

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

1. Socioekonomický metabolismus

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

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

Zátěž životnímu prostředí působí již samotné dobývání nerostných surovin. Při těžbě ropy v mořích dochází k únikům jak u vlastní těžby, tak i transportu. Při podzemní a povrchové těžbě nerostných surovin vznikají mnohostranné negativní vlivy na životní prostředí (Neužil, 2001). Patří sem plynné emise (hlavně CO, CO₂, SO₂, SO₃, CH₄, NO, NO₂), prašný aerosol, narušení vodního režimu a kontaminace vod, zábor a devastace půdního fondu a znečištění půdy, přímé narušení biotopů, hluk, vibrace, změna krajinného rázu. Další zátěž vzniká při úpravě nerostných surovin – třídění, drcení, promývání, sušení atd.

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

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

Až dosud bylo uspokojování lidských potřeb úzce spjata se zátěží vyvíjenou na životní prostředí. Rostla-li životní úroveň obyvatel, docházelo zpravidla také k růstu této zátěže, i když v případě rozvinutých průmyslových států byl často tento tlak přesouván do zahraničí (dovoz surovin či přesun „špinavých“ výrobních provozů do rozvojových zemí), a tak došlo k vyčištění jejich domácího životního prostředí (Giljum et al., 2009; Schütz et al., 2004). V globálním měřítku však v průběhu 20. století lidská společnost zaznamenala bezprecedentní nárůst ročních materiálových a energetických vstupů i výstupů (Krausmann et al., 2009). S tím rostlo i celkové zatížení životního prostředí. Jedním z cílů zejména vyspělých států se proto v rámci dosažení udržitelnosti rozvoje stalo zlomení vzájemné závislosti mezi zátěží životního prostředí a hospodářským růstem, který v tomto případě zastupuje zvyšující se míru uspokojování lidských potřeb a růst životní úrovně. Pro toto oddělení křivek hospodářské výkonnosti a tlaku vyvíjeného na životní prostředí se vžilo označení „decoupling“, které je zkrácenou verzí anglického výrazu „decoupling of environmental pressure from economic performance“ (Fischer-Kowalski et al., 2011; OECD, 2002).

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

Analýza materiálových toků představuje jeden z nástrojů jak kvantifikovat socio-ekonomický metabolismus a hodnotit zátěž životního prostředí, která je s ním spojena. V současné době se pozornost zaměřuje zejména na analýzu materiálových toků na národní nebo také makroekonomické úrovni (economy-wide material flow analysis – EW-MFA). Ta byla vyvinuta v průběhu devadesátých let ve spolupráci řady výzkumných ústavů a organizací, mimo jiné Ústavu pro světové zdroje, Wuppertálského institutu pro klima, životní prostředí a energii, katedry pro sociální a kulturní ekologii při fakultě pro mezioborová studia univerzity v Klagenfurtu nebo Japonské environmentální agentury. V následujících letech byl tento přístup standardizován v metodologických příručkách Eurostatu (Eurostat, 2001, 2018).

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

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

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

Rovnost ve sdílení přírodních zdrojů

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

Intenzita využití území

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

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

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

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

Přesun zátěže životního prostředí mezi státy a regiony

Řada průmyslových států snížila domácí těžbu surovin a produkci některých výrobků a namísto toho je dováží ze zahraničí. Dochází tak k přesunu zátěže životního prostředí spojené s těžbou a výrobou těchto komodit, a to zpravidla na úkor rozvojových zemí (Giljum et al., 2009; Schütz et al., 2004). Abychom mohli posoudit tyto přesuny, je nutné sledovat dovozy, vývozy a související toky materiálů.

