

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 šířeji 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 spjato se zátěží vyvíjenou na životní prostředí. Rostla-li životní úroveň obyvatel, docházelo zpravidla také k růstu této zátěže, i když v případě rozvinutých průmyslových států byl často tento tlak přesouván do zahraničí (dovoz surovin či přesun „špinavých“ výrobních provozů do rozvojových zemí), a tak došlo k vyčištění jejich domácího životního prostředí (Giljum et al., 2009; Schütz et al., 2004). V globálním měřítku však v průběhu 20. století lidská společnost zaznamenala bezprecedentní nárůst ročních materiálových a energetických vstupů i výstupů (Krausmann et al., 2009). S tím rostlo i celkové zatížení životního prostředí. Jedním z cílů zejména vyspělých států se proto v rámci dosažení udržitelnosti rozvoje stalo zlomení vzájemné závislosti mezi zátěží životního prostředí a hospodářským růstem, který v tomto případě zastupuje zvyšující se míra 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 2019-2024

V letech 2019-2024 došlo k poklesu domácí užití těžby o 17,5 % z 166,7 mil. tun na 137,6 mil. tun (tabulka 1). Pokles byl pouze mírný mezi lety 2019 a 2022 (o 2,6 % z 166,7 mil. tun na 162,4 mil. tun), pak však akceleroval a mezi roky 2022 a 2024 domácí užitá těžba poklesla o 15,3 %. 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 2019-2024 poklesla tato zátěž z 2 114 tun na km² na 1 744 tun na km². Uvedená zátěž zahrnuje zejména strukturní změny v krajině spojené s těžbou neobnovitelných zdrojů (přemisťování skryvek, 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 pokles v letech 2019-2024 byl dán obnovitelnými i neobnovitelnými zdroji. Obnovitelné zdroje poklesly o 14,4 % z 43,5 mil. tun na 37,2 mil. tun, přičemž tento pokles byl způsoben biomasou z lesnictví, která se snížila o 40 % z 17,6 mil. tun na 10,6 mil. tun. Toto snížení je možné dát do souvislosti s ustupující kůrovcovou kalamitou, která vrcholila v roce 2020, kdy biomasa z lesnictví dosahovala až 20,7 mil. tun. Biomasa ze zemědělství zaznamenala v letech 2019-2024 mírný nárůst o 3 % z 25,8 mil. tun na 26,6 mil. tun, zatímco biomasa z lovu a ostatní biomasa poklesly o 3,4 % z 18,5 tis. tun na 17,9 tis. tun, respektive o 9,4 % z 43,1 tis. tun na 39 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 2019-2024 celkový pokles o 18,6 % z 123,2 mil. tun na 100,3 mil. tun. K poklesu došlo v letech 2020 (o 7,8 % z 123,2 mil. tun na 113,7 mil. tun), 2023 (o 12 % z 120,1 mil. tun na 105,7 mil. tun) a 2024 (o 5 % z 105,7 mil. tun na 100,3 mil. tun), zatímco v letech 2021 a 2022 domácí užitá těžba neobnovitelných zdrojů rostla (celkem o 5,7 % z 113,7 mil. tun na 120,1 mil. tun). Na poklesu neobnovitelných zdrojů za celé sledované období se podílely všechny složky domácí užití těžby: fosilní paliva se snížila o 38,6 % z 40,8 mil. tun na 25,1 mil. tun, průmyslové nerostné suroviny o 24 % z 11,3 mil. tun na 8,6 mil. tun a stavební nerostné suroviny o 6,2 % z 71,1 mil. tun na 66,7 mil. tun. Co se týče kovových nerostů, jejich těžba byla v ČR již v předchozích letech zcela utlumena a klesla na nulu.

