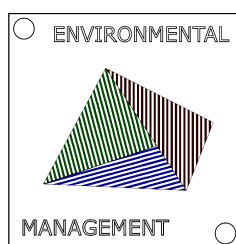



VYTVÁRANIE VHODNÉHO PROSTREDIA PRE TRANSFER ENVIRONMENTÁLNYCH TECHNOLOGIÍ

Miroslav Rusko¹ - Gabriela Rusková²


CREATING A SUITABLE ENVIRONMENT FOR THE TRANSFER OF ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES





¹ Slovenská spoločnosť pre životné prostredie, Kocelova 15, 815 94 Bratislava, Slovenská republika ✉ Email: mirorusko@centrum.sk

 ORCID iD: 0000-0002-1428-0141

² Slovenská spoločnosť pre životné prostredie, Kocelova 15, 815 94 Bratislava, Slovenská republika ✉ Email: sszp@centrum.sk

 ORCID iD: 0000-0001-5286-7050


 Competing interests : The author declare no competing interests.

 Publisher's Note: Slovak Society for Environment stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations. Copyright: © 2021 by the authors.



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

This license allows reusers to distribute, remix, adapt, and build upon the material in any medium or format, so long as attribution is given to the creator. The license allows for commercial use.

 Review text in the conference proceeding: Contributions published in proceedings were reviewed by members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.

ABSTRAKT

Nové environmentálne vhodné technológie sa stretávajú s viacerými ťažkosťami, okrem iného aj dostupnosťou relevantných údajov pri projektovaní, implementovaní do praxe, prevádzke, hodnotení a posudzovaní vplyvov na životné prostredie. Nedostatok spoľahlivých informácií o výsledkoch inovačných technológií vedie k nedostatočnému prieniku na trh. Dostupnosť vedeckých a technologických informácií, prístup k environmentálne vhodným technológiám a ich transfer, patria k základným požiadavkám na dosiahnutie trvalo udržateľného rozvoja. Poskytovanie primeraných informácií o environmentálnych aspektoch súčasných technológií pozostáva z dvoch vzájomne spojených častí: získanie aktuálnych informácií o existujúcich a najnovších technológiách, vrátane ich environmentálnych rizík, a zlepšenie prístupu k environmentálne vhodným technológiám. Výskum, vývoj, zavádzanie a rozsiahle rozširovanie nových environmentálne vhodných technológií je hlavnou cestou k dosiahnutiu udržateľnosti rozvoja.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: prostredie, technika, hodnotenie

ABSTRACT

New environmentally sound technologies face several difficulties, including the availability of relevant data in the design, implementation, operation, evaluation and assessment of environmental impacts. Lack of reliable information on the results of innovative technologies leads to insufficient penetration

into the market. Availability of scientific and technological information and access to environmentally sound technologies and their transfer, are the core requirements for achieving sustainable development. Provision of adequate information on the environmental aspects of present technologies consist of two interconnected parts: obtaining current information on existing and latest technologies, including their environmental risks, and improving our approach to environmentally sound technologies. Research, development, deployment and widespread diffusion of new environmentally sound technologies is a major route towards achieving sustainability development.

KEY WORDS: *environment, technology, assessment*

Úvod

Jedným zo základných konceptov v oblasti trvalo udržateľného rozvoja je, že technológia môže byť použitá na pomoc ľuďom aby dosiahli svoje rozvojové potreby. Technológia na splnenie týchto potrieb udržateľného rozvoja je často označovaná ako environmentálne vhodná technológia. Pod pojmom technológia sa rozumejú nielen stroje a zariadenia, ale aj zručnosti, schopnosti, vedomosti, systémy a procesy potrebné na to, aby sa postupy realizovali. Technológie majú byť celkovými systémami, ktoré zahŕňajú know-how, postupy, tovar a služby, ako aj organizačné a operačné opatrenia.¹

Schumacher aj mnohí súčasní zástancovia vhodnej technológie označujú túto technológiu tiež ako orientovanú na ľudí (people-centered).²

V súčasnosti ponímaná „vhodná technológia“ je často rozvinutá s použitím princípov otvoreného zdroja (open source), ktoré viedli k open-source vhodných technológiám (open-source appropriate technology – OSAT / technológia vhodná ako otvorený zdroj), a tak mnohé plány tejto technológie je možné voľne nájsť na internete.³

Technológia hrá dôležitú úlohu pri zlepšení účinnosti zdrojov (materiály a energie), znížení znečistenia a odpadu z rôznych sektorov, a manažovaní /spravovaní znečistenia a odpadu, ktoré vznikajú počas ťažby zdrojov a výroby i spotreby tovarov a služieb. Dôležitosť environmentálne vhodných technológií bola prvýkrát zdôraznená počas Rio-summitu Zeme v roku 1992 a od tej doby sa stala hlavnou súčasťou medzinárodnej environmentálnej spolupráce. Prístup k technológiám zohráva tiež ústrednú úlohu v Akčnom programe z Addis Abeby, ktorý je vykonávacím mechanizmus pre globálne Ciele trvalo udržateľného rozvoja (2030 Agenda for Sustainable Development)^{4, 5}.

Prístup k analýze životného cyklu technológie vysvetľuje, prečo je potrebné koncipovať životaschopnú odpoveď na problém z hľadiska ekologickej modernizácie, založenej na vedeckom výskume a technológii, riadenom trhovými ekonomikami a vhodnou správou a zameranom na štrukturálnu zmenu priemyselného metabolizmu s cieľom napodobniť metabolizmu prírody. Z tohto dôvodu sa javí dlhodobý záujem o nové technológie, ktoré sú neškodné pre životné prostredie, ďalej označované ako technologické environmentálne inovácie, alebo skratkou TEIs (technological environmental innovations). Tieto technológie sú viac ako len environmentálne technológie, ako katalyzátory na výfukové systémy alebo filtre v komínoch alebo čistiarňach odpadových vôd. Tento druh environmentálnej technológie sa nazýva koncová technológia, ktorá sa uplatňuje v kontexte doplnkových opatrení. Predstavujú prístup „po prúde“, pretože prichádzajú v momente, v ktorom už došlo k určitému poškodeniu alebo znečisteniu, bez toho, aby sa zmenil pôvodný zdroj ekologických porúch. Predpokladá sa, že dodatočné opatrenia budú v mnohých prípadoch naďalej dôležité.

¹ Srinivas, Hari, 2015: Introduction: Technology and Environment. - [on-line] Available on - URL: <http://www.gdrc.org/techtran/introduction.html>

² Akubue, Anthony (Winter–Spring 2000). "Appropriate Technology for Socioeconomic Development in Third World Countries". The Journal of Technology Studies. 26 (1): 33–43. Retrieved March 2011. doi:10.21061/jots.v26i1.a.6.

³ Pearce, Joshua M. (2012). "The Case for Open Source Appropriate Technology". Environment, Development and Sustainability. 14 (3): 425–431. doi:10.1007/s10668-012-9337-9.