Materiálová závislost na zahraničí, zabezpečení dodávek

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

Potenciál pro budoucí odpadní toky

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

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

Spotřeba neobnovitelných a obnovitelných zdrojů

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

3. Zhodnocení vývoje vybraných indikátorů materiálových toků v ČR v letech 2017-2022

V letech 2017-2022 došlo k nárůstu domácí užití těžby o 1,5 % z 159,9 mil. tun na 162,3 mil. tun (tabulka 1). Nárůst byl poměrně výrazný v letech 2017-2019, kdy domácí užitá těžba stoupla o 4,2 % z 159,9 mil. tun na 166,7 mil. tun, pak však došlo k poklesu na 162 mil. tun, který je možné přičítat utlumení ekonomiky v roce 2020 v důsledku pandemie COVID-19. V roce 2021 pak domácí užitá těžba stoupla o 1,2 % ze 162 mil. tun na 163,9 mil. tun a v roce 2022 poklesla o 0,9 % z 163,9 mil. tun na 162,3 mil. tun. Domácí užitou těžbu má smysl vztáhnout k rozloze ČR - tento poměr vyjadřuje zátěž související s čerpáním přírodních zdrojů vyvíjený na jednotku území státu. V letech 2017-2022 vzrostla tato zátěž z 2 028 tun na km² na 2 058 tun na km². Uvedená zátěž zahrnuje zejména strukturální změny v krajině spojené s těžbou neobnovitelných zdrojů (přemísťování skrývek, poddolování) a tlak na snižování biodiverzity a změny ve využívání krajiny u obnovitelných zdrojů (především v případě produkce biomasy ve velkoplošných agroekosystémech).

Z členění domácí užití těžby na skupiny materiálů je zřejmé, že celkový nárůst v letech 2017-2020 byl dán obnovitelnými zdroji, které stouply o 26,9 % z 38,1 mil. tun na 48,3 mil. tun za celé toto období a o 11,2 % ze 43,5 mil. tun na 48,3 mil. tun v krizovém roce 2020. Oproti tomu v letech 2021 a 2022 došlo k poklesu domácí užití těžby obnovitelných zdrojů o 12,7 % ze 48,3 mil. tun na 42,2 mil. tun. Kromě nárůstu biomasy ze zemědělství, která stoupla o 2,9 % z 26,6 mil. tun v roce 2017 na 27,4 mil. tun v roce 2022, byl vzestupný trend patrný zejména u biomasy z lesnictví, jejíž objem se zvýšil o 29,4 % z 11,4 mil. tun na 14,7 mil. tun. K vzestupu došlo především v letech 2018-2020, kdy biomasa z lesnictví vystoupala až na 20,7 mil. tun, což je možné dát do souvislosti s probíhající kůrovcovou kalamitou. V letech 2021 a 2022 pak došlo k poklesu na zmiňovaných 14,7 mil. tun, který byl hlavní příčinou celkového poklesu domácí užití těžby obnovitelných zdrojů po roce 2020. Pokles zaznamenaly v letech 2017-2022 zbyvající dvě kategorie obnovitelných zdrojů: biomasa z lovu o 8,5 % z 17,6 tis. tun na 16,1 tis. tun a ostatní biomasa o 14,1 % z 53,3 tis. tun na 45,8 tis. tun. Absolutní hodnoty biomasy z lovu a ostatní biomasy jsou však velmi nízké, takže celkový trend produkce obnovitelných zdrojů výrazněji neovlivňují. Neobnovitelné zdroje zaznamenaly v letech 2017-2022 pokles o 1,4 % z 121,8 mil. tun na 120,1 mil. tun, přičemž opět nejvýrazněji došlo k poklesu v roce 2020 (o 7,8 % z 123,2 mil. tun na 113,7 mil. tun). Na tomto poklesu se podílela fosilní paliva, jejichž domácí užitá těžba se snížila v letech 2017-2022 o 21,5 % ze 44,2 mil. tun na 34,9 mil. tun, a průmyslové nerostné suroviny, jejichž těžba poklesla o 11,7 % z 11,5 mil. tun na 10,1 mil. tun. Oproti tomu domácí užitá těžba stavebních nerostných surovin zaznamenala v letech 2017-2022 nárůst, a to včetně roku 2020. Celkově se jejich objem zvýšil o 14 % z 65,9 mil. tun na 75,1 mil. tun. Co se týče těžby kovových nerostů, která zahrnovala pouze těžbu uranové rudy, tak ta byla zcela utlumena a klesla o 100 % z 12 tis. tun v roce 2017 na nulu v roce 2018.

