments and indicators"

EVG1-CT-2002-00083 „Modelling opportunities and limits for restructuring Europe towards Sustainability"

Šestý rámcový program EU pro výzkum a vývoj

004059 (GOCE) „Methods and tools for integrated sustainability assessment"

Tato disertační práce navazuje na tyto projekty a dále rozpracovává výsledky, kterých bylo v rámci těchto projektů dosaženo.

3. Použité metody

V disertační práci bylo použito několik základních metod. Jednalo se zejména o literární rešerši, sběr dat, jejich zpracování a výpočet indikátorů materiálových toků, analýzu hodnot a trendů těchto indikátorů a jejich mezinárodní srovnání. Poté byly analyzovány možnosti grafické prezentace oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomické výkonnosti. S použitím statistických metod byly vypočteny nejistoty indikátorů materiálových toků.

3.1. Literární rešerše

Literární rešerše sestávala se studia domácích i zahraničních pramenů dotýkajících se otázek zátěže životního prostředí spojené se spotřebou materiálů, metod kvantifikace této zátěže a vyčíslení relevantních indikátorů, analýzy trendů těchto indikátorů, jejich grafického znázornění a výpočtu nejistot těchto indikátorů. Literární rešerše tak představovala metodický základ pro řešení všech čtyř cílů disertační práce.

3.2. Sběr dat, jejich zpracování a výpočet indikátorů materiálových toků

Sběr dat, jejich zpracování a výpočet indikátorů materiálových toků sestávaly ze sběru dat z různých zdrojů, které zahrnovaly oficiální publikace organizací (Český statistický úřad, Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo zemědělství, Ministerstvo průmyslu a obchodu, Generální ředitelství silnic a dálnic, Česká zemědělská univerzita atd.), jejich databáze a případové studie. Některá data bylo třeba odhadnout nebo vypočítat na základě postupů a koeficientů získaných prostřednictvím literární rešerše. Data, která nebyla primárně získána v hmotnostních jednotkách, bylo nutné v dalším kroku převést na tuny. Na základě metodiky účetnictví a analýzy materiálových toků na makroekonomické úrovni (Eurostat, 2001) byla poté data agregována do indikátorů materiálových toků.

Sběr dat, jejich zpracování a výpočet indikátorů materiálových toků byly uplatněny zejména při řešení prvního a třetího cíle disertační práce.

3.3. Analýza hodnot a trendů indikátorů materiálových toků a jejich mezinárodní srovnání

Získané indikátory materiálových toků byly analyzovány zejména z hlediska trendu jejich vývoje a jejich struktury. Analyzovány byly nejen vlastní indikátory, ale i účty a skupiny materiálů, ze kterých se tyto indikátory skládají. Vývoj indikátorů a jejich složek byl dán do souvislosti s ostatními socio-ekonomickými indikátory (zejména hrubým domácím produktem při vyjadřování materiálové náročnosti a oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomické výkonnosti) a byla identifikována opatření a konkrétní faktory, které ovlivňovaly jejich vývoj (změny struktury ekonomiky, zavádění koncových čistících technologií /*end of pipe technologies*/, plynofikace, zavádění moderních technologií apod.). V neposlední řadě bylo provedeno také mezinárodní srovnání vývoje jednotlivých indikátorů.

Analýza hodnot a trendů a jejich mezinárodní srovnání byly uplatněny zejména při řešení prvního cíle disertační práce, v menší míře však také při řešení druhého cíle (v případě vyjádření oddělení křivek a materiálové náročnosti standardními metodami) a třetího cíle (při srovnávání hodnot indikátoru NAS vypočtených přímou a nepřímou metodou).

3.4. Možnosti grafické prezentace oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomické výkonnosti

V rámci této části řešení disertační práce byly analyzovány možnosti výpočetních a grafických programů pro prezentaci oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomické výkonnosti. Pozornost se soustředila zejména na programy MS Excel, Corel DRAW a Adobe Illustrator. Na základě této analýzy byla navržena nová metoda prezentace oddělení křivek, která umožňuje posouzení příspěvku jednotlivých složek indikátorů materiálových toků k celkovému decouplingu těchto indikátorů. Tato metoda přispěla k řešení druhého cíle disertační práce.

3.5. Výpočet nejistot indikátorů materiálových toků

Na základě analýzy příslušných statistických metod byla navržena metodika pro výpočet nejistot indikátorů materiálových toků. Tato metoda byla uplatněna při řešení čtvrtého cíle disertační práce.

4. Výpočet indikátorů materiálových toků pro Českou republiku pro období 1990-2002, rozbor jejich trendů a mezinárodní srovnání

4.1. Metodický přístup

Indikátory materiálových toků byly vypočteny na základě standardizované metodiky Eurostatu (2001) pro účetnictví a analýzu materiálových toků na makroekonomické úrovni (EW-MFA), která je detailně popsána v této kapitole.

4.1.1. Hranice systému

Objektem EW-MFA je metabolismus ekonomiky, tedy toky mezi ekonomikou, životním prostředím a ostatními ekonomikami. Z tohoto důvodu jsou hranice systému definovány:

- Těžbou primárních materiálů (neopracovaných, původních surovin) z domácího životního prostředí a výstupem materiálů do domácího životního prostředí
- Politickými (administrativními) hranicemi, které určují výměnu materiálů s ostatními zeměmi (fyzické dovozy a vývozy). Přírodní toky do a z geografického území nejsou sledovány

4.1.2. Toky vody a plynů

Toky materiálů se dělí do tří kategorií: voda, plyny a ostatní materiály. Toky vody a vzdušných plynů jsou o řád vyšší než celkové toky ostatních materiálů. Metabolismus průmyslové společnosti tak v průměru tvoří z 85 % voda, z 8 % atmosférické plyny a ze 7 % ostatní materiály (Schandl et al., 1999). Aby voda a plyny zcela nepřevážily, je jejich bilance sledována odděleně (nebo častěji není sledována vůbec) a do systému materiálové bilance je zahrnuta pouze ta část, která je nezbytná pro zachování celkové materiálové rovnováhy (emise do vod a do ovzduší a tzv. vyrovnávací položky).

4.1.3. Terminologie toků

V příručce Eurostatu (2001) jsou pro rozlišení kategorií materiálových toků užity tři rozměry – párová rozlišení toků:

I. Teritoriální dimenze, tedy

domácí doky ↔ toky do/z ostatních zemí

II. Dimenze výrobního řetězce nebo životního cyklu, tedy

přímé toky ↔ nepřímé toky

III. Výrobková dimenze, tedy

užité ↔ *neužité* (pro vstupy)
zpracované ↔ *nezpracované* (pro výstupy)

První dva páry odkazují na toky ve vztahu k ekonomice, pro kterou jsou účty sestavovány. Třetí pár se odvolává na toky obecně.

Domácí toky jsou materiály čerpané nebo vypouštěné na území daného státu. Toky spojené s dovozy a vývozy oproti tomu plynou z ostatních zemí či do nich směřují.

Přímost je spojena s analyzovaným systémem a ve spojení s indikátory znamená, že materiál skutečně fyzicky vstoupí do národní ekonomiky jako vstup. Nepřímé toky do systému fyzicky vstupovat nemusí. Představují vstupy materiálů potřebné pro výrobu produktů, které byly dovezeny.

Užití je spojeno se vstupem do ekonomiky a užitím v procesu výroby a spotřeby. Neužité toky jsou materiály cíleně přenesené v rámci analyzovaného systému, avšak nevyužité pro výrobu zboží a služeb (např. skrývky a odpady při těžbě).

4.1.4. Klasifikace materiálových vstupů, výstupů a zásob

Klasifikace materiálových vstupů

Vstupy z prostředí odpovídají cílené těžbě a ostatním pohybům přírodních materiálů prováděných v důsledku lidské činnosti. Rozlišovány jsou přímé užité vstupy do určité socio-ekonomické jednotky a materiály mobilizované s přímými vstupy, avšak do ekonomiky nevstupující (domácí neužitá těžba, nepřímé toky dovozů a vývozů).

Přímé užité materiálové vstupy jsou všechny pevné, kapalné nebo plynné látky, které vstupují do ekonomiky za účelem užití ve výrobním procesu nebo spotřebě. Voda a ovzduší jsou vyloučeny kromě částí obsažených v materiálech. Přímé užité materiálové vstupy jsou klasifikovány podle jejich původu na domácí užitou těžbu a dovozy.

Domácí užitá těžba (neboli materiálové vstupy domácího původu) jsou členěny do tří skupin:

- Fosilní paliva
- Nerostné suroviny (kovové rudy, minerální suroviny)
- Biomasa

Fosilní paliva jsou započtena jak pro energetické, tak neenergetické užití. V této položce by měly být zahrnuty také rašelina, když je spalována.

Nerostné suroviny jsou rozděleny na kovové rudy a minerální suroviny, které se dále dělí na průmyslové a stavební nerostné suroviny.

V některých případech statistika nevykazuje objem rud, ale obsah kovu pro určité kovy. V případě, že datové zdroje vykazují obsah kovu, původní váha rudy musí být dopočtena prostřednictvím obsahu kovu v daných rudách.

Minerální suroviny jsou lehce rozlišitelné od nerostných surovin pro výrobu kovů (kovové rudy) a pro výrobu energie (fosilní paliva). Jejich rozlišení do subkategorií průmyslové suroviny a stavební suroviny tak jednoznačné není, protože jeden materiál může být použit jak pro průmysl (vápenec pro výrobu hnojiv), tak pro stavebnictví (vápenec použití v stavbách nebo pro výrobu cementu). Pragmatickou cestou je považovat za průmyslové materiály ty, které nejsou materiály pro stavební účely. Pozornost by měla být věnována tomu, aby některé materiály nebyly zahrnuty v těchto položkách duplicitně.

Stavební suroviny jsou materiály využité pro výstavbu inženýrských sití, dopravní infrastruktury a budov. V ukazatelích o těžbě těchto surovin často chybí informace za malé podniky, které provádějí těžbu na nevýhradních ložiskách. To může vést k podhodnocení této položky (zejména co se týče písku, štěrku a drceného kamene).

Při zjišťování velikosti těžby nerostných surovin může dojít k dvojímu započtení vytěžených materiálů (např. celková těžba písku a štěrku může/nemusí zahrnovat písek pro užití v průmyslu nebo množství cihlářské hlíny může/nemusí zahrnovat speciální jíly jako kaolin). Ke kontrole dat je doporučováno srovnat stejná data vykazovaná různými institucemi.

Biomasa je zahrnuta jak v zemědělských a lesnických ročenkách, tak v oficiálních statistikách statistických úřadů. Data o biomase jsou k dispozici také na webové stránce FAO (http://apps.fao.org). Tato položka mimo jiné zahrnuje sběr lesních plodů, lov zvěře a množství biomasy spasené hospodářskými zvířaty. V případě, že nejsou data o množství spasené biomasy přímo k dispozici, je možné 1) odhadnout pastvu na základě stavů hospodářských zvířat, jejich nároků na krmiva a znalosti o množství spotřebovaných krmiv jiných typů (jadrná krmiva) nebo 2) analyzovat výnosy stálých pastvin, které nebyly vykázány jako sklizené (pro ČR jsou výše uvedená data přímo k dispozici ve statistikách zemědělské produkce ČSÚ).

V případě odhadovaných vah produktů (např. biomasa spasená hospodářskými zvířaty), by mělo být vykazované množství z důvodu srovnatelnosti převedeno do vah, které jsou ekvivalentní výrobkům typicky vykazovaným ve statistice. To vyžaduje použít přístup „standardizovaného obsahu vody“. Ten obvykle činí 15 % celkové váhy biomasy (Eurostat, 2001).“ Tento postup je aplikován také na některé ostatní vstupy biomasy, např. sklizeň pícnin a těžbu dřeva.

Dovozy jsou v Eurostatu (2001) klasifikovány podle úrovně zpracování na suroviny, polotovary, konečné výrobky a ostatní výrobky (hrubou klasifikací je dělení na suroviny a výrobky). Ostatní výrobky jsou výrobky bez další charakterizace, většinou výrobky potravinářského průmyslu. Dále jsou dovozy klasifikovány podle hlavních složek jednotlivých komodit, kterými jsou (podobně jako v případě domácí užité těžby) fosilní paliva, kovové rudy, minerální suroviny a biomasa. Tento přístup je jasný u základních materiálů jako koks (zpracované fosilní paliva), železné tyče (zpracované kovové rudy) nebo v případě, kdy je možné identifikovat hlavní materiály, z kterých je výrobek vyroben (např. výrobu osobních aut je možné považovat za produkt zpracování kovů). Skládá-li se však výrobek z velkého množství materiálů, je obtížné stanovit, které použité materiály jsou základní.

Dovozy jsou v národních účtech klasifikovány podle harmonizovaného systému zahraničního obchodu (*harmonised commodity description and coding system, HS*). V Evropské unii je používána kombinovaná nomenklatura zahraničního obchodu (*combined nomenclature, CN*),

která je konzistentní jak s klasifikací HS, tak i s detailnější klasifikací produktů podle aktivit (*classification of products by activities, CPA*). Vztah mezi položkami z HS/CN a CPA je uveden v příručce Eurostatu (2001). Pro účely sestavení EW-MFA Eurostat navrhl klasifikaci výrobků podle hlavních materiálových složek, založenou na komoditní klasifikaci CN. Rozčlenění všech typů dováženého zboží podle této klasifikace umožňuje snadnější přiřazení koeficientů pro odhad nepřímých toků, také však lepší srovnatelnost jednotlivých kategorií dovozů a vývozů dle jejich potenciálního vlivu na životní prostředí. Tato klasifikace tak umožňuje provádět další analýzy materiálových toků.

Omezením statistik zahraničního obchodu je, že vykazují čistou váhu, a ne váhu obalových materiálů, které by měly být do účtů materiálových toků také zahrnuty. Data o obalech mohou být přebrány ze studií analyzujících plnění směrnice EU o obalech a obalových odpadech. Tok obalů se týká z hlediska celkové hmotnosti dovozů pouze malého podílu hmotnosti dovozů. Většinu celkové hmotnosti dovozů tvoří sypké materiály, suroviny a objemné hotové výrobky (např. auta), které nebývají baleny.

Domácí neužitá těžba zahrnuje materiály cíleně vytěžené nebo jiným způsobem přesunuté v rámci hranic systému (území státu), avšak bez úmyslu použít je ve výrobě a spotřebě. Náleží do tří hlavních skupin:

- Neužitá těžba z hlubinné a povrchové těžby (odpady z těžby, skrývky, výkopy důlních děl)
- Neužitá sklizeň biomasy (odřezky při těžbě dřeva, které se dále nevyužívají, odpady při výlovech ryb apod.)
- Zemní výkopy a přesuny kamene, odstraňování naplavenin (např. při výstavbě sídel a výstavbě dopravní infrastruktury)

Ve starších studiích zabývajících se analýzou materiálových toků (Adriaanse et al., 1997) byla do domácí neužité těžby započítávána také eroze zemědělské půdy. Podle metodiky Eurostatu je však eroze zahrnuta pouze ve volitelné doplňkové položce, protože se v jejím případě nejedná o cílené přesunutí materiálů.

Do materiálové rovnováhy je domácí neužitá těžba započtena jak na straně vstupů, tak na straně výstupů, s nulovým čistým efektem na celkovou rovnováhu. V případech neužité domácí těžby musí být zamezeno dvojímu započtení těch materiálů, které mohou být užity pro ekonomické účely (např. jako stavební suroviny) nebo které mohou být započteny v materiálovém výstupu ve formě skládkovaného odpadu. Z tohoto důvodu je nutné z celkového množství skládkovaného odpadu odečíst zeminu z výkopových stavebních prací, je-li jeho součástí. Položka „domácí neužitá těžba“ představuje ve většině zkoumaných případů veličinu stejného řádu jako přímý materiálový vstup.