⁴ The Global Challenge for Government Transparency: The Sustainable Development Goals (SDG) 2030 Agenda. – [on-line] Available on - URL: https://worldtop20.org/global-movement?gclid=EAIaIQobChMI5_3uu77r9QIVkbh3Ch2zkgRFEAAAYASAAEgLyEPD_BwE

⁵ What are the Sustainable Development Goals? – [on-line] Available on - URL: https://www.undp.org/sustainable-development-goals?utm_source=EN&utm_medium=GSR&utm_content=US_UNDP_PaidSearch_Brand_English&utm_campaign=CENTRAL&c_src=CENTRAL&c_src2=GSR&gclid=EAIaIQobChMI5_3uu77r9QIVkbh3Ch2zkgRFEAAAYBCAAEgK05fD_BwE

Posudzovanie technológií

Termín "hodnotenie technológií" (technology assessment - TA) sa začal používať v roku 1960 v USA so zameraním na dopravu v kontexte znečistenia životného prostredia. Termín bol prvý krát použitý v Subcommittee on Science, Research, and Development of the House Science and Astronautics Committee Kongresu USA, ktorému predsedal Emilio Daddario⁶. V odbornej literatúre sa možné stretnúť s viacerými pojmami súvisiacimi s TA, napr. Parliamentary TA (PTA), Expert TA (často považované za klasické TA), Participatory TA (pTA), Constructive TA (CTA), Discursive TA, Argumentative TA, Health TA (HTA)⁷. Health technology assessment (HTA) bol vyvinutý U.S. Office of Technology Assessment (OTA)⁸.

Posudzovanie technológie je procedúra, ktorá zjednodušuje pochopenie pravdepodobných dopadov používania nových alebo modifikovaných technológií priemyslom, samosprávou, krajinou alebo spoločnosťou⁹.

Technológiu môžeme posudzovať z viacerých hľadísk, napríklad technického, ekonomického, senzorického, vyrobených výrobkov (ich kvality, environmentálnej vhodnosti), vplyvu na životné prostredie, energetickej náročnosti, spotreby surovín, dostupnosti v danom regióne, resp. krajine (doplnené podľa¹⁰).

Významnú úlohu v procese posudzovania technológií zohráva metodika hodnotenia, interdisciplinárne odborné diskusie, predvídateľné strednodobé a dlhodobé procesy, vedecký prístup, ale aj komunikácia v kontexte s rozhodovacou právomocou¹¹. V posledných rokoch sa TA (Technology Assessment) silne rozvíja v Európe. To vytvorilo priestor pre nové metódy zamerané na testovanie vedeckých a technologických inovácií a ich posudzovanie z odborného hľadiska. Vzniknutá metodická rozmanitosť, debaty o výhodách a nevýhodách každej metódy otvoril priestor na ich posudzovanie, ktorý nie je zďaleka dokončený¹².

Významnú úlohu v oblasti TA zohrali projekty TAMI (Technology Assessment Methods and Impacts)¹³, EUROPTA (European Participatory Technology Assessment Participatory - Methods in Technology Assessment and Technology Decision-Making) a PACITA (Parliaments and Civil Society in Technology Assessment). TA má svoje významné poslanie súvisiace s poskytovaním komplexných vedomostí pri otázkach týkajúcich sa inovácií a technológií. Sú v tom zainteresované príslušné úrovne rozhodovania, t.j. občania, organizácie, podniky a tvorcovia politik na miestnej, regionálnej, národnej, nadnárodnej a globálnej úrovni. Deje sa tak prostredníctvom štúdií, výskumu, zapojenia zainteresovaných strán, konzultácií a účasti občanov v rámci politických dialógov súvisiacich s rozhodovacími právomocami v predmetnej oblasti¹⁴.

Z environmentálneho hľadiska môžeme technológiu posudzovať podľa toho, či je prioritne zameraná na prevenciu produkcie polutantov (sekundárnych výstupov) počas výrobného cyklu, redukciu produkovaných polutantov z výroby do prostredia, t. j. koncová technológia (EOP - „end-of-pipe“), produkciu environmentálne vhodných výrobkov, biofunkčných, resp. biokompatibilných biomateriálov, environmentálne prijateľnú spotrebu surovín nielen z pohľadu množstva, ale tiež

⁶ US Congress, House of Representatives, Committee on Science and Astronautics. Technology assessment. Statement of Emilio Daddario, Chairman, Subcommittee on Science, Research and Development, to the 90th Congress, 1st Session. Washington, DC; 1967

⁷ Forms and concepts of technology assessment. - [on-line] Available on - URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Technology_assessment

⁸ Banta, D., 2009: What is technology assessment? - International Journal of Technology Assessment in Health Care, Volume 25, Supplement S1, July 2009, pp. 7-9, Cambridge University Press 2009

⁹ Krečmerová, T., Metóda hodnotenia environmentálnej technológie – EnTA. In RUSKO, M., BALOG, K. [Eds.] Manažérstvo životného prostredia 2003, zborník z konferencie 11.-12.12.2003 v Trnave, Trnava, 2004, ISBN 80-227-2005-4, s.136-139

¹⁰ Ruiz, J. M., Kollár, V., Brokeš, P., 2000: Priemyselné technológie (Kvalita a životné prostredie). - Bratislava, 194 s., ISBN 80-968449-0-3, s.81

¹¹ Decker, Michael - Ladikas, Miltos, 2004: Bridges between Science, Society and Policy: Technology Assessment - Methods and Impacts. - Springer Science & Business Media, 252 p., ISBN 3540212833, 9783540212836

¹² TAMI: Technology Assessment – Methods and Impacts»(2002-2003). - [on-line] Available on - URL: <https://www.ta-swiss.ch/methodik/tami/>

¹³ TAMI: Technology Assessment – Methods and Impacts»(2002-2003). - [on-line] Available on - URL: <https://www.ta-swiss.ch/methodik/tami/>

¹⁴ Technology Assessment and Policy Areas of Great Transition.- Proceedings from the PACITA 2013 Conference in Prague, ISBN 978-80-7333-106-1, Prague: Technology Centre ASCR, 2014

z pohľadu čerpania primárnych, resp. sekundárnych, obnoviteľných, resp. neobnoviteľných prírodných zdrojov^{15, 16}.

Proces posudzovania vplyvov vybraných stavieb, zariadení a činností na životné prostredie (Environmental Impact Assessment - EIA) sa v hospodársky vyspelých krajinách uplatňuje už viac ako 30 rokov. V SR je právna úprava v podobe zákona č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov, ktorý nadobudol účinnosť 1. marca 2006.

Environmentálne hodnotenie technológií

Existuje viacero rôznych foriem hodnotenia technológií, ktoré sa v praxi používajú. Inštitucionalizované praktiky hodnotenia technológií z environmentálneho hľadiska sú nerovnomerne rozvinuté v rôznych krajinách.¹⁷ Niektoré krajiny majú zriadené štátne inštitúcie zamerané na hodnotenie technológií. Iné krajiny majú voľne organizované siete pre aktivity hodnotenia technológií. Spektrum nástrojov hodnotenia technológií používaných na podporu procesov rozhodovania sa tiež časom mení.

Environmentálne hodnotenie technológií je špecifická forma hodnotenia technológií. Je založená prioritne na posudzovaní vplyvov technológie na životné prostredie a prírodné zdroje.