V případě fyzického dovozu došlo v letech 2017-2022 k nárůstu o 1,5 % ze 78,5 mil. tun na 79,6 mil. tun, přičemž obdobně jako v případě domácí užití těžby fyzický dovoz v letech 2017-2019 rostl (o 3,4 % ze 78,5 mil. tun na 81,1 mil. tun), poté došlo k jeho výraznému poklesu o 9,9 % na 73,1 mil. tun, což byla nižší hodnota než v roce 2017, v roce 2021 fyzický dovoz opět stoupl o 11 % na 81,2 mil. tun, tedy na hodnotu o něco vyšší než v roce 2019, a poté v roce 2022 poklesl o 2,1 % na 79,6 mil. tun. Z tohoto vývoje je patrné, že probíhající pandemie COVID-19 neovlivnila pouze spotřebu domácích zdrojů, ale i spotřebu zdrojů z dovozu. Fyzický vývoz zaznamenal v letech 2017-2022 nárůst o 4,2 % ze 71 mil. tun na 74 mil. tun, přičemž velikost vývozu byla v letech 2019 a 2020 zhruba na stejné úrovni. K růstu však docházelo především v letech 2017-2021 (o 10,6 % ze 71 mil. tun na 78,5 mil. tun), v roce 2022 naopak došlo k poklesu o 5,8 % na zmiňovaných 74 mil. tun (tabulka 2). Fyzický dovoz je považován za první indikaci zátěže životního prostředí, kterou dovážející země přesouvá do zemí vývozu – s produkcí tohoto dovozu je v zemi vývozu spojena zátěž životního prostředí (zátěž z těžby surovin a z produkce výrobků) a hnací silou této zátěže je dovážející země, která tyto suroviny/výrobky poptává. Analogicky fyzické vývozy indikují přesuny zátěže životního prostředí ze zahraničí do ČR. Ve sledovaném období došlo ke zvýšení přesunů zátěže z ČR do ostatních zemí i přesunů zátěže životního prostředí ze zahraničí do ČR.

Na nárůstu fyzického dovozu v letech 2017-2021 se podílely zejména nekovové nerosty, které stouply o 27 % z 8,3 mil. tun na 10,6 mil. tun. Ostatní skupiny materiálů vzrostly pouze mírně, přičemž biomasa dokonce o něco poklesla. Pokles fyzického dovozu v roce 2022 byl zapříčiněn zejména kovovými nerosty, které klesly o 8,1 % z 22,9 mil. tun na 21 mil. tun. Nárůst celkového fyzického vývozu byl dán především vývozem biomasy, který za celé sledované období vzrostl o 22,2 % z 26,9 mil. tun na 32,9 mil. tun, přičemž i v roce 2020 došlo k nárůstu o 13,1 % z 32,1 mil. tun na 36,3 mil. tun, a poté v letech 2021 a 2022 k poklesu o 9,4 % z 36,3 mil. tun na 32,9 mil. tun. Nárůst fyzického vývozu byl zaznamenán i pro ostatní skupiny materiálů s výjimkou fosilních paliv, jejichž vývoz za celé sledované období poklesl (celkem o 23 % z 11 mil. tun na 8,5 mil. tun), a kovových nerostů, které se snížily o 4,7 % z 18 mil. tun na 17,1 mil. tun. Z relativního hlediska k nejvyššímu nárůstu došlo u vývozu odpadů, který se zvýšil více než 8 krát ze 151 tun na 1 275 tun. Obdobně jako u biomasy z lovu a ostatní biomasy u domácí užití těžby je však absolutní hmotnost odpadů velmi malá, takže celkovou hodnotu a trend vývozu (a ani dovozu) téměř neovlivní.

Přímý materiálový vstup (DMI) i domácí materiálová spotřeba (DMC) vzrostly mezi roky 2017 a 2022 o 1,5 % z 238,4 mil. tun na 242 mil. tun, respektive o 0,4 % z 167,4 mil. tun na 168 mil. tun. Vzhledem k tomu, že ve sledovaném období došlo k nárůstu počtu obyvatel ČR ca o 170 tisíc (Czech Statistical Office, 2023), v přepočtu na osobu DMI zůstalo zhruba na stejné úrovni, zatímco DMC o něco pokleslo z 15,8 tun na osobu na 15,6 tun na osobu. Co se týče celé časové řady, tak DMI a DMC v absolutních hodnotách zaznamenaly nárůst mezi lety 2017 a 2019, poté pokles v roce 2020, opět nárůst v roce 2021 a poté mírný pokles u DMI a mírný nárůst u DMC v roce 2022 (tabulka 3).