Nepřímé toky v EW-MFA jsou vždy protisměrnými a vstupními materiálovými toky. O vstupní toky se jedná i tehdy, jsou-li svázány s vývozy, které jsou samy o sobě výstupními toky. Protisměrnost znamená, že za sebou dovozy zboží zanechaly ve vyvážející zemi zátěž, kterou představují materiálové toky potřebné na výrobu těchto dovozů. V EW-MFA jsou nepřímé toky rozděleny na dvě složky:

- Nepřímé toky vyjádřené pomocí surovinových ekvivalentů (*raw material equivalents, RME*) dovážených nebo vyvážených výrobků bez hmotnosti těchto výrobků. Surovinové ekvivalenty představují užitou těžbu, která byla potřebná k výrobě těchto výrobků

- Nepřímé toky neužité těžby spojené s RME

Při výpočtu nepřímých toků se v ideálním případě nejprve sestaví RME, který představuje „vektor surovin potřebných pro dopravu dováženého zboží na hranici dovážející/vyvážející země“ (Eurostat, 2001), ve druhém kroku je vypočtena neužitá těžba spojená s RME.

RME dovážených/vyvážených surovin a některých polotovarů se mohou lišit od váhy samotných dovozů pouze marginálně. Tyto rozdíly mohou být spojeny například s použitými palivy při těžbě a dopravě surovin na hranici. Propočet nepřímých toků těchto produktů je zjednodušen na přímý odhad neužité těžby spojené s příslušnými dováženými materiály.

Některé nepřímé toky spojené s vývozy mohou obsahovat nepřímé toky produktů, které byly předtím dovezeny (obdobné platí i pro samotné vývozy). Tento případ je spojen s tzv. „Rotterdamským efektem“, kdy je značná část dovozů přímo převážena do ostatních zemí. Přímé tranzity se doporučují vykazovat v samostatné kategorii dovozů/vývozů a nezahrnovat do indikátorů materiálových toků.

Odhad nepřímých toků pomocí RME je velmi náročný na dostupnost dat a nebývá obvykle prováděn. Nepřímé toky spojené s dovozy a vývozy jsou zpravidla vypočítávány na základě koeficientů vyjadřujících celkový objem nepřímých toků na jednotku dovozů/vývozů (tedy sumu RME a neužité těžby, která je s nimi spojená). Tyto koeficienty jsou získávány na základě LCA studií. V případě České republiky byly nepřímé toky dovozů a vývozů odhadnuty na základě těchto koeficientů převzatých z různých zahraničních zdrojů.

Klasifikace materiálových výstupů

Výstupy do prostředí jsou charakterizované ztrátou kontroly nad umístěním a složením materiálů. Materiálové výstupy z ekonomiky se dělí na zpracované výstupy, které zahrnují **výstupy do životního prostředí** směřující do domácího životního prostředí a **vývozy,** které směřují do ostatních socio-ekonomických jednotek. Se zpracovanými výstupy do životního prostředí jsou dále spojeny **nezpracované výstupy**.

Výstupy do životního prostředí jsou definovány jako celkové materiálové toky vstupující do domácího životního prostředí během nebo po výrobním procesu nebo během spotřeby. Tyto toky se dělí na:
- Toky emisí a odpadů
- Rozptýlené toky

Toky emisí a odpadů zahrnují skládkované odpady, emise do ovzduší a emise do vod.

Do kategorie sládkovaných odpadů patří pouze odpady skutečně skládkované, další emise (jako metan ze skládek) se již do výstupu nezahrnuje. V případě spalovaného odpadu se do výstupu započítají emise do ovzduší a skládkovaný popel. Od sládkovaných odpadů by měly být odečteny skládkované materiály, které jsou vykazovány v kategorii domácí neužitá těžba.

Emise do ovzduší zahrnují zejména emise těchto látek:

- CO_2
- SO_2
- NO_X (jako NO_2)

- VOC, kromě NMVOC z emisí při užití rozpouštědel a CH_4 ze skládek
- CO
- Tuhé znečišťující částice
- N_2O, kromě N ze zemědělství a skládek a N_2O při užití výrobků
- NH_3, kromě množství spojeného s užitím hnojiv
- CFC a halony

Data o emisích do ovzduší jsou zpravidla dostupná v národních inventurách skleníkových plynů a národních emisních databázích.

V případě emisí do vod by měl být započten hmotnostní obsah těchto emisí ve vypouštěných odpadních vodách. Tato data jsou často nekompletní, ve většině případů však existují data pro emise dusíku (N), fosforu (P) a chlóru (Cl), biochemickou spotřebu kyslíku (BSK), chemickou spotřebu kyslíku (CHSK) a některé toxické látky. Tato data mohou poskytnout odhad pro celkové materiálové toky plynoucí do vodního prostředí.

Rozptýlené toky jsou definovány jako množství materiálů, které byly rozptýleny do životního prostředí jako zamýšlený nebo současnými technologiemi neodvratitelný následek užití produktů. Rozptýlené toky se dělí na:

- Rozptýlené užití produktů, například minerálních hnojiv, statkových hnojiv, kompostů a čistírenských kalů aplikovaných na půdu, posypových materiálů rozptylovaných na silnicích, sadby a osiva a emise spojené s užitím rozpouštědel
- Rozptýlené ztráty materiálů, například opotřebení gum pneumatik, opotřebení materiálů při tření (brzdění), obrušování silnic, koroze, úniky látek při těžbě a transportu (zemní plyn) nebo haváriích (chemikálie)

Data týkající se rozptýleného užití výrobků jsou většinou k dispozici, zejména pro hnojiva, pesticidy a posypové materiály. Data pro rozptýlené ztráty nejsou obecně dostupná. Opotřebení a poškození pneumatik může být odhadnuto, mnohem více toků je však spojeno s korozí a opotřebením infrastruktury, které mohou být odhadnuty velmi těžko. V EW-MFA pro Českou republiku byly odhadnuty pouze ztráty spojené s opotřebením pneumatik.

Pro toky emisí, odpadů a rozptýlených toků mohou být identifikována vstupní místa (*gateways*), kterými do prostředí tyto toky vstupují. Vstupními místy mohou být ovzduší, voda nebo půda.

Vývozy jsou klasifikovány obdobným způsobem jako dovozy.

Nezpracované výstupy představují uloženou domácí neužitou těžbu (rovnou domácí neužité těžbě na straně vstupů).

Klasifikace zásob a změn zásob

Zásoby v EW-MFA představují zejména člověkem vytvořená fixní aktiva, a jsou klasifikovány do kategorií infrastruktura a budovy a ostatní zásoby (stroje, dopravní prostředky, zboží dlouhodobé spotřeby apod.). Zboží dlouhodobé spotřeby (*durable goods*) nakoupené domácnostmi pro konečnou spotřebu není v národních účtech za fixní aktiva považováno, avšak do EW-MFA by mělo být zahrnuto. Položka infrastruktura a budovy

představuje obvykle největší položku akumulace zásob, minimálně 90 % celkové fyzické zásoby vyjádřené v tunách.

Zásoby a změny zásob kategorií lidská těla a hospodářská zvířata by mohly být v principu do EW-MFA zahrnuty také. Hodnota těchto zásob je však malá ve srovnání s ostatními zásobami a jejich změny v čase jsou minimální. V praxi mohou být tyto zásoby a jejich změny ignorovány, zejména pokud není důkaz, že se velice rychle mění.

Zda bude na některé specifické materiálové zásoby nahlíženo jako na součást ekonomiky nebo životního prostředí, musí být rozhodnuto arbitrárně sestavovatelem EW-MFA. Za takovéto specifické materiálové zásoby bývají označovány kontrolované skládky, obhospodařovaný les a zemědělské plodiny. Pokud kontrolované skládky budou nahlíženy jako součást ekonomiky, do výstupu by neměly být zahrnuty skládkované odpady, ale emise ze skládek. V případě obhospodařovaného lesa a zemědělských plodin by na straně vstupu nebyla zahrnuta sklizená biomasa, ale živiny odebrané stromy a zemědělskými plodinami. Zahrnutí uvedených položek do socio-ekonomického systému by bylo velmi náročné na datové zdroje a pravděpodobně by mělo pouze malý vliv na celkovou hodnotu výsledných indikátorů. V EW-MFA pro Českou republiku nejsou výše uvedené kategorie považovány za zásoby v rámci systému, podobně jako v případě většiny ostatních praktických aplikací EW-MFA sestavených pro další ekonomiky.

Změny zásob jsou výsledkem hrubých přírůstků a úbytků materiálů v rámci ekonomické soustavy během účetního období. Pro kategorii infrastruktura a budovy představují hrubé přírůstky zásob stavební materiály pro novou výstavbu a rekonstrukce, úbytky odpady ze stavebních prací a demolicí (a rozptýlené ztráty ve formě opotřebení a obrušování infrastruktury a budov). Pro kategorii ostatní zásoby hrubé přírůstky představují nové dopravní prostředky, stroje a zboží dlouhodobé spotřeby, úbytky vraky aut, vyřazené stroje a vysloužilé spotřební zboží. Recyklovaný odpad z demolic využitý pro další výstavbu by měl být zahrnut jak na straně hrubých přírůstků, tak úbytků, aniž by byly ovlivněny čisté změny zásob.

Čistý přírůstek zásob (*net addition to stock, NAS*) může být propočten:

- Přímo jako hrubé přírůstky jednotlivých kategorií materiálových zásob mínus úbytky z těchto zásob
- Odvozen nepřímo z materiálové bilance celého systému jako rozdíl (reziduum) mezi celkovými vstupními a celkovými výstupními materiálovými toky

Problémem druhého postupu jsou nejistoty spojené s propočty vstupů a výstupů (zejména vyrovnávacích položek). I kdyby se odhlédlo od tohoto problému, samotné reziduum není nijak zvlášť užitečnou informací bez znalosti hlavních materiálových složek a hlavních činností vyvolávajících změny zásob.

Klasifikace vyrovnávacích položek

Vyrovnávací položky obsahují toky materiálů, které se podílejí na transformaci vstupů na výstupy. Jejich zavedení přispívá k dosažení materiálové rovnováhy zkoumaného socio-ekonomického systému a umožňuje výpočet indikátoru NAS nepřímou metodou jako rozdíl mezi celkovými vstupními a celkovými výstupními materiálovými toky. V případě EW-MFA pro Českou republiku byly kromě vyrovnávacích položek doporučovaných Eurostatem (2001) zavedeny položky, které obsahují na straně vstupu množství tekutin vypité obyvateli

(umenšené o množství dovezených nápojů, aby se zabránilo dvojitému započítání), množství vody vypité hospodářskými zvířaty a vodu obsaženou ve vyvážených nápojích. Na straně výstupu byly přidány vyrovnávací položky, které obsahují vodu uvolněnou prostřednictvím močení (lidé i hospodářská zvířata) a vodu obsaženou v dovážených nápojích. Díky tomuto rozšíření se celková bilance více přiblížila ke skutečné rovnováze vstupů a výstupů. V souhrnu tedy EW-MFA pro Českou republiku obsahuje tyto vyrovnávací položky:

Vstupní strana
- Spotřeba O_2 a tekutin pro lidský metabolismus
- Spotřeba O_2 a vody pro dobytčí metabolismus
- Spotřeba N_2 pro výrobu dusíkatých hnojiv
- Spotřeba O_2 a N_2 pro spalovací procesy
- Spotřeba O_2 na oxidaci rozpouštědel
- Voda obsažená ve vyvážených nápojích

Výstupní strana
- CO_2, pocení a moč uvolněné v důsledku lidského metabolismu
- CO_2 a močůvka uvolněné v důsledku dobytčího metabolismu
- Vodní pára (z vlhkosti a oxidace H_2) uvolněná při spalování

4.1.5. Indikátory EW-MFA

Na základě EW-MFA je sestavována řada agregovaných indikátorů udržitelného rozvoje (viz. kapitola 1.3.1). Při jejich výpočtu nejsou s výjimkou indikátoru NAS započítávány vyrovnávací položky.

4.2. Datové zdroje

4.2.1. Domácí užitá těžba

Fosilní paliva, rudy, minerální suroviny

Údaje o těžbě fosilních paliv a nerostných surovin byly získány z ročenek *Surovinové zdroje České republiky – nerostné suroviny*, které na základě svých databází vydává Česká geologická služba – Geofond ČR (Česká geologická služba – Geofond, 1995, 2000-2004) (údaje do těchto databází jsou získávány na základě výkazů Geo(MŽP)V3-01 a Hor (MPO) 1-01). Data o těžbě neželezných rud jsou v této ročence vykazovány v čistém kovu. Údaje o celkové těžbě rud byly proto získány od pracovníků Geofondu přímo z těchto databází. Údaje o těžbě na nevýhradních ložiskách byly za roky 1999-2002 převzaty ze zmiňovaných ročenek, údaje za roky 1990-1998 byly získány na základě kvalifikovaného odhadu pracovníků České geologické služby – Geofondu ČR, podle kterého těžba na nevýhradních ložiskách rostla zhruba o 10 % ročně.

Zemědělské plodiny, spasená biomasa

Údaje o sklizni zemědělských plodin byly převzaty z ročenek Českého statistického úřadu *Hrubá zemědělská produkce v České republice* (ČSÚ, 1991-2004) a *Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin* (ČSÚ, 1994-2004a) (zdroj dat – výkaz Zem 6-01). V těchto publikacích byly vyhledány také údaje o biomase spasené hospodářskými zvířaty, která je zde vykazována dohromady s pící.

Těžba dřeva, lesní plody, ryby, lov zvěře

Údaje o těžbě dřeva byly převzaty z ročenek Českého statistického úřadu *Lesnictví a myslivost* (zdroj dat – výkaz Les (MZe) 1-01). Údaje o sběru lesních plodin za roky 1994-2002 byly získány od Lesnické fakulty České zemědělské univerzity, údaje za roky 1990-1993 byly odhadnuty na základě trendu vývoje sběru lesních plodin za roky v letech 1994-2002. Údaje o množství vyprodukovaného medu a vosku byly převzaty z ročenky *Hrubá zemědělská produkce v České republice* (ČSÚ, 1991-2004) a ze *Statistické ročenky České republiky* (ČSÚ, 1994-2004) (zdroje dat – evidence Svazu včelařů. Údaje o lovu zvěře byly získány z ročenek *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky* (MZe, 1999-2002) a od Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti (zdroj dat – výkaz Mysl (MZe) 1-01).

4.2.2. Dovozy a vývozy

Údaje o velikosti dovozu a vývozu podle kódů harmonizovaného systému byly za roky 1993-2002 převzaty z webových stránek Generální ředitelství cel ČR (*http://dw.czso.cz/pls/stazo/stazo.stazo*) (v současnosti tuto stránku provozuje Český statistický úřad). Převzaté údaje byly ve váze čerstvé hmoty zboží – pro odhad dovozu obalových materiálů byly pro kategorie dovozu „hotové produkty“ a „ostatní produkty“ použity koeficienty ze studie Brahmse et al. (1989). Protože kategorie dovozu suroviny a polotovary nejsou zpravidla balené, nebyl dovoz obalových materiálů v jejich případě kalkulován. Údaje o velikosti dovozu v letech 1990-1992 poskytlo Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR. Tato data byla zatížena chybou související s rozdělením bývalého Československa. V případě některých kategorií harmonizovaného systému se data ve srovnání s lety 1993-2002 lišila o celé řády. Tyto rozdíly byly odstraněny, aby byly získány spojité časové řady.

4.2.3. Domácí neužitá těžba

Domácí neužitá těžba spojená s těžbou dřeva

Údaje o domácí neužité těžbě spojené s těžbou dřeva byly získány od České zemědělské univerzity v Praze (Pulkráb, Šišák, 2001). Tyto údaje zahrnují data o množství nehroubí (větve a kmeny a průměru menším než 7 cm), které vzniká jako odpad při těžbě dřeva.