Na environmentálne hodnotenie technológií sa v súčasnosti využíva najmä:

- metóda EnTA - Metóda hodnotenia environmentálnej technológie Environmental Technology Assessment (EnTA) je pomocný prostriedok pri rozhodovacom procese zameraný na zhodnotenie pravdepodobného dopadu používania navrhovanej alebo existujúcej technológie na životné prostredie. Hodnotenie vykonané metódou EnTA zohľadňuje finančné náklady na technológiu, finančné výhody a nevýhody uplatnenia navrhovanej technológie v príslušnej spoločnosti/lokalite a environmentálne, sociálne a politické dopady jej budúceho prevádzkovania¹⁸. Pôvodne to bola analytická metóda na podporu technologického vývoja a nástroj na pomoc pri rozhodovaní pri vedeckých a technických otázkach. Potom sa vyvinula do nástroja na pomoc pri vývoji a implementácii technologickej politiky a na podporu vývoja environmentálne a sociálne žiadúcich a akceptovateľných technológií.
- metóda DICE - Pri environmentálnom hodnotení metódou DICE je technológia hodnotená použitím piatich krokov: popisu (Describe), identifikácie (Identify), charakterizácii (Characterise) a ohodnotení (Evaluate). Dôležitú rolu v tomto procese má komplexná príprava výroby, ktorej úlohou je systémovo pripraviť efektívne projekčné, konštrukčné a technologické riešenia výrobkov, organizácie výroby i vlastnej výroby a to z ohľadom na ekonomické, environmentálne, bezpečnostné, sociálne a ďalšie súvislosti¹⁹.
- metóda ESTPA - Environmental Sound Technology Performance Assessment (hodnotenie výkonnosti (plnenia) environmentálne vhodnej technológie)²⁰ - Cieľom procesu ESTPA je pomôcť z hľadiska ochrany životného prostredia ohodnotiť vhodnosť a použiteľnosť technológií pomocou overovacieho protokolu. Proces ESTPA sa môže používať miestnou správou a súkromnými organizáciami na vykonávanie overovania parametrov a hodnotenia technológií, ktoré vedie ku kvalifikovanej identifikácii a výberu zodpovedajúcej environmentálne vhodnej technológie. Proces ESTPA pozostáva z 3 etáp.²¹

¹⁵ Analysis reported in Ecotec, 2002

¹⁶ Miller, D., 1997: Green Technology Trends. The Changing Context of the Environmental Technology Industry. – In: SAYLER, G., S., SANSEVERINO, J., DAVIS, K., L.[Eds.] Biotechnology in the Sustainable Environment. Environmental Science Research, Volume 54, New York: Plenum Press, 389 s., ISBN 0-306-45717- 2, s.5-12

¹⁷ UNEP (2018) We promote the application of environmentally sound technologies (ESTs) in developing countries and countries in transition.. – [on-line] Available on - URL: <http://web.unep.org/ietc/> (cit.? 2018-07-13)

¹⁸ Krečmerová, T., Metóda hodnotenia environmentálnej technológie – EnTA. In RUSKO, M. - BALOG, K. [Eds.] Manažérstvo životného prostredia III., zborník z konferencie v 2003. Trnava, 2004, ISBN 80-227-2005-4

¹⁹ Jemala, E., 1998. Stratégia a systém manažmentu predvýrobných procesov. Bratislava: Jemala, 1. slovenské vydanie, ISBN 80-900467-1-1, s. 38

²⁰ UNEP - ESTPA.(2012) Available on internet: <http://unep.org/jp/ietc/>

²¹ UNEP/IETC ESTPA Guide – [on-line] Available on - URL: http://www.unep.or.jp/ietc/techtran/focus/UNEP_IETC_ESTPA_Guide.pdf(cit.:2018-05-13)

- metóda Cost Benefit Analysis (CBA) - orientovaná na analýzu nákladov a prospechu; hodnotenie vplyvu výrobku, resp. technológie, z hľadiska spotreby energie a surovín založené na analýze nákladov a úžitkov. Metóda bola používaná najmä v USA v 70. rokoch minulého storočia²²,
- metóda Seven „C“ (Sedem „C“) UNIDO/IETC zameraná na úspešný transfer a podporu environmentálne vhodných technológií pomocou aplikácie 7 „C“, t. j. Context, Challenge, Choice, Certainty, Communication, Capacity, Commitment.

Environmentálne hodnotenie vznikajúcich technológií v kontexte LCA

Otázky súvisiace so zlepšovaním kvality výrobkov a ochranou životného prostredia v hospodárskej politike mnohých krajín a v stratégiách inštitúcií a medzinárodných organizácií (napr. Európskej únie) nadobudli v posledných rokoch na význame v dôsledku zvyšovania environmentálneho povedomia spotrebiteľov. Všetky tieto inštitúcie v súčasnosti odporúčajú komplexné hodnotenie efektívnosti plánovaných projektov počas rozhodovacieho procesu s prihliadnutím na ekonomické aj environmentálne faktory. Preto bolo dôležité vyvinúť metódy a nástroje na hodnotenie environmentálneho správania ako podporu správneho výberu investičných aktivít, medzi ktoré patrí model hodnotenia životného cyklu (Life Cycle Assessment - LCA) spojený s environmentálnymi problémami a model analýzy nákladov životného cyklu (life cycle cost analysis - LCCA). Kombinácia výsledkov LCA a LCCA umožňuje hodnotenie prebiehajúcich alebo plánovaných investícií a mala by byť použitá ako priorita pri prijímaní strategických rozhodnutí²³.

Kľúčovým zdrojom neistoty v environmentálnom hodnotení vznikajúcich technológií sú nepredvídateľné spôsoby výroby, použitia a konca životnosti, ktorými sa technológia môže uberať, keď postupuje z laboratória do priemyselného rozsahu. Táto neistota sa niekedy riešila pri hodnotení životného cyklu (LCA) vykonaním analýzy scenára. Prístup založený na scenároch však môže byť zavádzajúci, ak nie sú zahrnuté pravdepodobnosti výskytu každého scenára. Ak sa vezmú do úvahy všetky možné cesty, množstvo scenárov sa môže rýchlo stať neovládateľnými. Blanco et al. predstavili prístup k modelovaniu, v ktorom sú všetky možné cesty modelované ako jediný produktový systém s neistými procesmi. Tieto procesy môžu, ale nemusia byť zvolené, keď technológia dosiahne priemyselné rozmery podľa daných pravdepodobností. Analýza neistoty takéhoto systému poskytuje pravdepodobnosti pre každé skóre dopadu²⁴.

LCA je známy hodnotiaci nástroj, ktorý identifikuje a poskytuje prehľad o vplyvoch produktov a služieb na životné prostredie počas ich životného cyklu.²⁵ Usmernenie poskytnuté existujúcimi príručkami sa zvyčajne vzťahuje na modelovanie a hodnotenie vplyvov na životné prostredie ex-post, čo znamená, že informácie sú dostupné z empirických skúseností po tom, ako sa produkty komerčne používajú dlhší čas. Tieto informácie nie sú ale často dostupné, ak sa LCA aplikuje ex-ante spôsobom predtým, ako je technológia komerčne nasadená vo veľkom rozsahu²⁶. Riešením je transformácia existujúcich databáz LCI (Life Cycle Impact) smerom k budúcim kontextom na základe integrovaných modelov hodnotenia (Integrated Assessment Models - IAM), ktoré poskytujú scenáre v súlade so zdieľanými socioekonomickými cestami (Shared Socioeconomic Pathways - SSP). Neistota v ex-ante LCA má iný charakter ako v ex-post LCA²⁷.