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

Nejvýznamnější složkou DMI jsou v absolutních hodnotách nekovové nerosty (v roce 2017 jejich podíl na DMI činil 36 %, v roce 2022 to bylo 39,5 %). DMI nekovových nerostů měl obdobný trend, jako celkové DMI, tedy vzestup o 6,9 % z 85,7 mil. tun na 91,7 mil. tun v letech 2017-2019, poté pokles o 0,9 % z 91,7 mil. tun na 90,9 mil. tun v roce 2020, pak opět vzestup o 6,7 % z 90,9 mil. tun na 97 mil. tun v roce 2021 a poté pokles o 1 % z 97 mil. tun na 96 mil. tun v roce 2022. Podobný vývoj zaznamenaly také kovové nerosty a ostatní výrobky. Oproti tomu biomasa rostla jak v letech 2017-2019, tak v roce 2020 (celkem o 18 % z 52,1 mil. tun na 61,5 mil. tun) a v letech 2021 a 2022 zaznamenala pokles o 8,6 % z 61,5 mil. tun na 56,2 mil. tun. Fosilní paliva klesala jak v letech 2017-2019, tak v roce 2020 (celkem o 21,4 % ze 72,3 mil. tun na 56,8 mil. tun), zatímco v letech 2021 a 2022 u nich došlo k růstu o 10,4 % z 56,8 mil. tun na 62,7 mil. tun. U DMC byl nárůst v letech 2017-2019 zapříčiněn zejména nekovovými nerosty, které v tomto období stouply o 6,6 % ze 76,5 mil. tun na 81,6 mil. tun. Pokles DMC v roce 2020 byl pak především dán poklesem fosilních paliv o 18,3 % z 59,7 mil. tun v roce 2019 na 48,7 mil. tun v roce 2020. Nárůst DMC v letech 2021 a 2022 zapříčinily zejména nekovové nerosty, které vzrostly o 6,3 % z 81,4 mil. tun na 86,5 mil. tun a dále také fosilní paliva, která stoupla o 11,2 % ze 48,7 mil. tun na 54,2 mil. tun. Zvláštní položkou jsou odpady, které u DMI a DMC poměrně výrazně fluktuují, ovšem v absolutních hodnotách je jejich objem relativně malý, takže celkový trend indikátorů téměř neovlivňují. Vzhledem k tomu, že u odpadů v letech 2020 a 2021 převažuje vývoz nad dovozem, nabývá indikátor DMC v této materiálové kategorii záporných hodnot (tabulky 4 a 5).

Ve sledovaném období stoupla zastoupení obnovitelných zdrojů (biomasy) na DMI z 21,9 % na 23,2 % a u DMC kleslo z 15,1 % na 13,9 %. Vzhledem k tomu, že spotřeba obnovitelných zdrojů je obvykle spojena s menšími dopady na životní prostředí než spotřeba zdrojů neobnovitelných, je možné tento trend považovat u DMI za pozitivní a u DMC za negativní. Pozitivně je možné hodnotit pokles podílu fosilních paliv, s jejichž spotřebou jsou spojeny emise skleníkových plynů přispívající ke globální změně klimatu. Podíl fosilních paliv na DMI a DMC poklesl v letech 2017-2022 z 30,3 % na 25,9 %, respektive z 36,6 % na 32,3 %.

Materiálová náročnost vyjádřená jako DMI ku HDP klesla v letech 2017-2022 o 4,7 % z 47,8 kg na 1 000 Kč na 47,3 kg na 1 000 Kč, materiálová náročnost vyjádřená jako DMC ku HDP klesla o 5,8 % z 33,6 kg na 1 000 Kč na 31,6 kg na 1 000 Kč. Materiálová produktivita vyjádřená jako HDP ku DMI a DMC, jejíž časový vývoj je stejný jako u materiálové náročnosti, pouze s inverzním průběhem, stoupla o 4,9 % z 20,9 kg na 1 000 Kč na 22 kg na 1 000 Kč u DMI a o 6,1 % z 29,8 kg na 1 000 Kč na 31,6 kg na 1 000 Kč u DMC (tabulky 4 a 5). Z poklesu materiálové náročnosti, respektive nárůstu materiálové produktivity, je možné usuzovat na zvyšující se efektivitu přeměny vstupních materiálových toků na ekonomický výstup a také na

pokles zátěže životního prostředí na jednotku HDP. Toho bylo dosaženo v důsledku zavádění moderních technologií, změn ve struktuře ekonomiky a zvyšující se míry recyklace. Dále je možné předpokládat zvyšování konkurenceschopnosti v důsledku snižování výrobních nákladů ze strany nákupu surovin a dalších materiálů potřebných na výrobu. V současné době probíhá diskuse, jestli je HDP vhodný indikátor pro výpočet materiálové náročnosti a produktivity. Pro zachování konzistence by měl být využíván indikátor, který v monetárních jednotkách zahrnuje obdobné položky, jako jsou zahrnuty v indikátorech materiálových toků ve fyzických jednotkách. Jako alternativní indikátory k HDP se v těchto diskusích objevují například produkce nebo HDP plus dovoz pro DMI a HDP plus dovoz mínus vývoz pro DMC (OECD, 2008; Hirschnitz-Garbers et al., 2014).