V případě fyzického dovozu došlo v letech 2019-2024 k poklesu o 10,3 % z 81,1 mil. tun na 72,8 mil. tun. V roce 2020 došlo k výraznému poklesu fyzického dovozu o 9,9 % na 73,1 mil. tun, v roce 2021 opět stoupl o 11,3 % na 81,4 mil. tun, tedy na hodnotu o něco vyšší než v roce 2019, a poté v letech 2022-2024 poklesl celkem o 10,5 % na 72,8 mil. tun. Fyzický vývoz zaznamenal v letech 2019-2024 pokles o 16,7 % z 76,2 mil. tun na 63,5 mil. tun, přičemž velikost vývozu byla v letech 2019 a 2020 zhruba na stejné úrovni a v roce 2021 došlo k jejímu mírnému nárůstu o 3,1 % z 76,1 mil. tun na 78,5 mil. tun. Celkový pokles fyzického vývozu za celé sledované období byl tak podobně jako u fyzického dovozu zapříčiněn vývojem v posledních třech letech, kdy došlo k snížení fyzického vývozu o 19,2 % z 78,5 mil. tun v roce 2021 na 63,5 mil. tun v roce 2024 (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 snížení přesunů zátěže z ČR do ostatních zemí i přesunů zátěže životního prostředí ze zahraničí do ČR.

Na poklesu fyzického dovozu v letech 2019-2024 se podílely zejména kovové nerosty, které klesly o 17,9 % z 22,8 mil. tun na 18,7 mil. tun, následované fosilními palivy (pokles o 16,3 % z 28,6 mil. tun na 18,7 mil. tun). Ostatní výrobky a nekovové minerály poklesly výrazně méně o 6,6 % z 6,5 mil. tun na 6,1 mil. tun, respektive o 5,4 % z 9,3 mil. tun na 8,8 mil. tun, zatímco biomasa vzrostla o 9,5 % z 14 mil. tun na 15,3 mil. tun. V případě fyzického vývozu poklesly všechny jeho součásti s výjimkou odpadů. Největší pokles byl zaznamenán pro nekovové minerály (o 25,7 % z 10,1 mil. tun na 7,5 mil. tun), následovaný fosilními palivy (pokles o 22,8 % z 9,7 mil. tun na 7,5 mil. tun), biomasou (o 19,4 % z 32,1 mil. tun na 25,9 mil. tun) a kovovými nerosty (o 7,8 % z 18,3 mil. tun na 16,9 mil. tun). Z relativního hlediska došlo k nejvyššímu nárůstu u dovozu i vývozu odpadů, který se zvýšil více než 2 krát ze 1 543 tun na 3 480 tun, respektive více než 90 krát z 2 tun na 218 tun.

Obdobně jako u biomasy z lovu a ostatní biomasy u domácí užitě těžby je však absolutní hmotnost odpadů velmi malá, takže celkovou hodnotu a trend vývozu a dovozu téměř neovlivní, navíc mají dovozy a vývozy odpadů tendenci výrazně fluktuovat.

Přímý materiálový vstup (DMI) i domácí materiálová spotřeba (DMC) klesly mezi roky 2019 a 2024 o 15,1 % z 247,8 mil. tun na 210,4 mil. tun, respektive o 14,4 % z 171,7 mil. tun na 146,9 mil. tun. V přepočtu na osobu DMI pokleslo z 23,2 tun na osobu na 19,3 tun na osobu a DMC z 16,1 tun na osobu na 13,5 tun na osobu. Co se týče celé časové řady, tak až do roku 2022 byl pokles DMI a DMC pouze mírný (o 2,3 %, respektive o 2,1 %), v letech 2023-2024 však akceleroval a došlo k dalšímu snížení o 13,1 %, respektive 12,6 % (tabulka 3). Tento vývoj reflektoval vývoj domácí užitě těžby a fyzických dovozů a vývozů, u kterých k největšímu snížení došlo také v letech 2023-2024.

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 klesly, to znamená, že došlo ke snížení 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 snížil potenciál pro odpadní toky v následujících letech.