²² Badida, M. - Majerník, M. - Šebo, D. - Hodolič, J., 2001. Strojárska výroba a životné prostredie. Košice: Vienala, 2. prepracované a doplnené vydanie, ISBN 80-7099-695-1, 253 s., EAN 9788070996959, s.115

²³ Kulczycka, J., & Smol, M. (2016). Environmentally friendly pathways for the evaluation of investment projects using life cycle assessment (LCA) and life cycle cost analysis (LCCA). *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18(3), 829-842.

²⁴ Blanco, C. F., Cucurachi, S., Guinée, J. B., Vijver, M. G., Peijnenburg, W. J., Trattning, R., & Heijungs, R. (2020). Assessing the sustainability of emerging technologies: A probabilistic LCA method applied to advanced photovoltaics. *Journal of Cleaner Production*, 259, 120968.

²⁵ Hellweg, S., & Milà i Canals, L. (2014). Emerging approaches, challenges and opportunities in life cycle assessment. *Science*, 344(6188), 1109-1113.

²⁶ Giesen G., Cucurachi S., Guinée J., Kramer G.J. & Tukker, A (2020) A critical view on the current application of LCA for new technologies and recommendations for improved practice. - *Journal of Cleaner Production*, Volume 259, 120904, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120904>.

²⁷ van der Giesen, C., Cucurachi, S., Guinée, J., Kramer, G. J., & Tukker, A. (2020). A critical view on the current application of LCA for new technologies and recommendations for improved practice. *Journal of Cleaner Production*, 259, 120904.

V oblasti LCA sa čoraz častejšie diskutuje o probléme hodnotenia nových technológií pomocou hodnotenia životného cyklu (LCA). LCA je perspektívna, keď je študovaná (vznikajúca) technológia v ranej fáze vývoja^{28, 29, 30}.

Nové technológie môžu spôsobiť vznik nových typov environmentálnych problémov, ako sú emisie nanomateriálov³¹. Iné environmentálne problémy sa v budúcnosti mohli znížiť. To znamená, že niektoré kategórie vplyvu, ktoré môžu byť relevantné pre hodnotenie vznikajúcich technológií, zatiaľ neexistujú, zatiaľ čo niektoré, ktoré existujú, nemusia byť také relevantné³².

V súčasnosti sa na určenie možných environmentálnych vplyvov v sektore udržateľných palív a energetiky široko používa metodika hodnotenia udržateľnosti životného cyklu (Life Cycle Sustainability Assessment - LCSA). Ide o nástroj, ktorý umožňuje skúmanie hodnotenia vplyvov na životné prostredie na základe dostupných dát³³.

V praxi sa využíva tiež nástroj hodnotenia sociálneho životného cyklu (Social Life Cycle Assessment - SLCA)³⁴.

LCA je perspektívna, keď je študovaná (vznikajúca) technológia v ranej fáze vývoja (napr. výroba v malom meradle), ale táto technológia je modelovaná do budúcnosti, keď bude viac rozvinutá fáza výroby (veľkovýroba). Metodologické voľby v perspektívnych LCA sa musia prispôbiť tak, aby odrážali tento cieľ hodnotenia environmentálnych vplyvov vznikajúcich technológií, ktorý sa odchyľuje od typických cieľov konvenčných štúdií LCA. Pre modelovanie systému je dostupných mnoho rôznych zdrojov údajov: vedecké články; patenty; odborné rozhovory; nepublikované experimentálne údaje; a procesné modelovanie³⁵.

Je starým zistením, že „čo sa meria, sa riadi“ a že to, čo nie je merané alebo merateľné, riskuje, že sa zanedbá. Preto je dôležité, aby sme mali nástroje na hodnotenie udržateľnosti našich rozhodnutí pri vývoji technológií a systémov, ktoré nám pomôžu určiť a naplniť potreby súčasných generácií spôsobom, ktorý neohrozí schopnosť našich potomkov uspokojiť ich potreby v budúcnosti. Keď chceme posúdiť udržateľnosť riešení, ktoré sú pred nami, musíme brať ohľad na životný cyklus.

V hodnotení musíme zväziť široké spektrum potenciálnych vplyvov, v skutočnosti všetko, k čomu môže systém prispieť a ktoré sa považuje za relevantné v kontexte rozhodovacej situácie. Life Cycle Assessment, LCA, ponúka tento celok – analyzuje celý životný cyklus systému alebo produktu, ktorý je predmetom štúdie, a pokrýva široký rozsah vplyvov, pre ktoré sa pokúša vykonať kvantitatívne hodnotenie. Zameranie LCA sa sústreďuje hlavne na environmentálne vplyvy, ale je možné zahrnúť aj sociálne a ekonomické vplyvy. Je to dôležitý hodnotiaci nástroj, čo dokazuje ústredná úloha, ktorú mu v mnohých častiach sveta pripisuje environmentálna regulácia a je certifikovaná štandardizáciou ISO a silným nárastom jeho používania v posledných desaťročiach spoločnosťami zo všetkých odborov a odvetví po celom svete³⁶.

Väčšina štúdií hodnotenia životného cyklu (LCA) má nejaký druh funkcie orientovanej na budúcnosť. LCA možno použiť na preskúmanie, ako v blízkej budúcnosti čo najlepšie zlepšiť environmentálne vlastnosti existujúceho produktu. Existujú však štúdie LCA, ktoré majú jasnejšie zameranie na budúcnosť, pretože študujú technológie v ranom štádiu vývoja. Takéto technológie sa

²⁸ Arvidsson, R. et al. Environmental assessment of emerging technologies: recommendations for prospective LCA. *J. Ind. Ecol.* **22**, 1286–1294 (2018).

²⁹ Giovanna Sauve, Karel Van Acker, Integrating life cycle assessment (LCA) and quantitative risk assessment (QRA) to address model uncertainties: defining a landfill reference case under varying environmental and engineering conditions, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 10.1007/s11367-020-01848-z, **26**, 3, (591-603), (2021).

³⁰ Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K., & Olsen, S. I. (2018). *Life cycle assessment*. Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3> Book.

³¹ Hirschler, R. 2014. Framework for LCI modelling of releases of manufactured nanomaterials along their life cycle. *The International Journal of Life Cycle Assessment* **19**(4): 838–849.

³² Arvidsson, R., Tillman, A. M., Sandén, B. A., Janssen, M., Nordelöf, A., Kushnir, D., & Molander, S. (2018). Environmental assessment of emerging technologies: recommendations for prospective LCA. *Journal of Industrial Ecology*, **22**(6), 1286-1294.