Indikátory DMI a DMC je možné znázornit v jednom grafu s HDP, kdy je všem indikátorům přiřazena hodnota indexu 100 pro výchozí rok a pro další roky se vynáší procentuální změna tohoto indexu. Tak je vyjádřeno oddělení křivek zátěže životního prostředí (reprezentované DMI a DMC) a ekonomické výkonnosti (reprezentované HDP) (graf 10), které je zmiňované v předchozí kapitole (tzv. decoupling). V ČR v letech 2017-2022 došlo u DMI i DMC k relativnímu decouplingu: oba indikátory za celé toto období stouply, ovšem HDP vzrostl výrazněji než DMI a DMC. Zajímavý je vývoj v roce 2020, kdy DMI klesl méně než HDP (o 5,1 %, zatímco HDP klesl o 5,8 %). V případě DMI proto v tomto roce k žádnému decouplingu nedocházelo. U DMC oproti tomu došlo k relativnímu decouplingu, protože tento indikátor poklesl více než HDP (7,5 % oproti 5,8 %). Obecně je možné konstatovat, že pro snižování absolutní zátěže životního prostředí je třeba dosáhnout absolutního decouplingu.

Fyzická bilance zahraničního obchodu (PTB) se za celé období 2017-2022 snížila o 24 % ze 7,5 mil. tun na 5,7 mil. tun. V letech 2017-2019 došlo ke snížení o 33,7 % ze 7,5 mil. tun na 5 mil. tun, ovšem v roce 2020 byl zaznamenán další prudký pokles na -3 mil. tun. Ten byl dán tím, že došlo k výraznému poklesu fyzického dovozu, zatímco fyzický vývoz stagnoval. Vzhledem k tomu, že v roce 2020 byla hodnota fyzického vývozu vyšší než hodnota fyzického dovozu, nabývá fyzická bilance zahraničního obchodu záporných hodnot. V letech 2021 a 2022 se fyzický dovoz opět dostal na vyšší úroveň než fyzický vývoz, díky čemuž fyzická bilance zahraničního obchodu znovu dosáhla kladných hodnot 2,6 mil. tun, respektive 5,7 mil. tun. V přepočtu na osobu se PTB pohybovala od -284,7 kilogramů do 705,1 kilogramů na osobu (tabulka 6). Indikátor PTB naznačuje, dochází-li v důsledku zahraničního obchodu ve větší míře k přesunům environmentální zátěže z ČR do zahraničí nebo naopak. Z kladných hodnot je možné usuzovat na čistý vývoz environmentální zátěže (zátěž, kterou ČR prostřednictvím svých dovozů působí v jiných zemích je větší než zátěž působená cizími zeměmi v ČR). Tato skutečnost je kontroverzní z hlediska myšlenek udržitelného rozvoje. PTB dále indikuje materiálovou závislost ČR na zahraničí. Vysoké kladné hodnoty mohou dané zemi působit potíže, je-li na trhu nedostatek určitých komodit nebo dojde-li k prudkému zvýšení jejich cen.

Ze složek PTB dosahuje ČR výrazně kladné bilance u fosilních paliv a kovových nerostů, kladná však byla bilance také u ostatních výrobků. Tyto komodity je třeba dovážet, protože jejich zdroje v ČR jsou buď nedostatečné, nebo je jejich využití nerentabilní. PTB fosilních paliv vykázala v letech 2017-2022 nárůst o 13,1 %, u PTB kovových nerostů došlo k poklesu taktéž o 13,1 %, zatímco PTB ostatních výrobků vzrostla o 68,5 %. Na druhou stranu bilance u biomasy nabývala výrazně záporných hodnot, které se mezi lety 2017 a 2022 ještě snížily o 44,3 %. S výjimkou let 2021 a 2022 byla fyzická bilance zahraničního obchodu záporná také u nekovových nerostů a v letech 2020-2022 i u odpadů.