Skrývky, ražení důlních děl, ztráty z těžby

Údaje o skrývkách nerostných surovin kromě hnědého uhlí byly pro roky 1999-2002 převzaty z databází České geologické služby – Geofondu ČR. Data o těžbě skrývek hnědého uhlí

v letech 1993-2002 a hmotnosti materiálu z vyražených podzemních důlních děl v letech 1990-2002 poskytl Český báňský úřad. Údaje o těžbě skrývek v ostatních letech byly odhadnuty na základě těžby v těchto letech a poměru těžby a velikosti skrývek v letech 1999 a 2000. Údaje o ztrátách při těžbě byly získány z databází České geologické služby – Geofondu ČR. Tyto údaje za roky 1990-1992 obsahovaly v případě jednotlivých surovin také odpisy – tato data byla očištěna na základě průměrné velikosti odpisů v letech 1993-2000 a velikosti těžby v letech 1990-2000 (zdroje dat – výkaz Hor (MPO) 1-01, výkaz Geo(MŽP)V3-01).

Domácí neužitá těžba ze stavebnictví

Údaje o velikosti domácí neužité těžby pocházející ze stavebnictví byly za roky 1998-2002 převzaty z Informačního systému o odpadech ISOH2 provozovaného Výzkumným ústavem vodohospodářským T.G.M (http://ceho.vuv.cz/). Za domácí neužitou těžbu byla považována skupina odpadů podle Katalogu odpadů „Stavební a demoliční odpady“, přesněji její podskupina „Zemina vytěžená“ (roky 1998-2001), respektive podskupiny „Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03“ a „Vytěžená hlušina neuvedená pod číslem 17 05 05“ (rok 2002).[1] Údaje pro roky 1990-1997 byly odhadnuty na základě průměrné domácí neužité těžby za roky 1998-1999 a objemu stavebních prací stavebních podniků v letech 1990-1999 vyjádřených ve stálých cenách za předpokladu kladné korelace. Údaje za roky 1997 z databáze ISOH2 a roky 1994-1997 z databáze ISOH1 nebyly použity, protože v databázi ISOH1 byly odpady klasifikovány jiným způsobem než v databázi ISOH2.

Domácí neužitá těžba z výstavby dopravní infrastruktury

Údaje o domácí neužité těžbě pocházející z výstavby dálnic a silnic byly získány na Generálním ředitelství silnic a dálnic. Údaje o velikosti domácí neužité těžby z výstavby železnic (budování 1. a 2. tranzitního koridoru) poskytly České dráhy s.o.

4.2.4. Nepřímé toky spojené s dovozem a vývozem

Nepřímé toky spojené s dovozem a vývozem byly odhadnuty na základě koeficientů, které vyjadřovaly velikost nepřímých toků na tunu dovezené/vyvezené komodity. Koeficienty byly přebrány z řady zahraničních zdrojů (např. Schütz, 1999; Bringezu a Schütz, 2001ab; Hofstetter, 1993; Douglas a Lawson, 1997; Adriaanse et al., 1997; Rohn et al., 1995; http://www.wupperinst.org/en/projects/topics_online/mips/index.html).

4.2.5. Toky emisí a odpadů

Skládkované odpady

Údaje o množství skládkovaných odpadů byly převzaty z databází ISOH1 (1994-1997) a ISOH2 (1997-2002). Od těchto odpadů byly odečteny kategorie vykazované v rámci domácí neužité těžby (Stavební a demoliční odpady a jejich příslušné podskupiny). Množství skládkovaných odpadů v letech 1990-1993 bylo za předpokladu kladné korelace odhadnuto na základě objemu skládkovaných odpadů v letech 1994-1999 a indexu průmyslové produkce v letech 1990-1999.

[1]V roce 2002 došlo ke změně Katalogu odpadů, proto se odpovídající podskupiny pro roky 2001 a 2002 liší

Emise do vody

V případě emisí do vody byly využity údaje poskytnuté Výzkumným ústavem vodohospodářským T.G.M.

Emise do ovzduší

Emise neskleníkových plynů a tuhých látek byly převzaty z databází REZZO a z hlášení České republiky pro smlouvu CLRTAP (*Convention on long-range transboundary air pollution*) poskytnutých Českým hydrometeorologickým ústavem. Emise skleníkových plynů byly převzaty z publikací *Inventarizace emisí skleníkových plynů v České republice*, kterou vydává Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ, 1996-2004). Do emisí skleníkových i neskleníkových plynů nebyly započteny fugitivní emise z energetiky (IPCC kategorie 1B), emise s užití rozpouštědel (IPCC kategorie 3), emise z nakládání s chlévskou mrvou (IPCC kategorie 4B), emise ze zemědělských půd (IPCC kategorie 4D), emise ze změny využití území (IPCC kategorie 5) a emise s nakládání s odpady (IPCC kategorie 6A). Emise z užití rozpouštědel jsou započítávány v rámci rozptýleného užití výrobků a ostatní kategorie jsou buď započítávány jiným způsobem (např. emise z odpadů jako odpady nebo emise z nakládání s chlévskou mrvou jako chlévská mrva), nebo nad nimi lidská společnost nikdy nemá kontrolu (např. fugitivní emise), a proto nejsou do EW-MFA započítávány. Data o freonech poskytlo Ministerstvo životního prostředí ČR. Protože emise z freonů nejsou v ČR k dispozici, byly tyto údaje ztotožněny s roční spotřebou freonů a halonů zahrnující jejich výrobu a dovoz umenšenou o vývoz. Skutečné emise CFC jsou však vyšší.

4.2.6. Rozptýlené toky

Průmyslová hnojiva

Údaje o spotřebě minerálních a vápenatých hnojiv byly převzaty ze Statistické ročenky životního prostředí České republiky (MŽP, 2002, 2003a). V případě minerálních hnojiv, která jsou uváděna ve spotřebě čistých živin na hektar, byla celková spotřeba vypočtena na základě rozlohy ČR a koeficientů, které udávají průměrný hmotnostní podíl čistých živin na celkové hmotnosti hnojiva (Adriaanse et al., 1997).

Chlévská mrva

Protože nejsou sledovány údaje o spotřebě chlévské mrvy, byly použity údaje o její celkové produkci. Tato data byla převzata z publikace *Hrubá zemědělská produkce v České republice* (ČSÚ, 1991-2004).

Pesticidy

Údaje o spotřebě pesticidů byly získány ze Statistické ročenky životního prostředí České republiky (MŽP, 2002a, 2003a).

Osiva

Množství spotřebované sadby a osiva bylo kalkulováno na základě osevních ploch plodin a průměrné spotřeby osiva jednotlivých plodin na hektar, kterou poskytl Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky.

Komposty

Spotřeba kompostů se u nás přímo nesleduje, a proto byly použity údaje o množství kompostovaného odpadu (roky1994-2001), respektive odpadu, který je aplikován do půdy a jehož aplikace je přínosem pro zemědělství nebo zlepšuje ekologii (2002)[2]. Tato data byla z databází ISOH. Množství kompostovaných odpadů v letech 1990-1993 bylo odhadnuto na základě trendu vývoje kompostovaných odpadů v letech 1994-2002.

Vodárenské kaly

Množství vodárenských kalů použitých v zemědělství bylo vypočteno na základě dat z databáze ISOH2. Pro roky 1994-2001 se jednalo o skupiny odpadů „Stabilizovaný kal z komunálních a podobných čistíren odpadních vod“ a „Stabilizovaný kal z čištění komunálních odpadních vod“, pro rok 2002 o kaly z ČOV předané k použití na zemědělské půdě. Zatímco data pro rok 2002 byla použita jako taková, údaje za roky 1994-2001 byly po konzultaci s odborníky z Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G.M sníženy na úroveň odpovídající jejich pravděpodobnému využití v zemědělství. Množství vodárenských kalů použitých v zemědělství v letech 1990-1993 bylo odhadnuto na základě trendu vývoje této kategorie v letech 1994-2002.

Posypové materiály

Údaje o spotřebě posypových materiálů na dálnicích, silnicích pro motorová vozidla a silnících I.-III. třídy poskytlo Ředitelství silnic a dálnic ČR. Spotřeba posypových materiálů na místních komunikacích byla za předpokladu kladné korelace odhadnuta na základě délky silnic I.-III. třídy, délky místních komunikací a spotřeby posypových materiálů na silnicích I.-III. třídy.

Písek, oděr pneumatik

Odhad spotřeby písku při provozu lokomotiv (jako média zvyšujícího tření) poskytly České dráhy s.o. Údaje o oděru pneumatik v osobní dopravě byly pro roky 1990-2000 odhadnuty na základě počtu ujetých vozo-kilometrů (zdroj dat: Centrum dopravního výzkumu pro roky 1995-2000, roky 1990-1994 odhadnuty pomocí lineární regrese) a předpokladu, že průměrný oděr z jedné pneumatiky za jízdy činí 0,03 g/km (Knoflacher a Macoun, 1989). Od roku 2001 jsou údaje o oděru pneumatik v osobní dopravě vykazovány v rámci emisí tuhých látek (zdroj dat – viz. emise do ovzduší).

[2] V roce 2002 došlo ke změně Katalogu odpadů, proto se odpovídající podskupiny pro roky 2001 a 2002 liší

Emise z užití rozpouštědel

Emise z užití rozpouštědel byly ztotožněny s emisemi uváděnými v IPCC kategorii 3 „Solvents and Other Product Use“. Tato data byla převzata z publikací *Inventarizace emisí skleníkových plynů v České republice* (ČHMÚ, 1996-2004), kterou vydává Český hydrometeorologický ústav.

4.2.7. Vstupní vyvažovací položky

Spotřeba O_2 a tekutin pro lidský metabolismus

Roční spotřeba O_2 na rozklad zkonzumovaných potravin byla zjištěna na základě průměrného množství zkonzumovaných potravin a tekutin na osobu, počtu obyvatel (ČSÚ, 1995-2004) a koeficientu 0,283, který vyjadřuje poměr mezi hmotnostním množstvím zkonzumované potravy a hmotností O_2, potřebného na její spálení (Schütz, 1999). Celková spotřeba tekutin byla vypočtena na základě počtu obyvatel a průměrného příjmu tekutin na osobu a na den. Bylo uvažováno, že 1 l tekutiny má hmotnost 1 kg (Sikačová et al., 2000).

Spotřeba O_2 a vody pro dobytčí metabolismus

Spotřeba O_2 hospodářským zvířectvem byla vypočtena na základě stavu hospodářských zvířat v České republice v jednotlivých letech (ročenky Českého statistického úřadu *Soupis hospodářských zvířat*, /ČSÚ, 1994-2004b/) a koeficientů vyjadřujících spotřebu O_2 na jeden kus dobytka za rok. Při zjišťování množství vody vypité dobytkem se postupovalo obdobně (Schütz, 1999).

Množství dusíku spotřebovaného na výrobu dusíkatých hnojiv

Množství dusíku spotřebovaného na výrobu dusíkatých hnojiv bylo vypočteno na základě množství vyrobených dusíkatých hnojiv (zdroj dat: Ministerstvo zemědělství ČR) a koeficientů, které udávají průměrný hmotnostní podíl dusíku na celkové hmotnosti dusíkatých hnojiv (Adriaanse et al., 1997).

Spotřeba O_2 na spalování paliv

Spotřeba O_2 na spalování paliv byla vypočtena na základě stechiometrie z emisí SO_2, NO_2, CO, CO_2 a N_2O. Byly uvažovány emise ze zemědělství, energetiky, dopravy, domácností, stavebnictví a ostatní emise. Emise z průmyslových procesů nebyly do těchto výpočtů zahrnuty, protože v řadě případů vznikají z rozkladu surovin a kyslík, který je v nich obsažený, není vzdušného původu. Od kyslíku vypočteného z emisí bylo odečteno množství kyslíku obsažené přímo v palivech. To bylo odvozeno pomocí údajů o chemickém složení paliv, které poskytla firma CityPlan, spol. s r.o. a množství spálených paliv, které bylo na základě údajů Českého statistického úřadu zjištěno ve spolupráci s firmou KONEKO marketing, spol. s r.o.

Spotřeba O_2 na oxidaci H_2, obsaženého v palivech

Spotřeba O_2 na oxidaci H_2, obsaženého v palivech, byla vypočtena na základě stechiometrie a obsahu H_2 ve spálených palivech (zdroj dat: CityPlan, spol. s r.o., KONEKO marketing, spol. s r.o.). Při stechiometrických výpočtech byla uvažována oxidace H_2 na H_2O.

Spotřeba O_2 na oxidaci rozpouštědel, spotřeba N_2 na emise NO_x

Obdobným způsobem a s využitím obdobných dat bylo vypočteno také množství O_2 potřebné na oxidaci rozpouštědel a množství N_2 spotřebované na vznik emisí NO_x. V případě emisí N_2O nebyl N_2 kalkulován, protože se v řadě případů nejedná o vzdušný dusík.

Množství vyvezených nápojů

Údaje o množství vyvezených nápojů byly získány ze stejných zdrojů a stejným způsobem jako v případě celkového dovozu a vývozu.

4.2.8. Výstupní vyvažovací položky

CO_2, pocení a moč uvolněné v důsledku lidského metabolismu

Roční množství CO_2 uvolněného v důsledku rozkladu zkonzumovaných potravin bylo zjištěno na základě průměrného množství zkonzumovaných potravin a tekutin na osobu, počtu obyvatel (ČSÚ, 1995-2004) a koeficientu 0,338, který vyjadřuje poměr mezi hmotnostním množstvím zkonzumované potravy a hmotností CO_2, uvolněného v důsledku jejího rozkladu (Schütz, 1999). Množství tekutin uvolněných prostřednictvím pocení a moči bylo vypočteno s využitím modelu, který popisuje vstupní a výstupní položky lidského metabolismu a jejich vzájemné poměry (Moll, 1996). Za vstupy bylo vzato množství zkonzumovaných potravin a tekutin na osobu a na rok.

CO_2 a močůvka uvolněné v důsledku dobytčího metabolismu

Údaje o spotřebě O_2 hospodářským zvířectvem byly vypočteny na základě stavu hospodářských zvířat v České republice v jednotlivých letech (ročenky Českého statistického úřadu *Soupis hospodářských zvířat* /ČSÚ, 1994-2004b/) a koeficientů vyjadřujících spotřebu O_2 na jeden kus dobytka za rok (Schütz, 1999). Údaje o množství vyprodukované močůvky byly převzaty z ročenek Českého statistického úřadu *Hrubá zemědělská produkce v České republice*. Bylo uvažováno, že 1 l močůvky váží 1 kg.

Vodní pára (z vlhkosti a oxidace H_2) uvolněná při spalování

Množství vodní páry uvolněné při spalování paliv bylo zjištěno na základě údajů o vlhkosti paliv. V případě vodní páry pocházející z oxidace H_2 bylo toto množství zjištěno stechiometricky na základě obsahu vodíku ve spálených palivech (zdroj dat: CityPlan, spol. s r.o., KONEKO marketing, spol. s r.o.).

4.3. Výsledky

Nedílnou součástí této disertační práce jsou články publikované v mezinárodních recenzovaných časopisech, které jsou uvedeny v přílohách 1-4. Podrobné výsledky k tomuto bodu řešení a jejich diskuse jsou uvedeny zejména v článcích *Material flow accounts, balances and derived indicators for the Czech Republic during the 1990s: Results and recommendations for methodological improvements* (Ščasný et al., 2003) (Příloha 1) a *Economy-wide material flow indicators in the Czech Republic: trends, decoupling analysis and uncertainties* (Kovanda et al., in press) (Příloha 3). Autor této disertační práce se zásadní měrou podílel na výpočtu daných indikátorů a na analýze jejich trendů i vlastním sepsáním uvedených článků. Tato kapitola se omezuje na stručné shrnutí kvantitativních výsledků řešení prvního cíle disertační práce. Shrnutí diskuse a závěrů řešení je uvedeno v kapitole 8.