Nejvýznamnější složkou DMI jsou v absolutních hodnotách nekovové minerály (v roce 2019 jejich podíl na DMI činil 37 %, v roce 2024 to bylo 40 %). DMI nekovových minerálů mezi lety 2019-2022 narostl o 4,7 % z 91,7 mil. tun na 96 mil. tun a poté během let 2023-2024 poklesl o 12,4 % na 84,1 mil. tun. Oproti tomu DMI fosilních paliv pokleslo jak mezi roky 2019 a 2022 (o 9,5 % z 69,4 mil. tun na 62,8 mil. tun), tak v letech 2023-2024 (o 22 % z 62,8 mil. tun na 49 mil. tun) a obdobně se vyvíjely i kovové nerosty (pokles o 8 % z 22,8 mil. tun na 21 mil. tun v letech 2019-2022 a poté další pokles o 18,8 % na 18,7 mil. tun v roce 2024) a ostatní výrobky (pokles o 6 % z 6,5 mil. tun na 6,11 mil. tun a poté mírný pokles o necelé jedno procento na 6,07 mil. tun). DMI biomasy stoupla v roce 2020 o 7,1 % z 57,5 mil. tun na 59,8 mil. tun, poté klesalo celkem o 14,6 % na 51,8 mil. tun v roce 2023 a opět mírně vzrostlo o 1,5 % na 52,5 mil. tun v roce 2024. Taktéž u DMC jsou v absolutních hodnotách nejvýznamnější položkou nekovové minerály s podílem 47,5 % v roce 2019 a 52,1 % v roce 2024. Stejně jako u DMI i u DMC nekovové minerály nejdříve v letech 2019-2022 narostly o 6 % z 81,6 mil. tun na 86,5 mil. tun a poté poklesly o 11,5 % na 76,5 mil. tun v roce 2024. DMC fosilních paliv se snížilo jak v letech 2019-2022 (o 9 % z 59,7 mil. tun na 54,3 mil. tun), tak zejména v letech 2023-2024 (o 23,6 % z 54,3 mil. tun na 41,5 mil. tun), zatímco DMC biomasy kleslo v letech 2019-2022 o 8 % z 25,4 mil. tun na 23,3 mil. tun a poté vzrostlo o 14,3 % na 26,7 mil. tun v roce 2024. Kovové nerosty v prvních třech letech fluktovaly a poté výrazně poklesly o 51,7 % z 3,8 mil. tun v roce 2022 na 1,9 mil. tun v roce 2024. Trend ostatních výrobků byl fluktuující v průběhu celé časové řady, přičemž za celé období 2019-2024 tato kategorie poklesla o 40 % z 539,8 tis. tun na 324 tis. tun. Zvláštní položkou jsou odpady, které u DMI a DMC taktéž 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). Z výše uvedeného vyplývá, že akcelerující pokles indikátorů DMI a DMC v letech 2023-2024 byl ve vysoké míře zapříčiněn poklesem DMI a DMC nekovových minerálů. To reflektuje pokles indexu stavební produkce v kategorii pozemního stavitelství v těchto letech o 4,9 procentních bodů (Czech Statistical Office, 2025a), protože nekovové minerály jsou ve vysoké míře využívány právě ve stavební výrobě. Pokles obou indikátorů v průběhu celého sledovaného období byl dále výrazně podpořen fosilními palivy, což bylo způsobeno snížením jejich podílu na primárních energetických zdrojích z 72,4 % v roce 2019 na 67,6 % v roce 2023, a to zejména díky obnovitelným zdrojům a biopalivům, jejichž podíl stoupl ve stejném období z 11,6 % na 13,8 % (Czech Statistical Office, 2025b).

Ve sledovaném období stoupla zastoupení obnovitelných zdrojů (biomasy) na DMI z 23,2 % na 25 % a na DMC z 14,8 % na 18,2 %. 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 obou indikátorů za pozitivní. 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 2019-2024 z 28 % na 23,3 %, respektive z 34,8 % na 28,2 %.