³³ Anitha R., Subashini R., Kumar P.S. (2021) Application of Life Cycle Sustainability Assessment to Evaluate the Future Energy Crops for Sustainable Energy and Bioproducts. In: Muthu S.S. (eds) *Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA). Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4562-4_4

³⁴ Wu, R., Yang, D., & Chen, J. (2014). Social life cycle assessment revisited. *Sustainability*, **6**(7), 4200-4226.

³⁵ Arvidsson, R., Tillman, A. M., Sandén, B. A., Janssen, M., Nordelöf, A., Kushnir, D., & Molander, S. (2018). Environmental assessment of emerging technologies: recommendations for prospective LCA. *Journal of Industrial Ecology*, **22**(6), 1286-1294.

³⁶ Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K., & Olsen, S. I. (2018). *Life cycle assessment*. Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3> Book.

možno ešte nedostali na trh alebo boli len zavedené na menšie vedľajšie trhy. Niektoré môžu dokonca existovať iba v experimentálnych podmienkach, ako je laboratórna výroba alebo ako prototypy. V minulosti viacero štúdií diskutovalo o rôznych aspektoch prospektívnej LCA, niekedy pod rôznymi názvami. Odchylujú sa od paradoxu dizajnu, ktorý možno po Collingridgeovi³⁷ označiť aj ako tzv. Collingridgeovu dilemu. Táto dilema hovorí, že v ranom štádiu technologického rozvoja je možnosť zmeny a kontroly vysoká (t. j. existuje veľa stupňov voľnosti vo vývoji), ale znalosti o technológii sú riedke. V neskoršom štádiu vývoja existuje viac poznatkov, ale možnosť zmeniť technológiu je obmedzená (t. j. väčšina konštrukčných parametrov bola uzavretá). To znamená, že LCA vykonaná v počiatočnom štádiu môže mať väčší vplyv na vývoj technológie³⁸.

Ako diskutovali Sandin a kolegovia³⁹, prospektívna LCA môže zohrávať dôležitú úlohu v ranom výskume a vývoji poskytovaním environmentálneho usmernenia a podporou škálovania. Znamená to však aj to, že problémy s nedostatkom údajov, ktoré existujú aj v konvenčných LCA, sa zhoršujú v prospektívnych LCA⁴⁰.

Termín prospektívna LCA⁴¹ sa pôvodne použil na označenie toho, čo sa v súčasnosti označuje ako následná LCA⁴².

Prospektívna aplikácia hodnotenia životného cyklu (prospective application of life cycle assessment - LCA) na nízkej úrovni pripravenosti technológie (technology readiness levels - TRL) získala obrovský záujem pre svoj potenciál umožniť vývoj nových technológií so zlepšenými environmentálnymi vlastnosťami⁴³.

Thonemann et al. uskutočnili prehľad literatúry o prospektívnych LCA, našli 44 prípadových štúdií, štyri prehľadové práce a 17 prác o metodickom usmerňovaní⁴⁴.

Postupne sa objasnilo, že dôsledné aj atribučné štúdie môžu byť prospektívne alebo retrospektívne⁴⁵,⁴⁶⁴⁷.

Prospektívna LCA sa zaoberá technológiami v budúcnosti, zatiaľ čo retrospektívne štúdie sa zaoberajú produktmi v minulosti, bez ohľadu na iné prístupy k modelovaniu. Skoré použitie špecifického termínu perspektívne LCA v názve článku bolo od Spielmanna a kolegov⁴⁸, ktorí vykonali LCA o dopravných systémoch pomocou modelovania scenárov. Tento termín sa odvtedy používa v názvoch prípadových štúdií LCA nových technológií⁴⁹.

Vytváranie vhodného prostredia pre transfer environmentálnych technológií

Očakáva sa, že nové technológie prispievajú k trvalo udržateľnému environmentálnemu rozvoju. Počas vývoja nových technológií však nie je známe, či môžu nové technológie viesť k zníženiu vplyvov na životné prostredie v porovnaní s vyspelými technológiami etablovanými v súčasnosti.

³⁷ Collingridge, D. 1980. The social control of technology. London: Frances Pinter.

³⁸ Arvidsson, R., Tillman, A. M., Sandén, B. A., Janssen, M., Nordelöf, A., Kushnir, D., & Molander, S. (2018). Environmental assessment of emerging technologies: recommendations for prospective LCA. *Journal of Industrial Ecology*, 22(6), 1286-1294.

³⁹ Sandin, G., G. Clancy, S. Heimersson, G. M. Peters, M. Svanström, and M. ten Hoeve. 2014. Making the most of LCA in technical inter-organisational R&D projects. *Journal of Cleaner Production* 70: 97-104.

⁴⁰ Hetherington, A., A. Borrión, O. Griffiths, and M. McManus. 2014. Use of LCA as a development tool within early research: Challenges and issues across different sectors. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 19(1): 130-143.

⁴¹ Arvidsson, R., Tillman, A. M., Sandén, B. A., Janssen, M., Nordelöf, A., Kushnir, D., & Molander, S. (2018). Environmental assessment of emerging technologies: recommendations for prospective LCA. *Journal of Industrial Ecology*, 22(6), 1286-1294.

⁴² Tillman, A.-M. 2000. Significance of decision-making for LCA methodology. *Environmental Impact Assessment Review* 20(1): 113-123.

⁴³ Moni, S. M., Mahmud, R., High, K., & Carbajales - Dale, M. (2020). Life cycle assessment of emerging technologies: A review. *Journal of Industrial Ecology*, 24(1), 52-63.

⁴⁴ Thonemann, N., Schulte, A., & Maga, D. (2020). How to conduct prospective life cycle assessment for emerging technologies? A systematic review and methodological guidance. *Sustainability*, 12(3), 1192.

⁴⁵ Sandén, B. A. and M. Karlström. 2007. Positive and negative feedback in consequential life-cycle assessment. *Journal of Cleaner Production* 15(15): 1469-1481.

⁴⁶ Hillman, K. M. and B. A. Sandén. 2008. Time and scale in life cycle assessment: The case of fuel choice in the transport sector. *International Journal of Alternative Propulsion* 2(1): 1-12.

⁴⁷ Herrmann, I. T., M. Z. Hauschild, M. D. Sohn, and T. E. McKone. 2014. Confronting uncertainty in life cycle assessment used for decision support. *Journal of Industrial Ecology* 18(3): 366-379.

⁴⁸ Spielmann, M., R. Scholz, O. Tietje, and P. de Haan. 2005. Scenario modelling in prospective LCA of transport systems. Application of formative scenario analysis. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 10(5): 325-335.

⁴⁹ Arvidsson, R., Tillman, A. M., Sandén, B. A., Janssen, M., Nordelöf, A., Kushnir, D., & Molander, S. (2018). Environmental assessment of emerging technologies: recommendations for prospective LCA. *Journal of Industrial Ecology*, 22(6), 1286-1294.

Výskum, vývoj, zavádzanie a rozsiahle rozširovanie nových environmentálne vhodných technológií je hlavnou cestou k dosiahnutiu udržateľnosti⁵⁰. Na podporu výskumu a vývoja budúcich environmentálne udržateľných technológií nadväzujú medzinárodné výskumné rámce, ako je európsky program Horizont 2020⁵¹.