Tabulky 2 a 3 a graf 1 uvádí kvantifikaci jednotlivých indikátorů materiálových toků pro Českou republiku v letech 1990-2002.

Indikátor/Rok	DMI	DMC	TMR	TMC	DPO	TDO	NAS[3]
1990	328969	299603	1059055	950912	220237	831612	162634
1991	251112	228669	808552	720336	201104	708447	104090
1992	236829	204666	759828	652722	184565	650573	90675
1993	238219	202048	754434	613613	175085	596246	92969
1994	228271	181843	727456	560531	166870	578297	81997
1995	235735	190916	733371	570826	168888	561127	85807
1996	247696	206055	742227	589334	177161	559323	92441
1997	246658	206160	741025	585847	174027	557076	98732
1998	230982	190489	721172	579748	161838	535779	90726
1999	218866	177560	670491	526960	150560	474735	86003
2000	228362	185494	678239	513468	159468	483341	88156
2001	229865	187452	696472	535933	158594	487996	89928
2002	220307	175867	667179	465806	151710	465540	85986

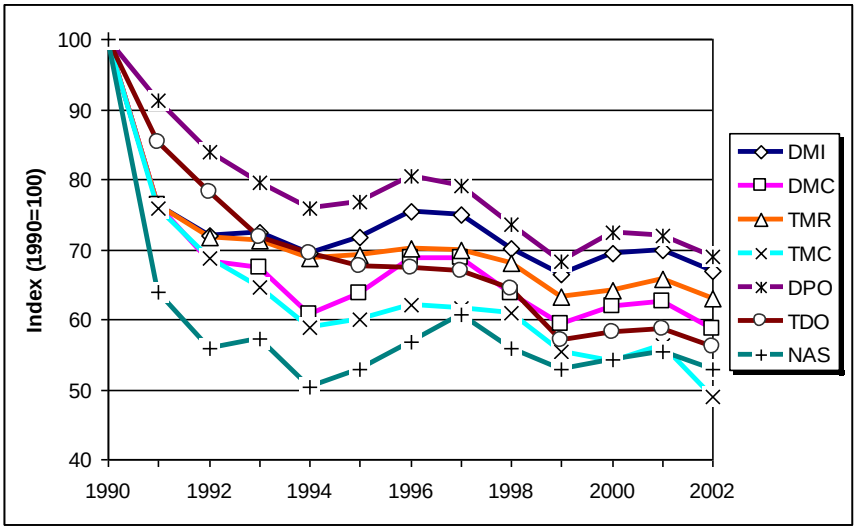
Tabulka 2: Indikátory materiálových toků na makroekonomické úrovni (tis. tun), Česká republika, 1990-2002

Indikátor/Rok	DMI	DMC	TMR	TMC	DPO	TDO	NAS[6]
1990	31,7	28,9	102,2	91,8	21,3	80,3	15,7
1991	24,4	22,2	78,4	69,9	19,5	68,7	10,1
1992	23,0	19,8	73,6	63,3	17,9	63,1	8,8
1993	23,1	19,6	73,0	59,4	16,9	57,7	9,0
1994	22,1	17,6	70,4	54,2	16,1	55,9	7,9
1995	22,8	18,5	71,0	55,3	16,3	54,3	8,3
1996	24,0	20,0	72,0	57,1	17,2	54,2	9,0
1997	23,9	20,0	71,9	56,9	16,9	54,1	9,6
1998	22,4	18,5	70,1	56,3	15,7	52,0	8,8
1999	21,3	17,3	65,2	51,2	14,6	46,2	8,4

[3] Výpočet nepřímou metodou

2000	22,2	18,1	66,0	50,0	15,5	47,1	8,6
2001	22,5	18,3	68,1	52,4	15,5	47,7	8,8
2002	21,6	17,2	65,4	45,7	14,9	45,6	8,4

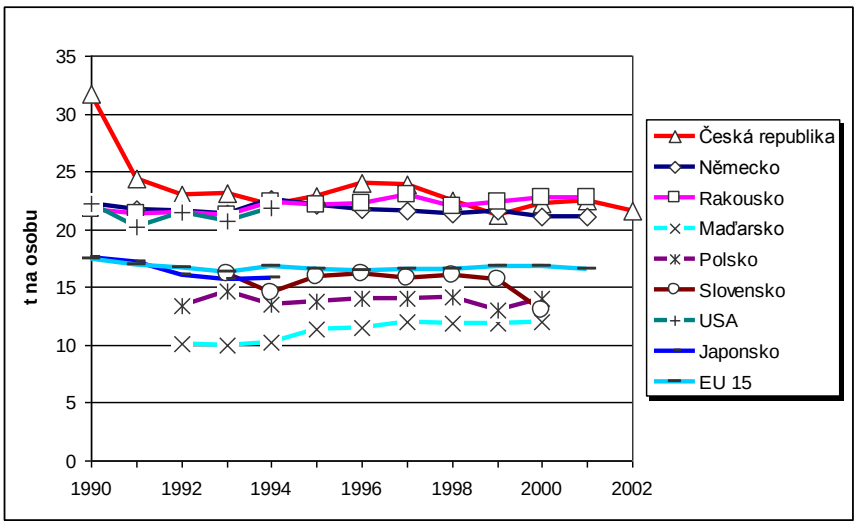
Tabulka 3: Indikátory materiálových toků na makroekonomické úrovni (tuny na osobu), Česká republika, 1990-2002



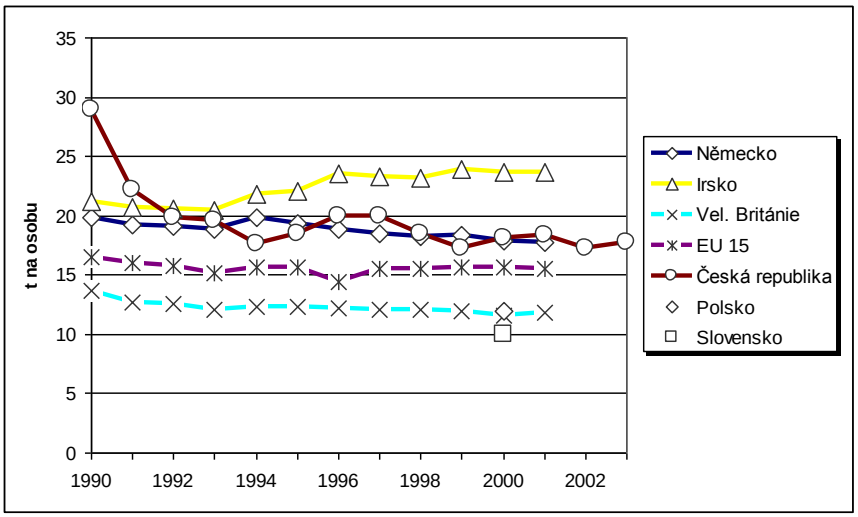
Graf 1: Indikátory materiálových toků na makroekonomické úrovni (index), Česká republika, 1990-2002

Za celé sledované období zaznamenaly všechny indikátory materiálových toků výrazný pokles. V případě absolutních hodnot se jednalo o pokles o 31,1 % (indikátor DPO) až 51 % (indikátor TMC), v případě hodnot na osobu byl pokles obdobný.

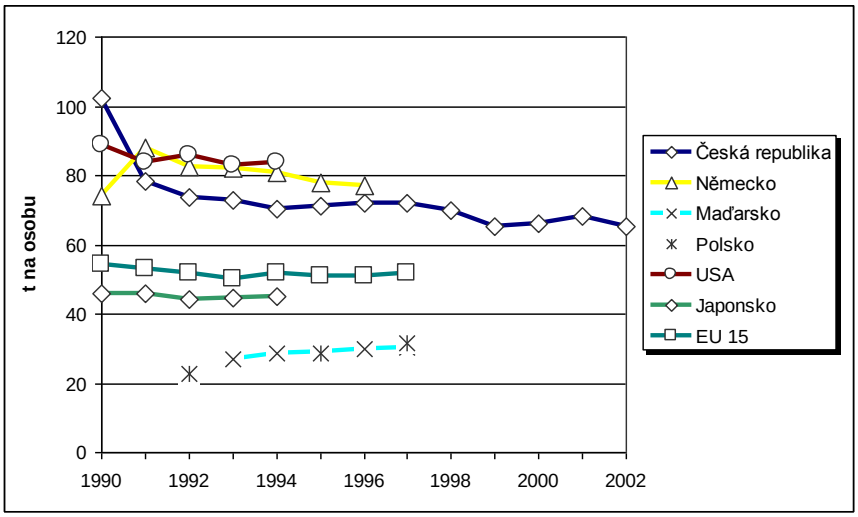
V grafech 2-6 je uvedeno mezinárodní srovnání vybraných indikátorů materiálových toků.



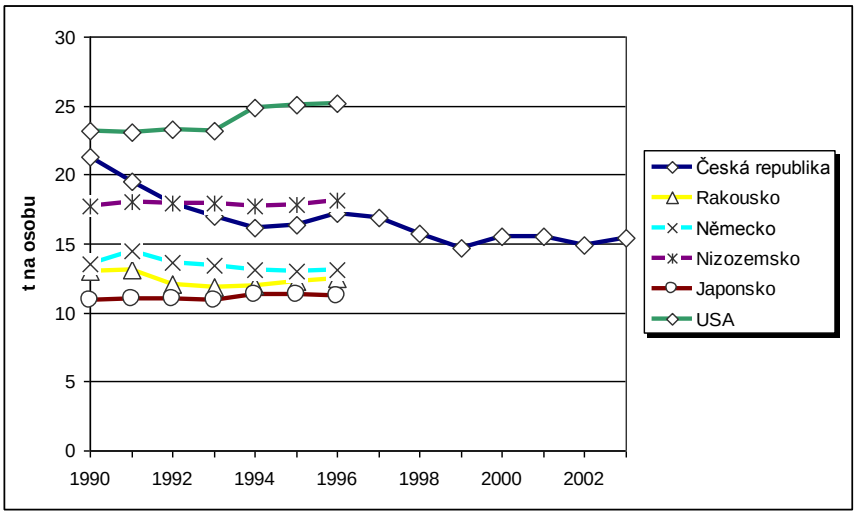
Graf 2: Přímý materiálový vstup (DMI), mezinárodní srovnání, 1990-2002 (Zdroj dat: Adriaanse et al., 1997; EEA, 2003; Eurostat, 2002, 2005; Moll a Bringezu, 2005)



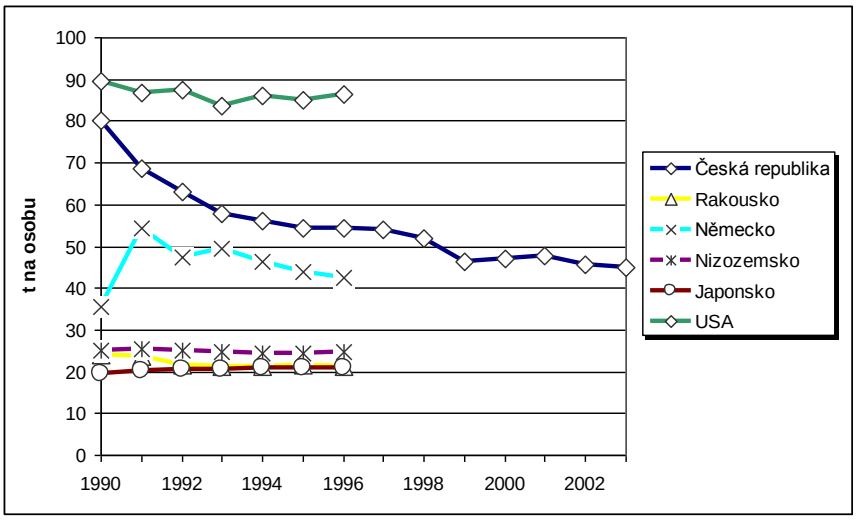
Graf 3: Domácí materiálová spotřeba (DMC), mezinárodní srovnání, 1990-2002 (Zdroj dat: Eurostat, 2002, 2005; Moll a Bringezu, 2005)



Graf 4: Celkový materiálový požadavek (TMR), mezinárodní srovnání, 1990-2002 (Zdroj dat: Adriaanse et al., 1997; Mundl et al.,1999; Bringezu, Schutz, 2000; Hammer, 2001)



Graf 5: Domácí zpracovaný výstup (DPO), mezinárodní srovnání, 1990-2002 (Zdroj dat: Matthews et al., 2000)



Graf 6: Celkový domácí výstup (TDO), mezinárodní srovnání, 1990-2002 (Zdroj dat: Matthews et al., 2000)

Indikátory materiálových toků v České republice dosahují ve většině případů mírně nadprůměrných hodnot ve srovnání se státy EU-15 a dalšími průmyslově vyspělými zeměmi (USA). Co se týče států EU-10, například Maďarska a Polska, jejich materiálová spotřeba je výrazně nižší. Ze srovnání trendů jednotlivých indikátorů je zřejmé, že pokles materiálových toků v České republice probíhal ve sledovaném období rychlejším tempem než například v Rakousku, Německu a USA.

5. Využití indikátorů materiálových toků pro vyjadřování decouplingu a materiálové náročnosti, mezinárodní srovnání těchto fenoménů, návrh metodiky pro grafické znázornění decouplingu

5.1. Metodický přístup

Oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomické výkonnosti bývá vyjadřováno několika způsoby:

1) OECD (2002) navrhuje vyjadřovat decoupling pomocí koeficientu decouplingu, který se vypočte podle vztahu:

   K_{dec} = 1 – (indikátor zátěže životního prostředí/indikátor hnací síly)$_{konec\ období}$
   /(indikátor zátěže životního prostředí/indikátor hnací síly)$_{začátek\ období}$

   K decouplingu dochází tehdy, je-li hodnota K_{dec} větší než 0. Maximální hodnota koeficientu je rovna 1. V tomto případě dosahuje indikátor zátěže životního prostředí nulové hodnoty.

2) Prostřednictvím růstu nebo poklesu ekologické efektivity. V tomto případě se do grafu vynese jedna řada hodnot, které vyjadřují časový vývoj podílu indikátoru zátěže životního prostředí a indikátoru hnacích sil (tzv. ekologická náročnost), respektive podílu indikátoru hnacích sil a indikátoru zátěže životního prostředí (tzv. ekologická produktivita). Tyto dva indikátory mají navzájem inverzní průběh. Uvedený podíl může být vyjádřen v absolutních hodnotách nebo jako index. Cílem je ukázat, zda klesá ekologická náročnost (či stoupá ekologická produktivita), tedy dochází-li k poklesu zátěže životního prostředí na jednotku HDP.

3) Vynesením časového průběhu indikátoru, který charakterizuje zátěž životního prostředí a časového průběhu indikátoru ekonomických hnacích sil. Hodnoty by měly být naindexovány, to znamená, že vybraným veličinám je pro určitý výchozí rok přiřazena hodnota 100 a pro další roky se vynáší procentuální změna zaznamenaná oproti této hodnotě.

Zmiňované způsoby znázornění je možné aplikovat také chceme-li vyjádřit decoupling pomocí indikátorů materiálových toků. Vztáhneme-li indikátory materiálových toků k HDP, hovoříme o materiálové či emisní náročnosti, vztáhneme-li HDP ke vstupním indikátorům materiálových toků či k indikátorům spotřeby, hovoříme o materiálové produktivitě. Pro zvýšení analytického potenciálu analýzy decouplingu je dále možné sledovat časový vývoj jednotlivých složek indikátorů materiálových toků. V rámci disertační práce byly analyzovány možnosti výpočetních a grafických programů pro znázorňování decouplingu. Na základě této analýzy byla vyvinuta metoda pro vyjádření váženého podílu složek indikátorů materiálových toků na poklesu/vzestupu jednotlivých indikátorů, což umožňuje posoudit příspěvek těchto složek k celkovému decouplingu indikátorů. Tato metoda je níže vysvětlena na příkladu indikátoru DMI a jeho složek domácí užitá těžba (*domestic extraction used, DE*) a dovozy (*imports, IM*).