Materiálová náročnost vyjádřená jako DMI ku HDP klesla v letech 2019-2024 o 17,3 % z 40,3 kg na 1 000 Kč na 33,3 kg na 1 000 Kč, materiálová náročnost vyjádřená jako DMC ku HDP klesla o 16,6 % z 27,9 kg na 1 000 Kč na 23,3 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 20,9 % z 24,8 kg na 1 000 Kč na 30 kg na 1 000 Kč u DMI a o 19,9 % z 35,9 kg na 1 000 Kč na 43 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 bývá 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 2019-2024 došlo u DMI i DMC k absolutnímu decouplingu: oba indikátory za celé toto období klesly, zatímco HDP vzrostl. Zajímavý je vývoj v roce 2020, kdy DMI klesl méně než HDP (o 5,1 %, zatímco HDP klesl o 5,3 %). 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) za celé období 2019-2024 vzrostla o 88,3 % z 5 mil. tun na 9,3 mil. tun. V roce 2020 byl ovšem zaznamenán prudký pokles až 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 následujících letech se fyzický dovoz opět dostal na vyšší úroveň než fyzický vývoz, díky čemuž fyzická bilance zahraničního obchodu znovu dosáhla kladných hodnot a vystoupala až na 9,3 mil. tun v roce 2024. V přepočtu na osobu se PTB pohybovala od -284,7 kilogramů do 856,5 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 v letech 2021-2024 také u nekovových minerálů a kromě roku 2023 u ostatních výrobků. Tyto komodity bylo třeba dovážet, protože jejich zdroje v ČR jsou buď nedostatečné, nebo je jejich využití nerentabilní. PTB fosilních paliv vykázala v letech 2019-2024 pokles o 12,9 % a PTB kovových nerostů poklesla o významných o 58,8 %, což je možné hodnotit jako pozitivní vývoj. Na druhou stranu bilance u biomasy nabývala výrazně záporných hodnot, které však postupně rostly – celkem o 41,8 % z -18,1 mil. tun v roce 2019 na -10,5 mil. tun v roce 2024. Záporná byla PTB v letech 2020 a 2021 také 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 vývozu. 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 dovozené 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 vývozu. 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 vývozu 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 vývozu je stále předmětem výzkumu mezinárodních organizací a výzkumných institucí. Nejblíže 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.

Od roku 2024 využívá country tool i ČSÚ a získává tak oficiální odhad surovinových ekvivalentů dovozů a vývozu pro ČR (https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_ac_rme/default/table?lang=en). Z výsledků vyplývá, že surovinové ekvivalenty dovozů a vývozu jsou pro Českou republiku ca 2,6 krát, respektive 2,3 krát, větší než prostá váha dovozů a vývozu. Největší část surovinových ekvivalentů dovozů byla v roce 2022 tvořena kovovými nerosty, zatímco v případě surovinových ekvivalentů vývozu byla nejvíce zastoupena fosilní paliva. Na druhém místě byly u dovozů fosilní paliva následované nekovovými minerály a u vývozu nekovové minerály následované kovovými nerosty. Nejmenší část surovinových ekvivalentů tvořila u dovozů i vývozu biomasa. V důsledku nárůstu hmotnosti surovinových ekvivalentů dovozů ve srovnání s prostými dovozy byl indikátor RMI v roce 2022 o 53,1 % vyšší než indikátor DMI. Oproti tomu indikátor RMC byl pouze o 17,9 % vyšší než DMC, protože nárůst surovinových ekvivalentů dovozů a vývozu se při výpočtu indikátoru RMC navzájem částečně vykrátí.

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 (2025a): Construction production. <https://csu.gov.cz/stavebni-produkce?pocet=10&start=0&podskupiny=201&razeni=-datumVydani>
6. Czech Statistical Office (2025b): Energy balance of the Czech Republic – time series. https://csu.gov.cz/produkty/ene_ts
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.