DMI a DMC jsou vnitřně nekonzistentní indikátory, protože jedna jejich složka – domácí užitá těžba – je započítávána ve formě surovin, zatímco fyzické dovozy a vývozy jsou započítávány ve formě produktů. Může tak dojít k tomu, že stát sníží materiálovou spotřebu vyjádřenou prostřednictvím DMI nebo DMC pouze tím, že přestane některé výrobky sám vyrábět z domácích surovin a začne je dovážet ze zahraničí. Hmotnost surovin, které je třeba vytěžit na výrobu produktů a které se započítávají do domácí užitá těžby, je totiž výrazně vyšší než hmotnost vyrobených produktů, které jsou součástí dovozů a vývozů. To je dáno tím, že již během výroby se část vytěžených surovin přemění na odpadní látky a část je jich využita pouze na zajištění energetických potřeb výroby. Aby nemohlo docházet při měření materiálové spotřeby k výše uvedeným zkreslením, jsou vyvíjeny nové indikátory, které dovezené a vyvezené produkty započítávají ve formě všech surovin, které jsou potřeba na jejich výrobu, takzvaných surovinových ekvivalentů (RME, z anglického Raw Material Equivalents). Tyto indikátory se nazývají surovinový vstup (RMI, z anglického Raw Material Input), který se vypočte jako součet domácí užitá těžby a surovinových ekvivalentů dovozů, a surovinová spotřeba (RMC, z anglického Raw Material Consumption), která se vypočte jako domácí užitá těžba plus surovinové ekvivalenty dovozů mínus surovinové ekvivalenty vývozů. RMC bývá také označována jako materiálová stopa (MF, z anglického Material Footprint) a patří tak do stejné skupiny indikátorů jako uhlíková stopa (CF, z anglického Carbon Footprint) nebo ekologická stopa (EF, z anglického Ecological Footprint). Surovinové ekvivalenty dovozů a vývozů je možné použít také pro vyjádření fyzické bilance zahraničního obchodu a k posouzení přesunů environmentální zátěže mezi zeměmi, které je přesnější než u PTB využívající prostou váhu dovezených/vyvezených produktů.

Metodika výpočtu surovinových ekvivalentů dovozů a vývozů je stále předmětem výzkumu mezinárodních organizací a výzkumných institucí. Nejbližší k zavedení standardizovaného postupu výpočtu dospěl Eurostat, který se v rámci svých výzkumných projektů této problematice věnuje již od roku 2009. Eurostat vytvořil model, pomocí kterého vypočítává RME, RMI a RMC pro Evropskou unii jako celek. Na základě tohoto modelu byl dále vytvořen tzv. country tool, který umožňuje odhad surovinových ekvivalentů pro jednotlivé státy EU. Od roku 2018 tak mohl Eurostat zahrnout do dotazníku, pomocí kterého získává od členských států EU data o materiálových tocích, také údaje o dovozech a vývozech ve formě surovinových ekvivalentů. Tato část dotazníku je však zatím pouze dobrovolná. Podrobnosti o projektu Eurostatu, materiálové spotřebě EU vyjádřené prostřednictvím RME a nástroji pro výpočet RME na úrovni států jsou uvedeny na https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Material_flow_accounts_statistics_-_material_footprints#Accounting_for_trade_flows_in_terms_of_raw_materials_equivalents.

V roce 2023 využil country tool i ČSÚ a získal tak první oficiální odhad surovinových ekvivalentů dovozů a vývozů pro ČR (https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_ac_rme/default/table?lang=en). Z výsledků vyplývá, že surovinové ekvivalenty dovozů respektive vývozů jsou pro Českou republiku ca 2,5 krát větší než prostá váha dovozů/vývozů. Největší část surovinových ekvivalentů dovozů byla v roce 2020 tvořena rudami, zatímco v případě surovinových ekvivalentů vývozů byla nejvíce zastoupena fosilní paliva. Na druhém místě byly u dovozů fosilní paliva následované nemetalickými minerály a u vývozů nemetalické minerály následované biomasou. Nejmenší část surovinových ekvivalentů tvořila u dovozů biomasa a u vývozů rudy. V důsledku nárůstu hmotnosti surovinových ekvivalentů dovozů ve srovnání s prostými dovozy byl indikátor RMI o 43,9 % vyšší než indikátor DMI. Oproti tomu indikátor RMC byl pouze o 8,6 % vyšší než DMC, protože nárůst surovinových ekvivalentů dovozů a vývozů se při výpočtu indikátoru RMC navzájem částečně vykrátil.