Nejdříve je třeba provést následující výpočet:

$$DE_{s,\,tk} = (DMI_a/DE_a * DMI_i)_{t0} - (DMI_a/DE_a * DMI_i)_{tk}$$

a

$$IM_{s,\,tk} = (DMI_a/IM_a * DMI_i)_{t0} - (DMI_a/IM_a * DMI_i)_{tk}$$

kde

DE_s – vážený podíl domácí užité těžby na celkovém decoupling DMI
IM_s – vážený podíl dovozů na celkovém decouplingu DMI
DMI_a – absolutní hodnota DMI
DMI_i – indexovaná hodnota DMI (počáteční rok analýzy $t_0 = 100$)
DE_a – absolutní hodnota domácí užité těžby
IM_a – absolutní hodnota IM
t_0 – počáteční rok
$t_k = t_0 + kD$; k = 1, . . ., n - 1; D = 1 rok; n = počet pozorování

Do grafu se poté vynesou indexované křivky hodnot DMI a HDP a vzdálenost indexované křivky DMI od hodnoty indexu v počátečním roce (linka reprezentující hodnotu 100) se pro každý rok rozdělí na základě hodnot proměnných DE_s a IM_s, jejichž součet je roven této vzdálenosti. Je tedy možné říci, že se hodnoty proměnných DE_s a IM_s v grafu kumulativně odebírají od hodnoty indexu 100.

Pro výpočet váženého podílu domácí užité těžby a dovozů v procentech je třeba postupovat podle následujících rovnic:

$$DE_{sp} = DE_s/(DE_s + IM_s)$$

a

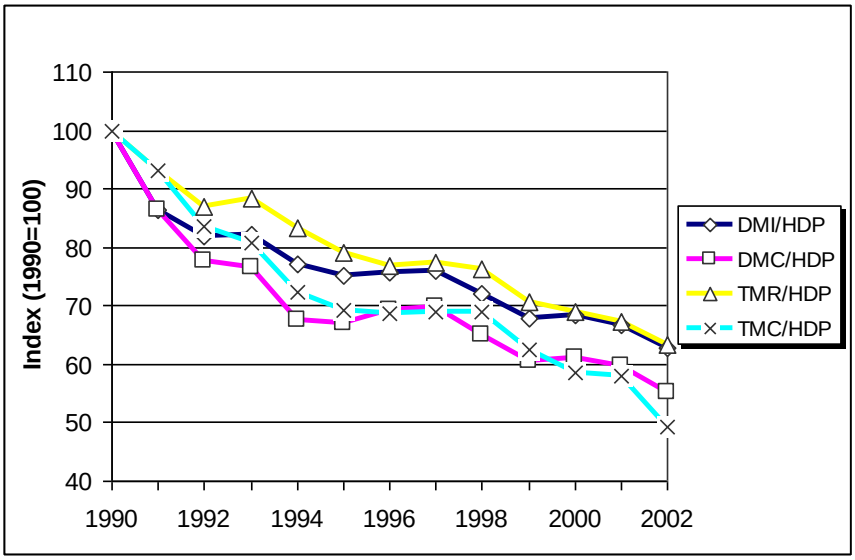
$$IM_{sp} = IM_s/(DE_s + IM_s)$$

Obdobně jako u DMI je možné postupovat také u ostatních indikátorů materiálových toků. V případě indikátorů DMC a TMC se však setkáme s určitými odlišnostmi. Protože některé složky se při výpočtu těchto indikátorů odečítají (vývozy /*exports, EX*/ v případě DMC, a vývozy a nepřímé toky vývozů /*indirect flows of exports, IFEX*/ v případě TMC), je nutné vynásobit hodnoty EX_s a $IFEX_s$ hodnotou (-1).

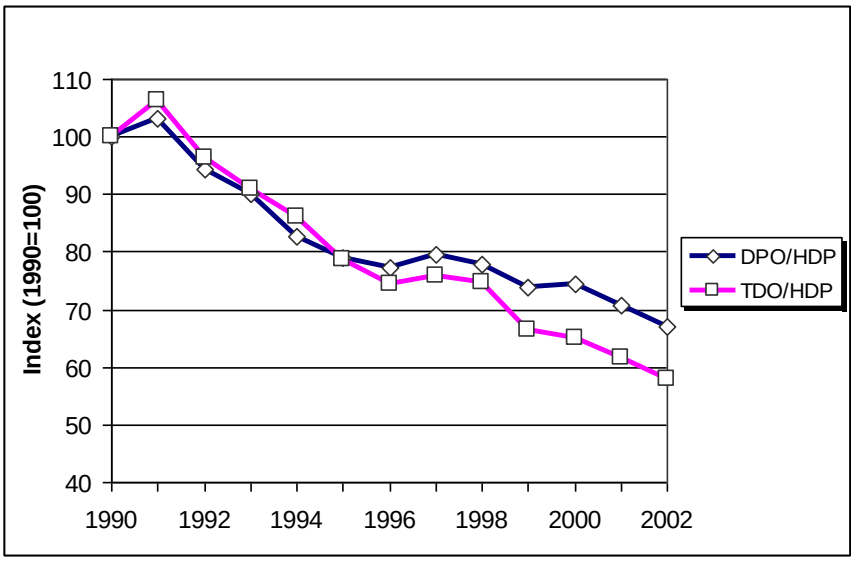
5.2. Výsledky

Podrobné výsledky řešení tohoto cíle disertační práce a jejich diskuse jsou uvedeny v článcích *What are the possibilities for graphical presentation of decoupling? An example of economy-wide material flow indicators in the Czech Republic* (Kovanda a Hak, 2007) (Příloha 2) a *Economy-wide material flow indicators in the Czech Republic: trends, decoupling analysis and uncertainties* (Kovanda et al., in press) (Příloha 3). Tato kapitola se zabývá jejich stručným shrnutím.

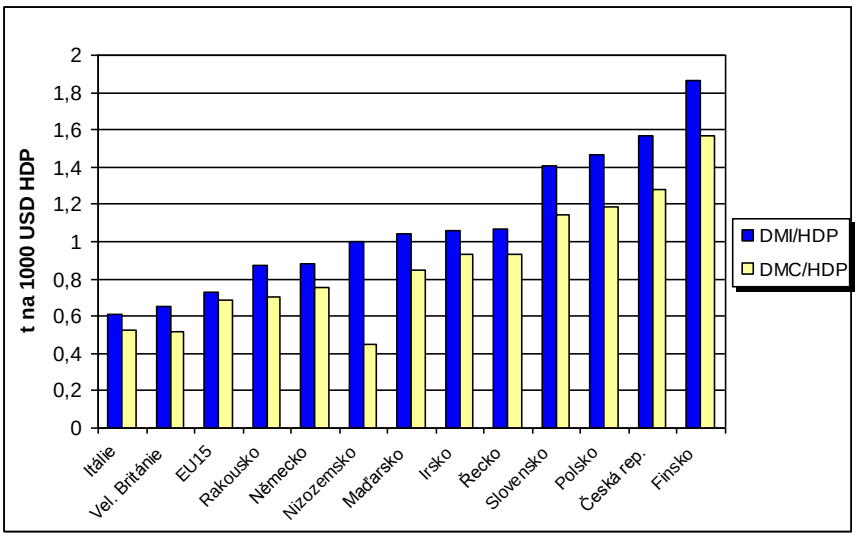
Grafy 7-10 znázorňují materiálovou a emisní náročnost ekonomiky a jejich mezinárodní srovnání.



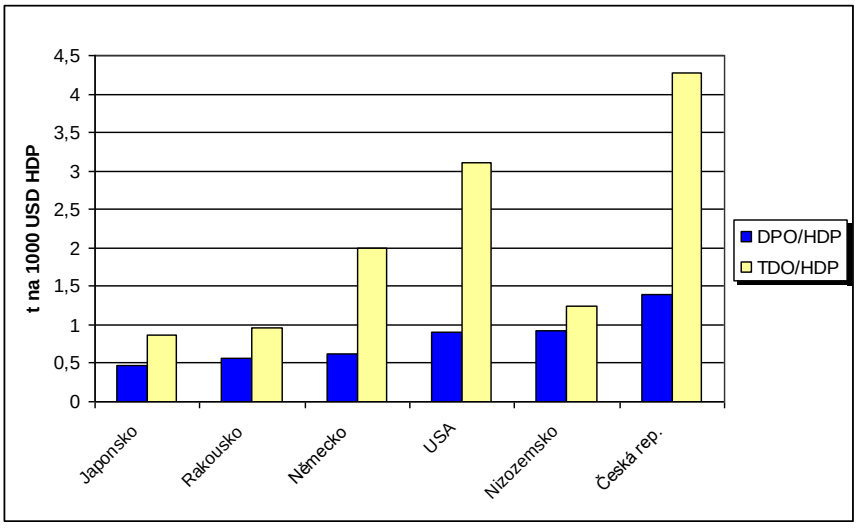
Graf 7: Materiálová náročnost (DMI/HDP, DMC/HDP, TMR/HDP, TMC/HDP), Česká republika, 1990-2003 (Index) (Zdroj dat: ČSÚ /HDP/)



Graf 8: Podíl domácího zpracovaného výstupu a celkového domácího výstupu ku HDP, Česká republika, 1990-2002 (Index) (Zdroj dat: ČSÚ /HDP/)



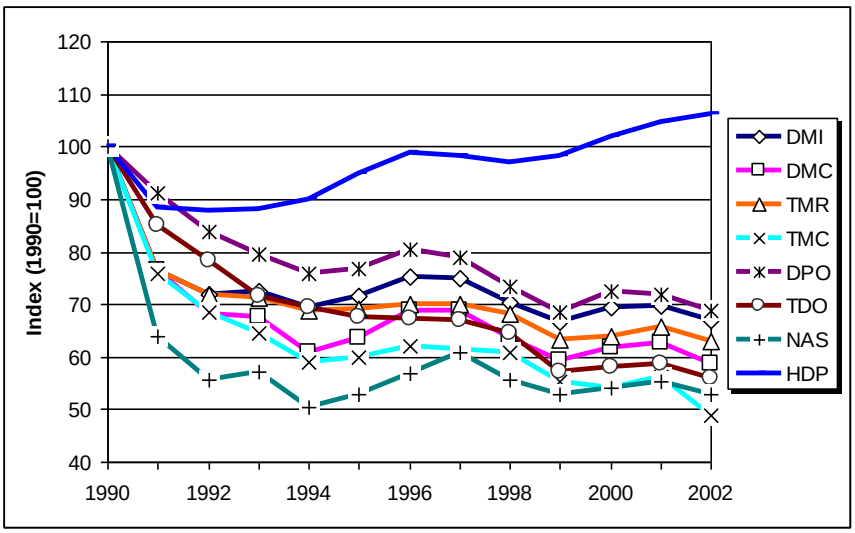
Graf 9: Materiálová náročnost (DMI/HDP, DMC/HDP), mezinárodní srovnání, 1999 (PPP) (Zdroj: Eurostat, 2002; Moll et al., 2002)



Graf 10: Domácí zpracovaný výstup a celkový domácí výstup ku HDP, mezinárodní srovnání, 1996 (PPP) (Zdroj dat: Matthews et al., 2000)

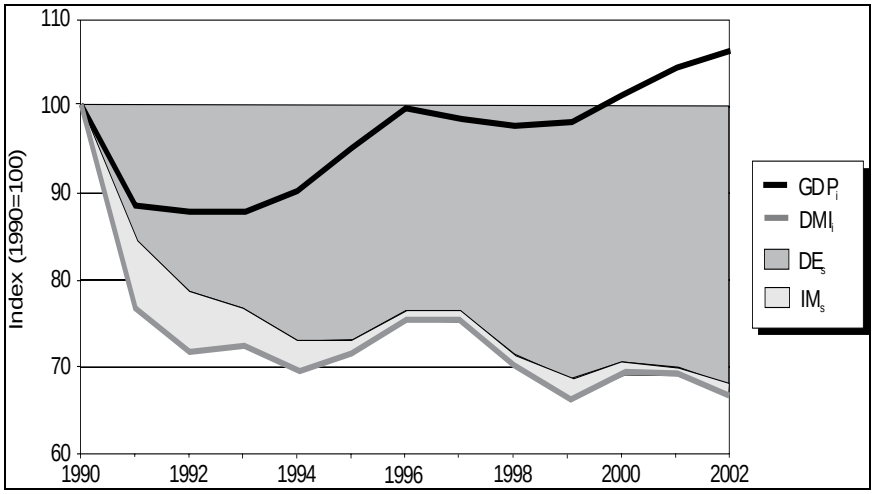
V letech 1990-2002 došlo v České republice k výraznému poklesu materiálové náročnosti vyjádřené pomocí vstupních indikátorů materiálových toků a indikátorů spotřeby. Podobně sestupný trend byl zaznamenán také u podílů výstupních indikátorů DPO a TDO ku HDP. Mezinárodní srovnání však ukazuje, že materiálová i emisní náročnost v České republice je výrazně vyšší než ve většině ostatních států EU.

Graf 11 ilustruje standardní způsob znázornění decouplingu s využitím indikátorů materiálových toků vypočtených pro Českou republiku (vynešení indexovaných hodnot indikátorů a HDP). Graf 12 na příkladu indikátoru DMI ilustruje znázornění vyvinuté v rámci této disertační práce, které umožňuje rozlišit podíl jednotlivých složek indikátoru DMI na jeho decouplingu.



Graf 11: Oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomické výkonnosti – indikátory materiálových toků a HDP, Česká republika, 1990-2002 (Zdroj dat: ČSÚ /HDP/)

Za celé sledované období došlo v České republice k výraznému oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomické výkonnosti.



Graf 12: Podíl užité těžby a dovozu na decouplingu indikátoru DMI, Česká republika, 1990-2002

Jak je patrné, význam dovozu (IM) na decouplingu indikátoru DMI se v průběhu sledovaného období téměř neustále snižoval. Zatímco na decouplingu indikátoru DMI za období 1990-1991 se podílel cca 35 %, jeho podíl na decouplingu za celé sledované období 1990-2002 činil pouhých 2,6 %. Za celé sledované období byl tedy decoupling indikátoru DMI dán zejména poklesem těžby domácích přírodních zdrojů (DE), což vedlo k odpovídajícímu poklesu domácí zátěže životního prostředí. Oproti tomu spotřeba materiálů ze zahraničí a environmentální zátěž spojená s jejich výrobou v cizích zemích zůstávala téměř konstantní.