Problematiku transferu technológií sa venujú viacerí autori. Madhu, K. et al. upozorňujú na potrebu pochopenia environmentálnych kompromisov a dopytu po zdrojoch technológií.⁵²

Na dosiahnutie cieľov v oblasti klímy a hospodárskeho rastu budú musieť zohrávať významnú úlohu pri zmierňovaní zmeny klímy „technológie negatívnych emisií“ (negative emissions technologies - NET), ktoré odstraňujú a sekvestrujú oxid uhličitý zo vzduchu. Na rozdiel od technológií zachytávania a ukladania uhlíka, ktoré odstraňujú emisie oxidu uhličitého priamo z veľkých bodových zdrojov, ako sú uhoľné elektrárne, NET odstraňujú oxid uhličitý priamo z atmosféry alebo posilňujú prirodzené zachytávače uhlíka. Skladovanie oxidu uhličitého z NET má rovnaký vplyv na ovzdušie a klímu ako súčasné zamedzenie vypúšťania rovnakého množstva oxidu uhličitého.⁵³

Aby sa prostredníctvom výskumu a vývoja materiálov znížili vplyvy produktov na životné prostredie, aby sa identifikoval potenciál zmierňovania a aby sa predišlo presunu problémov, informácie o vplyve vznikajúcich materiálov na životné prostredie sú potrebné v počiatocnom štádiu. Tieto informácie môžu podporiť rozhodnutia o výbere materiálu, ako aj optimalizáciu výrobného procesu. Cieľom je znížiť vplyv vznikajúceho materiálu tak, aby bol nižší ako vplyv zavedeného materiálu⁵⁴.

Zlepšenie štrukturálnych vlastností produktov sa často realizuje zavádzaním čoraz pokročilejších a komplexnejších materiálov, ako aj kombinácií materiálov. O tom, aký materiál použiť vo výrobkoch, sa rozhoduje v počiatocných fázach vývoja výrobku a má rozhodujúci vplyv na výrobu, údržbu a koniec životnosti. Osobitnou výzvou je, že rozhodnutia sa musia robiť vopred, kde sú informácie o pripravovanom produkte obmedzené. Preto zohráva dôležitú úlohu hodnotenie materiálovej kritickosti v počiatocných fázach trvalo udržateľného vývoja produktu⁵⁵.

Spolu so systémami riadenia (zákony, právne predpisy, pravidlá/usmernenia, predpisy a normy atď.) a vzdelávaním (zvyšovanie povedomia, budovanie kapacít, vzdelávanie, profesijný rozvoj atď.) technológia (technológie a zručnosti, znalosti a inovácia potrebná na riadenie týchto technológií) tvorí tretí a kritický pilier v mixe politík, ktorý je potrebný na riešenie environmentálnych problémov a zameriava sa na udržateľnosť v dlhodobom horizonte. Vývoj technológií, ktoré môžu pomôcť vyriešiť problémy životného prostredia vyžaduje širokú škálu opatrení, ktoré sa majú prijímať "vonkajšími" zainteresovanými stranami (stakeholders), okrem tých, ktoré skutočne vyvíjajú a sfunkčujú technológie spoločností súkromného sektora, univerzity a výskumné inštitúcie a.i.⁵⁶

Presun k udržateľnému vývoju vyžaduje zmenu postoja, prijatie transformačných technológií priemyslom a povzbudenie proenvironmentálne orientovanej politiky.⁵⁷

Technológie môžu pomôcť pri prijímaní nápravných opatrení na vyriešenie problému, preventívnych opatrení na zabránenie problémom pri dianí, alebo riadiacich činností, ktoré pomôžu urobiť prechod medzi nimi.

⁵⁰ United Nations Sustainable development knowledge platform [WWW Document]. – [on-line] Available on - URL:

<https://sustainabledevelopment.un.org/topics/technology>

⁵¹ European Commission Horizon 2020 - The EU framework programme for research and innovation [WWW Document] – [on-line] Available on - URL: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>

⁵² Madhu, K., Pauliuk, S., Dhathri, S. et al. Understanding environmental trade-offs and resource demand of direct air capture technologies through comparative life-cycle assessment. *Nat Energy* 6, 1035–1044 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41560-021-00922-6>

⁵³ National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2019. Negative Emissions Technologies and Reliable Sequestration: A Research Agenda. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25259>. 510 p., ISBN 978-0-309-48452-7

⁵⁴ Schäfer M., Gottschling M., Cerdas F., Herrmann C. (2021) Methodology for Assessing the Environmental Impact of Emerging Materials. In: Dröder K., Vietor T. (eds) Technologies for economic and functional lightweight design. Zukunftstechnologien für den multifunktionalen Leichtbau. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62924-6_8

⁵⁵ Hallstedt, S.I., Isaksson, O.: Material criticality assessment in early phases of sustainable product development. *J. Clean. Prod.* 161, 40–52 (2017) <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.085>

⁵⁶ Creating an Environment for Environmental Technology. – [on-line] Available on - URL: <http://www.gdrc.org/techtran/envi-tech/index.html>

⁵⁷ Rusko, M., 2004. Environmentálne orientovaný manažment v praxi manažéra. - Žilina: Strix. Edícia EV-2, Prvé slovenské vydanie, ISBN 80-969257-1-7, 190 s.

Aby transfer technológií bol úspešnejší a efektívnejší, musí vzniknúť obchodná príležitosť, vrátane generovania pracovných miest a zvýšenia príjmov. Pokiaľ neexistuje jasný trh pre samotnú technológiu, alebo pre výrobok/službu, ktoré produkuje, zlyhá samotný prevod.

Aby sa environmentálne technológie mohli úspešne rozvíjať a prenášať, treba brať do úvahy celý rad faktorov, okrem tých základných technických, finančných a trhových aspektov, ktoré špecificky ovplyvňujú technológie. Medzi tieto ďalšie faktory patrí

- zákony a právne predpisy,
- systémy riadenia,
- manažérstvo informácií,
- návody a normy.

Tieto faktory sa zoskupujú okolo jadra technologického vývoja a ovplyvňujú všetky aspekty riadenia technológie. Systémy riadenia technológie musia hľadiť sa na rôzne aspekty "životného cyklu" technológie od jej návrhu a vývoja k jej výrobe, používaniu a napokon zneškodňovaniu, recyklácii alebo likvidácii. To zahŕňa monitorovanie a posudzovanie jej vplyvov na životné prostredie (vrátane emisií, znečistenia a vytvoreného odpadu). Poskytovanie správnych informácií na správnej úrovni a správnej osobe zaisťuje, že sa môže prijímať najlepšie/správne rozhodnutie o výbere technológie. Takéto technologické informácie by mali byť užitočné, ľahko prístupné, dôveryhodné a aktuálne. Náležité riadenie informácií nie je len o samotných informáciách, alebo ich výmene medzi rôznymi zainteresovanými stranami. Zahŕňa tiež potrebu rozvíjať príslušné kapacity a schopnosti spravovať informácie.