Použitá literatura / References

1. Ayres, R. U., Simonis, L. (1994): Industrial metabolism: Restructuring for sustainable development. UNU Press, Tokyo.
2. Baccini, P., Brunner, P., H. (1991): Metabolism of the anthroposphere. Springer Verlag, Berlin, New York, Tokio.
3. Bringezu, S., Bleischwitz, R. (2009): Sustainable resource management. Global trends, visions and policies. Greenleaf Publishing, Sheffield.
4. Bringezu, S., Schütz, H., Moll, S. (2003): Rationale for and interpretation of economy-wide material flow analysis and derived indicators. *Journal of Industrial Ecology* 2 (7): 43-64.
5. Czech Statistical Office (2023): Czech demographic handbook – 2022. Czech Statistical Office, Prague.
6. Czech Statistical Office, yearly national accounts, internet application: <http://dw.czso.cz/pls/rocenka/rocenka.indexnu>
7. EEA (2006): Sustainable use and management of natural resources. European Environment Agency, Copenhagen.
8. Eurostat (2001): Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological Guide. Eurostat, Luxembourg.
9. Eurostat (2018): Economy-wide material flow accounts handbook. Eurostat, Luxembourg.
10. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1993): Metabolism and colonization. Modes of production and the physical exchange between societies and nature. *Innovation: The European Journal of Social Sciences* 6 (4): 415-442.
11. Fischer-Kowalski, M., Weizsäcker, E.U., Ren, Y., Moriguchi, Y., Crane, W., Krausman, F., Eisenmenger, N., Giljum, S., Hennicke, P., Romeo Lankao, P., Siriban Manalang, A., Sewerin, S., 2011. Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth. A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Geneva.
12. Giljum, S., Hinterberger, F., Bruckner, M., Burger, E., Frühman, J., Lutter, S., Pirgmaier, E., Polzin, C., Waxwender, H., Kernegger, L., Warhurst, M. (2009): Overconsumption? Our use of the world's natural resources. Sustainable Europe Research Institute, GLOBAL 2000. Friends of the Earth Europe, Vienna.
13. 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.
14. Hirschnitz-Garbers, M., Srebotnjak, T., Gradmann, A., Lutter, S., Giljum, S. (2014): Further development of material and raw material input indicators – Methodological discussion and approaches for consistent data sets. Input paper for expert workshop. Ecologic Institute and WU Wien, Berlin.
15. Krausmann F., Gingrich S., Eisenmenger N., Erb KH., Haberl H., Fischer-Kowalski M. (2009): Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics* 68: 2696–705.
16. Moldan, B. (ed.) (1993): UN Conference on the environment and development. Documents and commentaries. Management Press, Prague.
17. Neužil, M. (2001): Influence of underground mining on the environment. *Reporter of EIA* VI, 3, s. 5-9.
18. OECD (2002): Indicators to measure decoupling of environmental pressures from economic growth. OECD, Paris.
19. OECD (2008): The OECD guide: Measuring material flows and resource productivity. OECD, Paris.

20. Schmidt-Bleek, F. (1994): *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS – Das Mass für ökologisches Wirtschaften*. Birkhäuser Verlag, Berlin, Basel, Boston.
21. Schütz, H., Moll, S., Bringezu, S. (2004): *Globalisation and the shifting environmental burden. Material trade flows of the European Union*. Wuppertal Papers 134, Wuppertal.
22. Spangenberg, J. H., Femia, A., Hinterberger, F., Schütz, H. (1999): *Material flow-based indicators in environmental reporting*. European Environment Agency, Copenhagen.
23. Vitousek, P., M., Ehrlich, P., R., Ehrlich, A., H., and Matson, P., A. (1986): *Human appropriation of products of photosynthesis*. *Bioscience* 36: 368-373.
24. Wackernagel, M. et. Rees, W. (1996): *Our ecological footprint. Reducing human impact on the Earth*. Gabriola Island, BC, New Society Publishers.
25. Weizsäcker, E.U., Hargroves, K., Smith, M.H., Desha, C., Stasinopoulos, P. (2009): *Factor five. Transforming the global economy through 80% improvements in resource productivity*. Earthscan, London.
26. World Resource Institute (2005): *Millennium ecosystem assessment. Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, D.C.