6. Výpočet indikátoru NAS nepřímou i přímou metodou a srovnání výsledků získaných těmito dvěma přístupy

6.1. Metodický přístup

Výpočet indikátoru NAS nepřímou metodou sestával z odečtu indikátoru DPO od indikátoru DMC se zahrnutím vstupních a výstupních vyvažovacích položek. Výpočet indikátoru NAS přímou metodou zahrnoval:

a) Shromáždění dat o velikosti hrubých přírůstků jednotlivých kategorií fyzických zásob

Jak se ukázalo, přímé údaje o hrubých přírůstcích fyzických zásob (tedy údaje v tunách) nejsou v České republice téměř k dispozici, výjimku představuje pouze spotřeba materiálů ve stavebnictví sledovaná Českým statistickým úřadem. V tomto případě se však jedná o spotřebu materiálů stavebními podniky s 20 a více zaměstnanci. Z toho důvodu byly v případě stavebních materiálů jednotlivé kategorie hrubých přírůstků převážně vypočítávány, a to na základě jejich produkce, dovozu a vývozu v daném roce. Uvažován byl následující vztah: spotřeba (hrubý přírůstek) = produkce + dovoz – vývoz. V případě strojů, dopravních prostředků a ostatních výrobků byly pro výpočet využity monetární údaje o tuzemské spotřebě jednotlivých druhů výrobků. Koeficienty pro převod monetárních jednotek na tuny byly odvozeny z údajů o dovozech a vývozech těchto výrobků, které jsou sledovány jak v monetárních, tak fyzických jednotkách.

b) Shromáždění dat o velikosti úbytků jednotlivých kategorií fyzických zásob

Do velikosti úbytků jednotlivých kategorií fyzických zásob byly zahrnuty odpadní toky z fyzických zásob, jejichž hrubé přírůstky byly sledovány v rámci bodu a), tedy odpadní toky z budov (demoliční odpad), dopravní infrastruktury, dopravních prostředků, strojních zařízení a spotřebního zboží.

c) Výpočet čistých přírůstků fyzických zásob

Údaje o čistých přírůstcích fyzických zásob byly vypočteny jako rozdíl hrubých přírůstků a úbytků fyzických zásob. Tyto zásoby byly vypočteny pro dvě hlavní kategorie: (1) infrastruktura a budovy a (2) výrobky. S ohledem na míru agregovanosti dat dostupných pro konečný výpočet bylo v rámci budov a dopravní infrastruktury možné dále odlišit druhy přidaných materiálů (dřevo, kovy, nerudní stavební suroviny a výrobky z těchto surovin, ostatní stavební materiály), zatímco výrobky bylo možné rozčlenit na dopravní prostředky, strojní zařízení a ostatní výrobky (oblečení, domácí nářadí, nábytek, sklo, keramika, výrobky z papíru, elektronika apod.).

Výpočet indikátoru NAS přímou metodou byl proveden pro časové období 2000-2002, protože pro toto období byla v době výpočtu indikátoru dostupná nejúplnější data.

6.2. Datové zdroje

6.2.1. Hrubé přírůstky fyzických zásob

Infrastruktura a budovy

Zdrojem dat pro produkci stavebních materiálů využívaných pro výstavbu infrastruktury (zejména dopravní) a budov byly údaje České geologické služby – Geofondu o produkci stavebních nerostných surovin (Česká geologická služba – Geofond, 2003) a dále pak údaje ze zjišťování ČSÚ o výrobě průmyslových výrobků (ČSÚ, 2001a, 2002a, 2003a) a údaje ČSÚ z bilance energetických pochodů zušlechťování paliv (ČSÚ, 2000, 2001b, 2002b). Údaje o dovozu a vývozu stavebních materiálů byly získány z databáze o zahraničním obchodu, kterou v současnosti spravuje ČSÚ (http://dw.czso.cz/pls/stazo/stazo.stazo).

Výrobky

Tuzemská spotřeba dopravních prostředků, strojních zařízení a ostatních výrobků byla vypočtena na základě údajů Ministerstva průmyslu a obchodu a ČSÚ (MPO, 2003), zdrojem dat pro výpočet koeficientů potřebných pro převod monetárních jednotek na tuny byly údaje ČSÚ o zahraničním obchodu (http://dw.czso.cz/pls/stazo/stazo.stazo).

6.2.2. Úbytky fyzických zásob

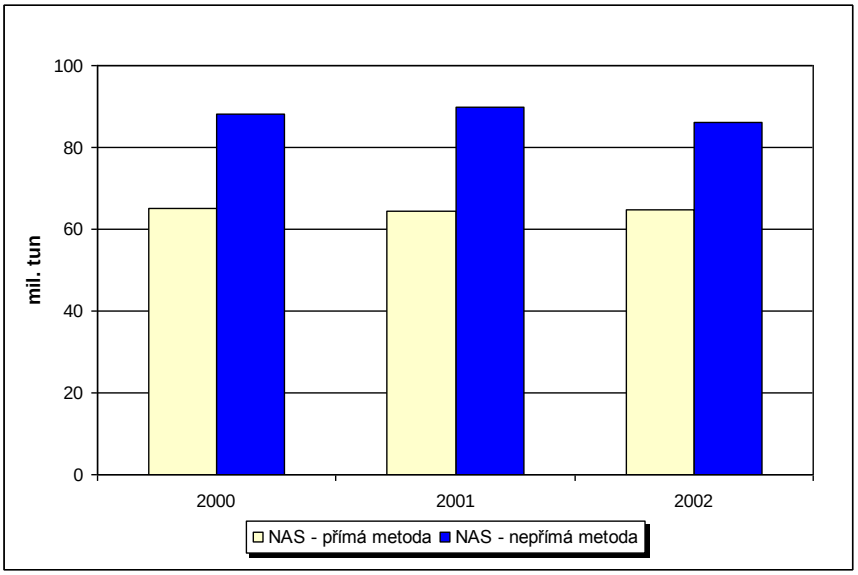
Zdrojem dat o velikosti úbytků jednotlivých kategorií fyzických zásob byly údaje ČSÚ o produkci, využívání a odstraňování odpadů (ČSÚ, 2001c, 2002c, 2003b).

6.3. Výsledky

Podrobné výsledky řešení tohoto cíle disertační práce a jejich diskuse jsou uvedeny zejména v článku *Calculation of the "net additions to stock" indicator for the Czech Republic using a direct method* (Kovanda et al., 2007) (Příloha 4). V tabulce 4 a grafu 13 jsou souhrnně uvedeny hodnoty indikátoru NAS vypočítaného přímou a nepřímou metodou a jejich srovnání.

Položka/Rok	2000	2001	2002
1. Čistý přírůstek fyzických zásob – přímá metoda	**64 976 288**	**64 472 727**	**64 712 211**
1.1. Infrastruktura a budovy	**63 610 763**	**62 995 135**	**63 086 402**
1.1.1. Dřevo	2 052 721	1 972 484	2 122 823
1.1.2. Kovy	1 045 098	956 423	947 733
1.1.3. Nerudní stavební suroviny	57 872 801	57 310 268	57 898 358
1.1.4. Ostatní stavební materiály	2 640 143	2 755 960	2 117 488
1.2. Výrobky	**1 365 525**	**1 477 592**	**1 625 809**
1.2.1. Dopravní prostředky	426 020	461 622	459 495
1.2.2. Strojní zařízení	455 526	569 384	499 230
1.2.3. Ostatní výrobky	483 979	446 585	667 084
2. Čistý přírůstek fyzických zásob – nepřímá metoda	**88 155 632**	**89 928 005**	**85 986 425**

Tabulka 4: Čistý přírůstek fyzických zásob (NAS), přímá a nepřímá metoda výpočtu (v tunách), Česká republika, 2000-2002



Graf 13: Čistý přírůstek fyzických zásob (NAS), přímá a nepřímá metoda výpočtu (v tunách), Česká republika, 2000-2002

Indikátor NAS vypočítaný přímou metodou poklesl v letech 2000-2002 o pouhých 0,4 %, a to z 65 mil. tun v roce 2000 na 64,7 mil. tun v roce 2002. Indikátor NAS vypočítaný nepřímou metodou poklesl ve stejném období z 88,2 mil. tun na 86 mil. tun, tedy o 2,5 %. Absolutní hodnoty indikátoru získané přímou metodou výpočtu jsou cca o třetinu nižší.

7. Kvantifikace nejistot spojených s indikátory materiálových toků vypočtených pro Českou republiku

7.1. Metodický přístup

Kvantifikace nejistot spojených s indikátory materiálových toků sestávala z následujících kroků:

1) Definice pojmu nejistoty, jak je chápána v případě indikátorů EW-MFA

2) Kvalifikovaný odhad nejistot jednotlivých účtů EW-MFA založený na diskusi s poskytovateli dat potřebných pro sestavení těchto účtů a analýze úplnosti a věcné správnosti těchto účtů

3) Sumace nejistot účtů EW-MFA do nejistot jednotlivých indikátorů materiálových toků s použitím statistických metod pro součet vzájemně nezávislých intervalů s normálním rozdělením. Tato sumace zahrnovala následující kroky:

    a) Výpočet horních a dolních mezí jednotlivých účtů na základě odhadu jejich nejistot a výpočet rozpětí těchto účtů

    b) Výpočet směrodatných odchylek jednotlivých účtů vydělením jejich rozpětí hodnotou 2*1,96

    c) Výpočet směrodatných odchylek jednotlivých indikátorů odmocněním součtu druhých mocnin směrodatných odchylek účtů, z kterých se daný indikátor sestává

    d) Výpočet průměrných hodnot jednotlivých účtů zprůměrováním jejich horních a dolních mezí

    e) Výpočet průměrných hodnot indikátorů na základě průměrných hodnot příslušných účtů

    f) Výpočet horních mezí indikátorů sumací součinu jejich směrodatných odchylek a hodnoty 1,96 s jejich průměrnými hodnotami

    g) Výpočet dolních mezí indikátorů odečtením součinu jejich směrodatných odchylek a hodnoty 1,96 od jejich průměrných hodnot

    h) Výpočet nejistot jednotlivých indikátorů na základě jejich dolních a horních mezí

Výše uvedený postup výpočtu nejistot byl konzultován s RNDr. Jiřím Janáček PhD., z oddělení biomatematiky Fyziologického ústavu Akademie věd České republiky.

7.2. Výsledky

Podrobné výsledky řešení tohoto cíle disertační práce a jejich diskuse jsou uvedeny v článku *Economy-wide material flow indicators in the Czech Republic: trends, decoupling analysis and uncertainties* (Kovanda et al., in press) (Příloha 3). Tabulka 5 uvádí číselné hodnoty nejistot indikátorů materiálových toků vypočtených pro Českou republiku.

Rok/Indikátor	DMI	DMC	TMR	TMC	DPO	TDO	NAS[4]
1990	7/-3	8/-4	27/0	28/-3	11/-15	25/-5	30/-19
1991	7/-3	8/-3	26/0	27/-5	11/-15	25/-5	38/-25
1992	7/-3	9/-4	26/0	28/-6	12/-15	25/-5	40/-27
1993	7/-3	8/-3	26/0	29/-8	8/-15	21/-5	38/-25
1994	7/-3	9/-3	25/0	31/-2	8/-10	21/-5	38/-24
1995	7/-3	8/-3	26/0	31/-10	8/-10	21/-5	36/-23
1996	7/-3	8/-3	26/0	31/-9	8/-10	21/-5	33/-21
1997	7/-3	8/-3	26/0	31/-9	8/-10	21/-5	34/-22
1998	7/-3	8/-3	27/0	31/-8	8/-10	21/-5	36/-24
1999	7/-3	8/-3	27/0	32/-9	8/-10	17/-5	38/-25
2000	7/-3	8/-3	26/0	33/-12	8/-10	17/-5	38/-25
2001	6/-3	8/-3	28/0	34/-11	8/-10	17/-5	37/-24
2002	6/-3	8/-3	28/0	39/-20	8/-11	16/-5	38/-25

Tabulka 5: Nejistoty indikátorů materiálových toků, Česká republika, 1990-2002

Nejmenšími nejistotami jsou zatíženy indikátory DMI a DMC, největšími nejistotami indikátory NAS a TMC.

[4] Nepřímá metoda výpočtu

8. Závěry

Tato kapitole shrnuje závěry řešení jednotlivých cílů disertační práce vyplývající z předchozích kapitol a z článků na daná témata, které autor této disertační práce publikoval v mezinárodních recenzovaných časopisech (Přílohy 1-4). Závěry řešení jsou následující:

I. Výpočet indikátorů materiálových toků pro Českou republiku pro období 1990-2002, rozbor jejich trendů a mezinárodní srovnání

Za celé sledované období zaznamenaly všechny indikátory materiálových toků výrazný pokles. V případě absolutních hodnot se jednalo o pokles o 31,1 % (indikátor DPO) až 51 % (indikátor TMC), v případě hodnot na osobu byl pokles obdobný. Z poklesu indikátorů materiálových toků je možné usuzovat, že po celé sledované období docházelo k poklesu celkové zátěže životního prostředí spojené se spotřebou materiálů v České republice.

Pokles nastal zejména na počátku 90. let, kdy došlo ke snížení materiálové spotřeby a odpovídajících odpadních toků u všech skupin materiálů: biomasy, nerostných surovin a fosilních paliv. Toto snížení je možné odůvodnit poklesem ekonomické výkonnosti, který nastal v důsledku útlumu průmyslové produkce, zahraničního obchodu a těžby surovin. K tomuto útlumu došlo v širším kontextu rozpadu východního hospodářského bloku a v důsledku nastartování transformace českého hospodářství z centrálně plánované ekonomiky na tržní ekonomiku (Klarer a Moldan (eds.), 1997).

V následujících letech (od roku 1992) byl u indikátorů materiálových toků zachován sestupný trend. Ten byl dán zejména poklesem spotřeby fosilních paliv, který byl umožněn kombinací následujících faktorů:

- Útlumem energeticky náročných odvětví těžkého průmyslu (např. těžba surovin a hutnictví) a zvyšováním podílu služeb, které jsou energeticky a materiálově méně náročné než průmyslová odvětví (MPO, 2000, 2004a; ČSÚ, 2005)
- Substitucí uhlí za kapalná a plynná paliva. Z tuny kapalných paliv a zemního plynu je možné vyrobit více energie než z tuny uhlí, naopak je pro ně charakteristická nižší emisní intenzita (MŽP, 2003b)
- Zvyšováním energetické účinnosti neboli efektivity přeměny paliva na užitečnou práci v důsledku modernizace

Spotřeba ostatních skupin materiálů (biomasa, nerostné suroviny) od roku 1992 stagnovala. Z toho vyplývá, že působení faktorů přispívajících ke vzrůstu jejich spotřeby (ekonomický růst) a působení faktorů přispívajících k poklesu jejich spotřeby (zvyšování podílu služeb, modernizace vedoucí k efektivnějšímu využívání materiálů při výrobě a ke zvyšování materiálového využití odpadů) bylo vyrovnané (Úřad vlády ČR, 2006).

Z mezinárodního srovnání vyplývá, že indikátory materiálových toků v České republice dosahují ve většině případů mírně nadprůměrných hodnot ve srovnání se státy EU-15 a dalšími průmyslově vyspělými zeměmi (USA). Co se týče států EU-10, například Maďarska a Polska, jejich materiálová spotřeba je výrazně nižší. Ze srovnání trendů jednotlivých indikátorů je zřejmé, že pokles materiálových toků v České republice probíhal ve sledovaném období rychlejším tempem než například v Rakousku, Německu a USA. Tuto skutečnost je možné odůvodnit tím, že transformace České republiky z centrálně plánované na tržní

ekonomiku urychlila ve srovnání s těmito zeměmi procesy vedoucí k nižší materiálové spotřebě, a to zejména nižší spotřebě fosilních paliv.

Budeme-li chtít dále snižovat indikátory materiálových toků, je třeba pokračovat ve zvyšování podílu služeb na HDP a snižování závislosti české ekonomiky na uhlí substitucí za kapalná a plynná paliva a obnovitelné zdroje energie. Jak se ukazuje, užívání obnovitelných zdrojů energie je obecně spojeno s nižšími dopady na životní prostředí než užívání neobnovitelných zdrojů (EEA, 2005). Tyto kroky jsou v souladu se současnými koncepčními dokumenty zaměřenými na další hospodářský vývoj ČR (MPO, 2004b; Úřad vlády ČR, 2005). Důležitou roli by měla hrát také další modernizace systému výroby a spotřeby a s ní spojené zvyšování efektivity využívání energie a materiálů při výrobě a zvyšování materiálového využití odpadů (Weizsäcker et al., 1996; Bringezu, 2006). Při vysoké míře recyklace budou minimalizovány vstupy primárních materiálů a výstupy odpadních látek do životního prostředí, i když toky v rámci socio-ekonomického systému mohou zůstat na velmi vysoké úrovni. Zde pak bude možné pozorovat paralelu mezi socio-ekonomickým systémem a některými přirozenými ekosystémy, například ekosystémem tropického deštného lesa. V jeho případě je využívána obnovitelná sluneční energie a primární materiálové vstupy i výstupy odpadních látek jsou velmi malé, i když recyklační toky mezi jednotlivými složkami celého ekosystému zůstávají na vysoké úrovni. I přesto je celý ekosystém dlouhodobě velmi stabilní (World Resource Institute, 2005). Obdobně stabilní by mohl být i socio-ekonomický systém, bude-li využívat obnovitelné zdroje energie a dosáhneme-li u něho srovnatelného poměru mezi vstupy primárních materiálů a recyklačními toky.