Riadenie technológií je tiež ovplyvnené množstvom štandardov/noriem. Tieto štandardy/normy môžu byť medzinárodnej povahy, najmä tie, ktoré sa riadia podľa ISO, alebo môžu byť národnej povahy. Environmentálne značky, ktoré pomôžu pri identifikácii a nákupe environmentálne vhodných výrobkov a služieb, tiež patria do tejto kategórie. Štandardy/normy pokrývajú nespočetné množstvo otázok pre technológiu, a pomáhajú pri vývoji, výrobe a dodávke technológií a ich produktov a služieb, aby boli efektívnejšie, bezpečnejšie a čistejšie.⁵⁸

Jedným z kľúčových cieľov je ďalej uľahčovať procesy hodnotenia technologických potrieb (Technology Needs Assessment - TNA) v krajinách a prispievať k medzinárodným diskusiám o transfere technológií na adaptáciu.⁵⁹

Transfer (prenos, presun) technológií

- súbor procesov zahŕňajúci tok know-how, skúseností a zariadení medzi rôznymi zainteresovanými stranami. Obsahuje proces pochopenia a využitia tejto technológie vrátane jej schopností prispôbiť sa miestnym podmienkam a integrovať sa s pôvodnými technológiami.⁶⁰
- súbor procesov zahŕňajúci všetky dimenzie pôvodu, tokov a využívanie know-how, skúseností a zariadení medzi, naprieč a v rámci krajín, zúčastnených organizácií a inštitúcií.⁶¹
- proces tvorby koncepcie novej aplikácie pre existujúce technológie. Je tiež definovaný ako proces konverzie výskumu do hospodárskeho rozvoja. Výraz transfer technológie sa používa aj v zmysle predaja licencie duševného vlastníctva výrobcu na výrobu produktu, alebo prenosu nápadu do praxe v podobe prototypu, alebo dokonca proces zaznamenávania know-how konceptu technológie v odbornom článku alebo v patentovej prihláške. Pojem technológia sa súčasne používa v zmysle koncepcie, popisy, komponenty, procesy a produkty.⁶²

⁵⁸ Creating an Environment for Environmental Technology. – [on-line] Available on - URL: <http://www.gdrc.org/techtran/envi-tech/index.html>

⁵⁹ Christiansen, Lars, Olhoff, Anne & Trærup, Sara (2011) Technologies for Adaptation Perspectives and Practical Experiences. - Technology Transfer Perspectives Series. UNEP, Roskilde, Denmark, ISBN: 978-87-550-3939-1

⁶⁰ UNEP. - [on-line] Available on - URL: <http://web.unep.org/ietc/what-we-do/overview>

⁶¹ The Seven "C"s for the Transfer and Uptake of Environmentally Sound Technologies. – [on-line] Available on - URL: <https://www.gdrc.org/techtran/7-cs.html>

⁶² Srinivas, Hari, 2015: Technology Transfer for Sustainable Development. - Policy Analysis Series E-073/ May 2015.- [on-line] Available on - URL: <http://www.gdrc.org/techtran/techtran-sustdev.html>

Úspešný prenos technológie znamená, že je potrebný široký pohľad na "technológiu", čo znamená nielen stroje a zariadenia, ale aj zručnosti, schopnosti, vedomosti, systémy a procesy, ktoré je potrebné urobiť aby sa veci udiali. Teda technológie sú celkové systémy, ktoré obsahujú know-how, postupy, tovary a služby, ako aj organizačné a prevádzkové opatrenia. Transfer technológií je v skutočnosti štrukturálny proces učenia. Kľúčové komponenty prevodu môžu byť identifikované ako poznatky odvodené zo skúseností reálneho sveta spolu s ľudskými znalosťami schopnými premeniť tieto znalosti do akcie. Úspešný prenos technológie vyžaduje vstupy ako sú koordinácia medzi vývojármi a užívateľmi technológie; uľahčujúce prostredie, ktoré podporuje podnikanie; a siete i spolupráce, ktoré poskytujú prepojenia informácií, financií a iné prípadné zdroje.

Transfer technológií sa neuskutočňuje vo vzduchoprázdne. Výkonnosť danej technológie je závislá na širokej škále faktorov, čím je trochu problematické identifikovať environmentálne alebo inak vhodné technológie. Napríklad, technológia, ktorá je hodnotená ako environmentálne prijateľná v danom lokalitne, kultúrnom, a ekonomickom nastavení alebo fáze svojho životného cyklu, možno už nie je v inej situácii. Jej výkonnosť môže výrazne ovplyvniť dostupnosť podpornej infraštruktúry a prístup k skúsenostiam potrebným na jej riadenie, údržbu a monitorovanie. Navyše, technológia, ktorá spĺňa podmienky byť environmentálne prijateľnou v určitej dobe, nemusí tak činiť inokedy – výkonnostné kritériá, podľa ktorých sa posudzuje sa môžu zmeniť v dôsledku nových informácií alebo zmenou hodnôt alebo postojov; technický pokrok môže viesť k prijateľnejším alternatívam.

Záver

Environmentálne technológie predstavujú optimálne riešenie pre udržateľný rast verejného a súkromného obchodu. Porovnanie niekoľkých technologických procesov určených na výrobu výrobkov s porovnateľnými kvalitatívnymi parametrami z hľadiska ich vplyvu na životné prostredie je realizovateľné za predpokladu poskytnutia vhodnej špecifikácie environmentálnych požiadaviek. Akceptovanie environmentálnych kritérií a aplikácia požadovaných parametrov a prvkov pri vývoji, výrobe a prevádzkovaní technológií, procese vývoja a výroby výrobkov, je pravdepodobne jediná cesta k tomu, aby technológie prestali produkovať environmentálne problémy. Environmentálne bezpečné technológie nie sú iba individuálne technológie, ale celé systémy, ktoré zahŕňujú know-how, postupy, tovary a služby a zariadenia, rovnako ako aj organizačné a manažérske postupy. Nové a účinné technológie budú nevyhnutné k zvýšeniu schopnosti dosiahnuť trvalo udržateľný rozvoj, na udržanie svetového hospodárstva, ochranu životného prostredia a zmiernenie chudoby a ľudského utrpenia. Neoddeliteľnou súčasťou týchto aktivít je potreba riešiť zlepšenie technológií používaných v súčasnosti a ich nahradenie, keď to bude vhodné, prístupnejšími a voči životnému prostrediu vhodnejšími technológiami.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- Akubue, Anthony (Winter–Spring 2000). "Appropriate Technology for Socioeconomic Development in Third World Countries". *The Journal of Technology Studies*. 26 (1): 33–43. Retrieved March 2011. doi:10.21061/jots.v26i1.a.6 .
Analysis reported in Ecotec, 2002
- Anitha R., Subashini R., Kumar P.S. (2021) Application of Life Cycle Sustainability Assessment to Evaluate the Future Energy Crops for Sustainable Energy and Bioproducts. In: Muthu S.S. (eds) *Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA). Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4562-4_4
- Arvidsson, R., Tillman, A. M., Sandén, B. A., Janssen, M., Nordelöf, A., Kushmir, D., & Molander, S. (2018). Environmental assessment of emerging technologies: recommendations for prospective LCA. *Journal of Industrial Ecology*, 22(6), 1286-1294.
- Badida, M. - Majernik, M. - Šebo, D. - Hodolič, J., 2001. *Strojárska výroba a životné prostredie*. Košice: Vienaľa, 2. prepracované a doplnené vydanie, ISBN 80-7099-695-1, 253 s., EAN 9788070996959, s. 115
- Banta, D., 2009: What is technology assessment? - *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, Volume 25, Supplement S1, July 2009, pp. 7-9, Cambridge University Press 2009