II. Využití indikátorů materiálových toků pro vyjadřování materiálové náročnosti a decouplingu, mezinárodní srovnání těchto fenoménů, návrh metodiky pro grafické znázornění decouplingu

V letech 1990-2002 došlo v České republice k výraznému poklesu materiálové náročnosti vyjádřené pomocí vstupních indikátorů materiálových toků a indikátorů spotřeby. Snížení materiálové náročnosti je výsledkem poklesu indikátorů materiálových toků (které klesaly zejména v důsledku snižování spotřeby fosilních paliv) a růstu HDP. Různá míra poklesu materiálové náročnosti u jednotlivých indikátorů odpovídá různé míře jejich poklesu v absolutních hodnotách: nejvyššího poklesu tak dosáhl podíl TMC/HDP, následovaný DMC/HDP, DMI/HDP a v těsném závěsu TMR/HDP. Podobně sestupný trend byl zaznamenán u podílů výstupních indikátorů DPO a TDO ku HDP, které vyjadřují emisní náročnost ekonomiky.

Z mezinárodního srovnání vyplývá, že materiálová i emisní náročnost v České republice je výrazně vyšší než ve většině ostatních států EU. V případě států EU-15 je tato skutečnost dána především tím, že materiálová spotřeba a emise na osobu jsou srovnatelné, zatímco HDP je v České republice výrazně nižší. Obecně vzato platí, že určitá výše HDP je dosažitelná při různé materiálové spotřebě. Příčiny této skutečnosti jsou nyní předmětem výzkumu (Bringezu et al., 2004; Moll a Bringezu, 2005).

Za celé sledované období došlo v České republice k výraznému oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomické výkonnosti. Zejména díky růstu HDP od roku 1999 bylo dosaženo absolutního decouplingu. Jak se ukazuje, dochází-li po delší časové období k růstu HDP, začínají narůstat i indikátory materiálových toků a naopak. Zvýšené materiálové nároky související s hospodářským růstem tak převáží nad faktory, které působí snižování materiálové spotřeby. Pouze v přechodných obdobích po změně trendu ve vývoji HDP je

u indikátorů materiálových toků patrná jistá setrvačnost. Pokud se nepodaří zlomit vzájemnou závislost indikátorů materiálových toků a HDP, nemůže být po delší časové období dosaženo absolutního decouplingu.

Grafické znázornění decouplingu je možné: a) prostřednictvím koeficientu decouplingu; b) pomocí materiálové náročnosti nebo materiálové produktivity nebo c) vynesením časových řad indikátorů spotřeby materiálů a ekonomické výkonnosti do jednoho grafu. První dvě znázornění neumožňují rozlišení absolutního a relativního decouplingu, zatímco třetí znázornění není příliš přehledné pro mezinárodní srovnání. Pro zvýšení analytického potenciálu analýzy decouplingu je dále možné sledovat časový vývoj jednotlivých složek indikátorů materiálových toků, a to buď v rámci několika nebo pouze jednoho grafu. V případě jednoho grafu je možné vyjádřit relativní podíl těchto složek na poklesu/vzestupu indikátorů materiálových toků, a tak posoudit jejich příspěvek k celkovému decouplingu indikátorů.

III. Výpočet indikátoru NAS nepřímou i přímou metodou a srovnání výsledků získaných těmito dvěma přístupy

Indikátor NAS vypočítaný nepřímou metodou poklesl o více než 47 %. Jeho hodnota v roce 1990 činila 162,6 mil. tun a v roce 2002 pouhých 85 mil. tun. K hlavnímu poklesu došlo v letech 1990-1994 (v roce 1994 byla hodnota indikátoru 82 mil. tun, tedy méně než na konci sledovaného období). V následujícím období indikátor nejdříve stoupl až na 98,7 mil. tun (rok 1997), poté poklesl na 85 mil. tun (rok 2002).

Přímou metodou byly údaje o čistých přírůstcích fyzických zásob vypočteny pro časové období 2000-2002. Zatímco indikátor NAS vypočítaný nepřímou metodou poklesl v letech 2000-2002 o 2,5 % (z 88,2 mil. tun na 86 mil. tun), NAS vypočítaný přímou metodou zaznamenal pokles o pouhých 0,4 % (z 65 mil. tun v roce 2000 na 64,7 mil. tun). Při výpočtu indikátoru přímou metodou byly rozlišeny dvě hlavní kategorie čistých přírůstků: 1) budovy a dopravní infrastruktura a 2) výrobky. S ohledem na míru agregovanosti dat dostupných pro výpočet bylo v rámci budov a dopravní infrastruktury možné odlišit druhy přidaných materiálů (dřevo, kovy, nerudní stavební suroviny a výrobky z těchto surovin, ostatní stavební materiály), zatímco výrobky bylo možné rozčlenit na dopravní prostředky, stroje a ostatní výrobky (např. oblečení, domácí nářadí, nábytek, sklo, keramika, výrobky z papíru, elektronika apod.).

Jak se ukazuje, celkovému čistému přírůstku fyzických zásob zcela dominují čisté přírůstky v kategorii infrastruktura a budovy, jejichž průměrný podíl byl v průběhu sledovaných let cca 98 %. V rámci této kategorie jsou nejvýznačněji zastoupeny nerudní stavební suroviny, a to cca 91 %. V případě výrobků převládají ostatní výrobky (36 %), následované strojním zařízením (34 %) a dopravními prostředky (30 %). Z hlediska budoucích odpadních toků jsou v dlouhodobém horizontu důležité přírůstky v kategorii infrastruktura a budovy (dlouhá životnost těchto zásob, většinou desítky let), které v průběhu sledovaného období nevykazovaly výraznější dynamiku a poklesly pouze o 0,8 %. Vzhledem k celkovému objemu těchto zásob (cca 63 mil. tun) však pokles o 0,8 % odpovídá 0,5 mil. tun a jako takový může znamenat poměrně významný pokles potenciálu této kategorie pro budoucí odpadní toky. Naopak v kategorii výrobky, které jsou z hlediska budoucích odpadních toků významné v krátkodobém horizontu (životnost řádově jednotky let), dochází k růstu čistých přírůstků o 19,1 %, což odpovídá méně než 0,3 mil. tun. Potenciál této kategorie pro odpadní toky se proto bude v krátkodobém horizontu zvyšovat, i když nárůst nebude tak výrazný, jako pokles

v případě budov a dopravní infrastruktury. Přesnější odhad budoucích odpadních toků bude možné zpracovat až tehdy, budou-li čisté přírůstky fyzických zásob sledovány přímou metodou po delší dobu.

Ukazuje se, že hodnoty indikátoru NAS získané prostřednictvím přímého výpočtu jsou cca o třetinu nižší než hodnoty vypočtené nepřímou metodou. To je částečně způsobeno podhodnocením zásob v kategorii budovy a dopravní infrastruktura, a to z důvodu nedostatečného statistického podchycení produkce a spotřeby materiálů ve stavebnictví (zejména druhotných surovin a komodit ze dřeva a kovů), částečně však také nadhodnocením čistých přírůstků fyzických zásob vypočítaných nepřímým způsobem. V tomto směru přímý způsob výpočtu naznačuje, že nadhodnocený bude zejména čistý přírůstek biomasy ze zemědělství, který by měl být minimální, ovšem v případě nepřímého výpočtu tvoří téměř 20 % celkového čistého přírůstku.

IV. Kvantifikace nejistot spojených s indikátory materiálových toků vypočtených pro Českou republiku

Nejistoty jednotlivých indikátorů materiálových toků vypočtených pro Českou republiku se poměrně výrazně liší, což zásadním způsobem ovlivňuje jejich analytický potenciál. Ukazuje se, že nejmenší nejistotou jsou zatíženy indikátory DMI a DMC. U DMI se nejistota v průběhu sledovaného období pohybovala od +6/-3 % do +7/-3 %, u DMC od +8/-3 % do +9/-4 %. Největší kladnou nejistotou je zatížen indikátor NAS (od 30 % do 40 %) následovaný indikátory TMC (od 27 % do 39 %) a TMR (od 25 % do 28 %). Největší zápornou nejistotou je opět zatížen indikátor NAS (-19 % až -27 %), dále pak indikátory DPO (-10 % až -15 %) a TMC (-3 % až -20 %).

Nejistoty indikátorů materiálových toků mají ve sledovaném období až na výjimky klesající tendenci. To odráží skutečnost, že z hlediska sestavování účtů materiálových toků dochází k zlepšování systému statistického sběru dat, a to zejména z hlediska pokrytí jevů, které analýza materiálových toků sleduje. Otázkou však zůstává kvalita těchto dat, kterou až na výjimky jejich poskytovatelé nesledují a je třeba ji odhadovat.

V případě indikátoru NAS byla kvantifikace nejistot provedena pro NAS vypočítaný nepřímou metodou. Co se týče přímého výpočtu, předběžné odhady naznačují, že by nejistoty indikátoru NAS měly být výrazně nižší, a to cca +/- 10 % (Kovanda et al., 2007).

Zhodnocení závěrů ve světle cílů disertační práce:

V předkládané disertační práci byly kvantifikovány indikátory materiálových toků v České republice v letech 1990-2002 a byly dány do souvislostí se socio-ekonomickým vývojem v ČR. Dále bylo provedeno mezinárodní srovnání těchto indikátorů. Byl navržen nový způsob, jak s využitím indikátorů materiálových toků vyjadřovat oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomické výkonnosti. Toto je možné pokládat za příspěvek k ozřejmění environmentálních a makroekonomických souvislostí spotřeby materiálů a k poznání vzájemných vazeb mezi socio-ekonomickým systémem a živou přírodou.V další části disertační práce byl na příkladu ČR testován výpočet indikátorů NAS přímou metodou, což bylo před tím uskutečněno pouze v několika málo zemích. Vůbec poprvé byl proveden výpočet nejistot souvisejících s indikátory materiálových toků.

Použité informační zdroje

Publikace

Adriaanse, A., Bringezu, S., Hammond, A., Moriguchi, Y., Rodenburg, E., Rogich, D., Schütz, H. (1997): Resource flows – The material basis of industrial economies. WRI, Washinghton, D.C.

Ayres, R. U., Kneese, A. (1969): Production, consumption and externalities. American Economic Review 59(3): 282-297.

Ayres, R. U., Simonis, L. (1994): Industrial metabolism: Restructuring for sustainable development. UNU Press, Tokyo.

Baccini, P., Brunner, P., H. (1991): Metabolism of the anthroposphere. Springer Verlag, Berlin, New York, Tokio.

Barbiero, G., Camponeschi, S., Femia, A., Greca, G., Tudini A., Vannozzi, M. (2003): 1980–1998 Material-input-based indicators time series and 1997 material balances of the Italian economy. ISTAT, Rome.

Brahmse E. et al. (1989): Papier-Kunststoff-Verpackungen – Eine mengen und Schadstoffbetrachtung. Berichte/Umweltbundesamnt 1, Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Bringezu, S, Schütz, H. (2000): Material use indicators for the European Union, 1980-1997. Economy-wide material flow accounts and balances and derived indicators of resource use. Eurostat Working Papers 2/2001/B/2, Luxembourg.

Bringezu, S. (2000): History and overview of material flow analysis. Special session on material flow accountning. OECD, Working Group on the State of the Environment, Paris.

Bringezu, S. (2006): Materializing policies for sustainable use and economy-wide management of resources: Biophysical perspectives, socio-economic options and a dual approach for the European Union. Wuppertal Paper No. 160, Wuppertal Institute, Wuppertal.

Bringezu, S., Schütz, H. (2001a): Total material requirements of the European Union (Technical report No. 55). European Environmental Agency, Copenhagen.

Bringezu, S., Schütz, H. (2001b): Total material requirements of the European Union (Technical report No. 56). European Environmental Agency, Copenhagen.

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.

Bringezu, S., Schütz, H., Steger, S., Baudisch, J. (2004): International comparison of resource use and its relation to economic growth. The development of total material requirement, direct material inputs and hidden flows and the structure of TMR. Ecological Economics 51 (2004): 97– 124.

Brown, L. R. et al. (2001): State of the world 2001. Worldwatch Institute, Washington, D.C.

CENIA (2006): Zpráva o životním prostředí České republiky v roce 2005. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.

CENIA (2007): Zpráva o životním prostředí České republiky v roce 2006. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.

Česká geologická služba - Geofond (1995, 2000-2004): Surovinové zdroje České republiky – nerostné suroviny. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.

ČHMÚ (1996-2004): Inventarizace emisí skleníkových plynů v České republice. Český hydrometeorologický ústav, Praha.

ČSÚ (1991-2004): Hrubá zemědělská produkce v České republice. Český statistický úřad, Praha.

ČSÚ (1994-2004a): Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin. Český statistický úřad, Praha.

ČSÚ (1994-2004b): Soupis hospodářských zvířat. Český statistický úřad, Praha.

ČSÚ (1995-2004): Statistická ročenka České republiky. Český statistický úřad, Praha.

ČSÚ (2000, 2001b, 2002b): Bilance energetických pochodů zušlechťování paliv v roce. Český statistický úřad, Praha.

ČSÚ (2001a, 2002a, 2003a): Výroba vybraných výrobků v průmyslu v roce. Český statistický úřad, Praha.

ČSÚ (2001c, 2002c, 2003b): Produkce, využití a zneškodnění odpadů v roce. Český statistický úřad, Praha.

ČSÚ (2005): Roční národní účty 2002 až 2003. Český statistický úřad, Praha.

ČSÚ (2006): Vybrané účty životního prostředí v České republice na makroekonomické úrovni (NAMEA pro emise do ovzduší v letech 1998, 1999, 2003 a MFA v letech 1993-2004). Český statistický úřad, Praha.

ČSÚ (2007): Účty materiálových toků v ČR v letech 2001-2006 (vybrané indikátory). Český statistický úřad, Praha.

Douglas I., Lawson N. (1997): An earth science approach to material flows generated by urbanization and mining. In: Bringezu, S. et al. (Eds): Regional and national material flow accounting: From paradigm to practice of sustainability. Proceedings of the ConAccount Workshop, 21-23 January 1997.

Duchin, F. (2004): Input-output economics and material flows. Working Papers in Economics. Rensselaer Polytechnic Institute, Troy.

EC (2002): The sixth community environment action programme. Decision No. 1600/2002/Ec of the European Parliament and of the Council of 22 July 2002.

EC (2005): Thematic strategy on the sustainable use of natural resources. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2005) 670 final.

EC (2006): Renewed EU sustainable development strategy. Decision of the Council of the European Union.

EEA (2000): Environmental signals 2000. European Environment Agency, Copenhagen.

EEA (2003): Europe's environment – the third assessment. European Environment Agency, Copenhagen.

EEA (2005): The European environment. State and outlook 2005. European Environment Agency, Copenhagen.

EEA (2006): Sustainable use and management of natural resources. European Environment Agency, Copenhagen.

Eurostat (2001): Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological Guide. Eurostat, Luxembourg.

Eurostat (2002): Material use in the European Union 1980–2000. Indicators and analysis. Eurostat, Luxembourg.

Eurostat (2005): Development of material use in the EU-15: 1970-2001. Material composition, cross-country comparison and material flow indicators. Eurostat, Luxembourg.

Femia, A., Moll, S. (2005): Use of MFA-related family of tools in environmental policy-making – Overview of possibilities, limitations and existing examples of application in practice. European Environment Agency, Copenhagen.

Fischer-Kowalski, M. (1998): Society's metabolism. The intellectual history of material flow analysis, Part I: 1860-1970. Journal of Industrial Ecology 2(1): 61-78.

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.

Fischer-Kowalski, M., Hüttler, W. (1999): Society's metabolism: The intellectual history of material flow analysis, part II, 1970-1998. Journal of Industrial Ecology 2 (4): 107-136.

Giljum, S. (2004): Trade, material flows and economic development in the South: the example of Chile. Journal of Industrial Ecology 8, 241–261.

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.

Hammer, M. (2001): Total material requirement for Hungary. Working paper from Young Scientist Summer Programme. International Institute for Aplied System Analysis, Luxenburg.

Hinterberger, F., Giljum, S., Hammer, M. (2003): Material flow accounting and analysis (MFA). A valuable tool for analyses of society-nature interrelationships. Sustainable Europe Research Institute, Vienna.

Hofstetter, P. (1993): Kohle. In: ETH Zürich, Laboratorium für Energiesysteme: Ökoinventare für Energiesysteme. Zürich.

Klarer, J., Moldan, B. (eds.) (1997): The environmental challenge for Central European economies in transition. John Wiley & Sons, New York.

Kneese, A., Ayres, R. U., D'Arge, R. C. (1974): Economics and the environment: A materials balance approach. In: The economics of pollution, edited by H. Wolozin.General Learning Press, Morristown.

Knoflacher, H., Macoun, T. (1989): Ökologie und Straßenverkehr. Umweltbundesamt, Wien.

Kovanda, J. (2006): Analýza materiálových toků a oddělení křivek zátěže životního prostředí a ekonomického výkonu. Statistika 1(2006): 44-53.

Kovanda, J., Hak, T. (2007): What are the possibilities for graphical presentation of decoupling? An example of economy-wide material flow indicators in the Czech Republic. Ecological Indicators 7 (1): 123-132.

Kovanda, J., Hak, T., Janacek, J.: Economy-wide material flow indicators in the Czech Republic: trends, decoupling analysis and uncertainties. International Journal of Environment and Pollution, in press.

Kovanda, J., Hak, T., Moldan, B., Beneš, B. (2005): Materiálové toky a udržitelné využití zdrojů. Závěrečná zpráva projektu VaV/1C/7/14/04 Ministerstva životního prostředí ČR.

Kovanda, J., Hák, T., Moldan, B., Christiánová, A., Krčma, M., Ouředníková, K. (2004): Analýza materiálových toků na makroekonomické úrovni s aplikací na mikroekonomickou úroveň a využití analýzy při rozpracování indikátorů trvale udržitelného rozvoje. Závěrečná zpráva projektu VaV/320/2/03 Ministerstva životního prostředí ČR.

Kovanda, J., Havranek, M., Hak, T. (2007): Calculation of the "net additions to stock" indicator for the Czech Republic using a direct method. Journal of Industrial Ecology 11(4): 140-154.

Machado, J.A. (2001): Material flow analysis in Brazil. Report to the European Commission DG XI, EU FP4 INCO-DEV project Amazonia21Q.

Matthews, E., Amann, C., Bringezu, S., Fischer-Kowalski, M., Hüttler, W., Kleijn, R., Moriguchi, Y., Ottke, C., Rodenburg, E., Rogich, D., Schandl, H., Schütz, H., van der Voet, E., Weisz, H., 2000: The weight of nations: Material outflows from industrial economies, World Resources Institute Report, Washington D. C.

MPO (2000): Panorama českého průmyslu 1998/99. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, Praha.

MPO (2003): Panorama českého průmyslu 2002. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, Praha.

MPO (2004a): Panorama českého průmyslu 2003. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, Praha.

MPO (2004b): Státní energetická koncepce. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, Praha.

MPO, MŽP (1999): Surovinová politika v oblasti nerostných surovin a jejich zdrojů. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, Praha.

MŠMT (2002): Návrh národního programu orientovaného výzkumu a vývoje. Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy, Praha.

MŠMT (2003): Národní program výzkumu. Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy, Praha.

MZe (1999-2002): Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha.

MŽP (2002, 2003a): Statistická ročenka životního prostředí České republiky. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.

MŽP (2003b): Zpráva o životním prostředí České republiky v roce 2002. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.

MŽP (2004): Státní politika životního prostředí 2004-2010. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.

MŽP (2005): Zpráva o životním prostředí České republiky v roce 2004. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.

MŽP: Informace o zajištění implementace Doporučení Rady OECD k materiálovým tokům a produktivitě zdrojů v podmínkách České republiku. Nepublikováno.

Ministry of the Environment (1992): Quality of the environment in Japan. Ministry of the Environment, Tokyo. Available at http://www.env.go.jp/en/wpaper/1992/index.html.

Moldan, B. (2000): Indikátory udržitelného rozvoje. Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí, Praha.

Moldan, B. (ed.) (1993): Konference OSN o životním prostředí a rozvoji. Dokumenty a komentáře. Management Press, Praha.

Moll, S. (1996): Ernährungbilanzen Privater Haushalte und deren Verknüpfung mit Physischen Input-Output tabellen. Studie im Auftrag des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden.

Moll, S., Bringezu, S. (2005): Aggregated indicators for resource use and resource productivity: Their meaning, cross-country comparability, and potential driving factors. European Environment Agency, Copenhagen.

Moll, S., Bringezu, S., Schütz, H. (2002): Zero study: Resource use in European countries. European Topic Centre on Waste and Material Flows, Copenhagen.

Mundl, A., Schutz, H., Stodulski, W., Sleszynski, J., Welfens, M.J. (1999): Sustainable development by dematerialization in production and consumption. Strategy for the new environmental policy in Poland. Institute for Sustainable Development, Warszaw.

Neužil, M. (2001): Vliv hlubinné těžby černého uhlí na životní prostředí. Zpravodaj EIA VI, 3, s. 5-9.

OECD (1993): OECD core set of indicators for environmental performance reviews. OECD, Paris.

OECD (2002): Indicators to measure decoupling of environmental pressures from economic growth. OECD, Paris.

OECD (2003): OECD Environmental Indicators – Development, measurement and use. Reference paper. OECD, Paris

OECD (2004): Recommendation of the Council on material flows and resource produktivity. OECD, Paris.

OECD (2005): Material flows and related indicators: Inventory of country activities. OECD, Paris.

OECD (2007): The OECD guide: Measuring material flows and resource productivity (pre-release version). OECD, Paris.

Parris, T.M., Kates, R.W. (2003): Characterizing and measuring sustainable development. Annual Review of Environment and Resources 28: 559-586.

Pedersen, O. G. (2002): DMI and TMR for Denmark 1981, 1990, 1997. An assessment of the material requirements of the Danish economy. Statistics Denmark, Copenhagen.

Posch, M. et al. (eds.) (2003): Modelling and mapping of critical thresholds in Europe. RIVM Report no. 259101013/2003.

Pulkráb, K., Šišák, L. (2001): Osobní komunikace s K. Pulkrábem a L. Šišákem, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a environmentální.

Rada vlády pro udržitelný rozvoj (2007): Situační zpráva ke Strategii udržitelného rozvoje ČR. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.

Rodrigues, J., Giljum, S. (2004): The accounting of indirect material requirements in material flowbased indicators. SERI, Vienna.

Rohn H. et al. (1995): Materialintensitäten von Gtrund-,Werk- und Baustoffen – Der Werkstoff Aluminium – Material Intensität von Getränkedosen. Wuppertal Papers No. 37, Wuppertal institute, Wuppertal.

Schandl, H., Hüttler, W., Payer, H. (1999): De-linking of economic growth and materials turnover. The European Journal of Social Sciences 12(1): 31-45.

Schmidt-Bleek, F. (1994): Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS – Das Mass für ökologisches Wirtschaften. Birkhäuser Verlag, Berlin, Basel, Boston.

Schütz, H. (1999): Technical details of NMFA (Inputside) for Germany. Wuppertal Institute, Wuppertal.

Schütz, H., Bringezu, S. (1993): Major material flows in Germany. Fresenius Environmental Bulletin 2: 443-448.

Schütz, H., Moll, S., Bringezu, S. (2004): Globalisation and the shifting environmental burden. Material trade flows of the European Union. Wuppertal Papers 134, Wuppertal.

Sikačová, Z. (2000): Hodnocení zdravotního stavu (Zdravotní dotazník, vybrané ukazatele demografické a zdravotní statistiky). Státní zdravotní ústav, Praha.

Spangenberg, J. H., Femia, A., Hinterberger, F., Schütz, H. (1999): Material flow-based indicators in environmental reporting. European Environment Agency, Copenhagen.

Steurer, A. (1992): Stoffstrombilanz Österreich 1988. Social Ecology Working Paper. IFF Social Ecology, Vienna.

Ščasný, M. (2000): Nové přístupy pro environmentáolní manažerské účetnictví. Sborník přednášek z pracovního jednání k problematice podnikového environmentálního účetnictví. Ministerstvo životního prostředí ČR a Universita Pardubice, Pardubice.

Ščasný, M., Kovanda, J. (2001): Analýza materiálových toků na makroekonomické úrovni: účty, bilance a indikátory materiálových toků České republiky 1990-1999. Závěrečná zpráva projektu VaV/310/1/00 MŽP „Metodologie hodnocení stavu a predikce životního prostředí formou bilančního hodnocení materiálových (i energetických) toků (zjevných i skrytých).“

Ščasný, M., Kovanda, J., Hák, T. (2003): Material flow accounts, balances and derived indicators for the Czech Republic during the 1990s: results and recommendations for methodlogical improvement. Ecological Economics 45(1): 41-57.

The World Commission on Environment and Development (WCED): Our common future. Oxford University Press, 1987.

UN (2002): Plan of implementation of theWorld Summit on Sustainable Development. United Nations, New York.

UNDP (2004): Human development report 2005. United Nations Development Programme, New York.

Úřad vlády ČR (2005): Strategie hospodářského růstu České republiky 2005-2013. Úřad vlády ČR, Praha.

Úřad vlády ČR (2006): Situační zpráva ke Strategii udržitelného rozvoje ČR. Úřad vlády ČR, Praha.

van der Voet, E., van Oers, L., Nikolic, I. (2004): Dematerialisation: Not just a matter of weight. Journal of Industrial Ecology 8(4): 121-138.

Vitousek, P., M., Ehrlich, P., R., Ehrlich, A., H., and Matson, P., A. (1986): Human appropriation of products of photosynthesis. Bioscience 36: 368-373.

Wackernagel, M. et. Rees, W. (1996): Our ecological footprint. Reducing human impact on the Earth. Gabriola Island, BC, New Society Publishers.

Weisz, H., Krausmann F., Sangkaman, S.: Resource use in a transition economy. Material and energy flow analysis for Thailand 1970/1980–2000. SEARCA Publishing, Laguna, in press.

Weizsäcker, E.U., Lovins, A.B., Lovins, L.H. (1996): Factor four. Doubling wealth, halving resource use. New report of the Rome Club. Earthscan, London.

World Economic Forum (2005): Environmental sustainability index 2005. World Economic Forum, Davos.

World Resource Institute (2005): Millennium ecosystem assessment. Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press, Washington, D.C.

Xiaoqiu, C., Lijia, Q. (2001): A preliminary material input analysis of China. Population and Environment 23: 117–126.

Webové stránky

Databáze zahraničního obchodu ČSÚ: http://dw.czso.cz/pls/stazo/stazo.stazo

Eurostat: ec.europa.eu/eurostat/

Evropská agentura pro životní prostředí: http://www.eea.europa.eu/

Food and Agricultural Organization: http://apps.fao.org

Mezinárodní ústav pro udržitelný rozvoj: http://www.iisd.org/

Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj: http://www.oecd.org

Světová unie ochrany přírody: http://www.iucn.org/

United Nations Commission on Sustainable Development: http://www.un.org/esa/sustdev/csd/policy.htm

Ústav pro světové zdroje: http://www.wri.org/

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M, databáze odpadů: http://ceho.vuv.cz/

Wupertalský institut pro klima, životní prostředí a energii, databáze koeficientů nepřímých toků: http://www.wupperinst.org/en/projects/topics_online/mips/index.html

Seznam příloh

Příloha 1: Ščasný, M., Kovanda, J., Hák, T. (2003): Material flow accounts, balances and derived indicators for the Czech Republic during the 1990s: Results and recommendations for methodological improvements. Ecological Economics 45(1): 41-57.

Příloha 2: Kovanda, J., Hak, T. (2007): What are the possibilities for graphical presentation of decoupling? An example of economy-wide material flow indicators in the Czech Republic. Ecological Indicators 7 (1): 123-132.

Příloha 3: Kovanda, J., Hak, T., Janacek, J. Economy-wide material flow indicators in the Czech Republic: trends, decoupling analysis and uncertainties. International Journal of Environment and Pollution, in press.

Příloha 4: Kovanda, J., Havranek, M., Hak, T. (2007): Calculation of the "net additions to stock" indicator for the Czech Republic using a direct method. Journal of Industrial Ecology 11(4): 140-154.

Seznam použitých zkratek

BSK	biochemická spotřeba kyslíku
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
CFC	chlorofluorocarbons (chlorované a fluorované uhlovodíky – freony)
CLRTAP	Convention on long-range transboundary air pollution (Konvence o znečišťování ovzduší přesahující hranice států)
CN	combined nomenclature (kombinovaná nomenklatura zahraničního obchodu)
ČOV	čistírna odpadních vod
CPA	classification of products by activities (klasifikace produktů podle aktivit)
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
DE	domestic extraction used (domácí užitá těžba)
DMC	domestic material consumption (domácí materiálová spotřeba)
DMI	direct material input (přímý materiálový vstup)
DPO	domestic processed output (domácí zpracovaný výstup)
EC	Commission of the European Communities (Evropská komise)
EEA	European Environment Agency (Evropská agentura pro životní prostředí)
EU	Evropská unie
EU-10	nové členské státy Evropské unie od roku 2004
EU-15	členské státy Evropské unie do roku 2004
EW-MFA	economy-wide material flow analysis (analýza materiálových toků na makroekonomické úrovni)
EX	exports (exporty)
HDP	hrubý domácí produkt
HS	harmonised commodity description and coding system (harmonizovaný systém zahraničního obchodu)
IFEX	indirect flows of exports (nepřímé toky vývozů)
IM	imports (dovozy)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Mezivládní panel pro klimatickou změnu)
ISOH	informační systém odpadového hospodářství
LCA	life cycle analysis (analýza životního cyklu)
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR
MŠMT	Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR
MŽP	Ministerstvo životního prostředí ČR
NAS	net additions to stock (čistý přírůstek fyzických zásob)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj)
PTB	physical trade balance (fyzická bilance zahraničního obchodu)
REZZO	Registr emisí a zdrojů znečiš´tování ovzduší
RME	raw material equivalents (surovinové ekvivalenty)
SFA	substance flow analysis (analýza toku látek)
TDO	total domestic output (celkový domácí výstup)
TMC	total material consumption (celková materiálová spotřeba)
TMR	total material requirement (celkový materiálový požadavek)
USA	United States of America (Spojené státy americké)
VaV	projekt výzkumu a vývoje

Příloha 1

Ščasný, M., Kovanda, J., Hák, T. (2003): Material flow accounts, balances and derived indicators for the Czech Republic during the 1990s: Results and recommendations for methodological improvements. Ecological Economics 45(1): 41-57.

Příloha 2

Kovanda, J., Hak, T. (2007): What are the possibilities for graphical presentation of decoupling? An example of economy-wide material flow indicators in the Czech Republic. Ecological Indicators 7 (1): 123-132.

Příloha 3

Kovanda, J., Hak, T., Janacek, J. Economy-wide material flow indicators in the Czech Republic: trends, decoupling analysis and uncertainties. International Journal of Environment and Pollution, in press.

Příloha 4

Kovanda, J., Havranek, M., Hak, T. (2007): Calculation of the "net additions to stock" indicator for the Czech Republic using a direct method. Journal of Industrial Ecology 11(4): 140-154.