- Blanco, C. F., Cucurachi, S., Guinée, J. B., Vijver, M. G., Peijnenburg, W. J., Trattnig, R., & Heijungs, R. (2020). Assessing the sustainability of emerging technologies: A probabilistic LCA method applied to advanced photovoltaics. *Journal of Cleaner Production*, 259, 120968.
- Collingridge, D. 1980. *The social control of technology*. London: Frances Pinter.
- Creating an Environment for Environmental Technology. – [on-line] Available on - URL: <http://www.gdrc.org/techtran/envi-tech/index.html>
- Creating an Environment for Environmental Technology. – [on-line] Available on - URL: <http://www.gdrc.org/techtran/envi-tech/index.html>
- Decker, Michael - Ladikas, Miltos, 2004: *Bridges between Science, Society and Policy: Technology Assessment - Methods and Impacts*. - Springer Science & Business Media, 252 p., ISBN 3540212833, 9783540212836
- European Commission Horizon 2020 - The EU framework programme for research and innovation [WWW Document] – [on-line] Available on - URL: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>
- Forms and concepts of technology assessment. - [on-line] Available on - URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Technology_assessment
- Giesen G., Cucurachi S., Guinée J., Kramer G.J. & Tukker, A (2020) A critical view on the current application of LCA for new technologies and recommendations for improved practice. - *Journal of Cleaner Production*, Volume 259, 120904, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120904> .
- Giovanna Sauve, Karel Van Acker, Integrating life cycle assessment (LCA) and quantitative risk assessment (QRA) to address model uncertainties: defining a landfill reference case under varying environmental and engineering conditions, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, <https://doi.org/10.1007/s11367-02001848-z> , 26, 3, (591-603), (2021).
- Hallstedt, S.I., Isaksson, O.: Material criticality assessment in early phases of sustainable product development. *J. Clean. Prod.* 161, 40–52 (2017) <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.085>
- Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K., & Olsen, S. I. (2018). *Life cycle assessment*. Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3>
- Hellweg, S., & Milà i Canals, L. (2014). Emerging approaches, challenges and opportunities in life cycle assessment. *Science*, 344(6188), 1109-1113.
- Herrmann, I. T., M. Z. Hauschild, M. D. Sohn, and T. E. McKone. 2014. Confronting uncertainty in life cycle assessment used for decision support. *Journal of Industrial Ecology* 18(3): 366–379.
- Hetherington, A., A. Borrión, O. Griffiths, and M. McManus. 2014. Use of LCA as a development tool within early research: Challenges and issues across different sectors. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 19(1): 130–143.
- Hillman, K. M. and B. A. Sandén. 2008. Time and scale in life cycle assessment: The case of fuel choice in the transport sector. *International Journal of Alternative Propulsion* 2(1): 1–12.
- Hischier, R. 2014. Framework for LCI modelling of releases of manufactured nanomaterials along their life cycle. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 19(4): 838–849.
- Christiansen, Lars, Olhoff, Anne & Trærup, Sara (2011) *Technologies for Adaptation Perspectives and Practical Experiences*. - Technology Transfer Perspectives Series. UNEP, Roskilde, Denmark, ISBN: 978-87-550-3939-1
- Jemala, L., 1998. *Stratégia a systém manažmentu predvýrobných procesov*. Bratislava: Jemala, 1. slovenské vydanie, ISBN 80-900467-1-1, s. 38
- Krečmerová, T., *Metóda hodnotenia environmentálnej technológie – EnTA*. In RUSKO, M. - BALOG, K. [Eds.] *Manažérstvo životného prostredia III.*, zborník z konf. v 2003. Trnava, 2004, ISBN 80-227-2005-4
- Kulczycka, J., & Smol, M. (2016). Environmentally friendly pathways for the evaluation of investment projects using life cycle assessment (LCA) and life cycle cost analysis (LCCA). *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18(3), 829-842.
- Madhu, K., Pauliuk, S., Dhathri, S. *et al.* Understanding environmental trade-offs and resource demand of direct air capture technologies through comparative life-cycle assessment. *Nat Energy* 6, 1035–1044 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41560-021-00922-6>
- Miller, D., 1997: *Green Technology Trends. The Changing Context of the Environmental Technology Industry*. – In: SAYLER, G., S., SANSEVERINO, J., DAVIS, K., L. [Eds.] *Biotechnology in the Sustainable Environment*. Environmental Science Research, Volume 54, New York: Plenum Press, 389 s., ISBN 0-306-45717-2, s.5-12
- Moni, S. M., Mahmud, R., High, K., & Carbajales - Dale, M. (2020). Life cycle assessment of emerging technologies: A review. *Journal of Industrial Ecology*, 24(1), 52-63.

- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2019. Negative Emissions Technologies and Reliable Sequestration: A Research Agenda. Washington, DC: The National Academies Press.
<https://doi.org/10.17226/25259> . 510 p., ISBN 978-0-309-48452-7
- Pearce, Joshua M. (2012). "The Case for Open Source Appropriate Technology". Environment, Development and Sustainability. 14 (3): 425–431. <https://doi.org/10.1007/s10668-012-9337-9>
- Ruiz, J. M., Kollár, V., Brokeš, P., 2000: Priemyselné technológie (Kvalita a životné prostredie). - Bratislava, 194 s., ISBN 80-968449-0-3, s.81
- Rusko, M., 2004. Environmentálne orientovaný manažment v praxi manažéra. - Žilina: Strix. Edícia EV-2, Prvé slovenské vydanie, ISBN 80-969257-1-7, 190 s.
- Sandén, B. A. and M. Karlström. 2007. Positive and negative feedback in consequential life-cycle assessment. Journal of Cleaner Production 15(15): 1469–1481.
- Sandin, G., G. Clancy, S. Heimersson, G. M. Peters, M. Svanström, and M. ten Hoeve. 2014. Making the most of LCA in technical inter-organisational R&D projects. Journal of Cleaner Production 70: 97–104.
- Schäfer M., Gottschling M., Cerdas F., Herrmann C. (2021) Methodology for Assessing the Environmental Impact of Emerging Materials. In: Dröder K., Vietor T. (eds) Technologies for economic and functional lightweight design. Zukunftstechnologien für den multifunktionalen Leichtbau. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62924-6_8
- Spielmann, M., R. Scholz, O. Tietje, and P. de Haan. 2005. Scenario modelling in prospective LCA of transport systems. Application of formative scenario analysis. The International Journal of Life Cycle Assessment 10(5): 325–335.
- Srinivas, Hari, 2015: Introduction: Technology and Environment. - [on-line] Available on - URL: <http://www.gdrc.org/techtran/introduction.html>
- Srinivas, Hari, 2015: Technology Transfer for Sustainable Development. - Policy Analysis Series E-073/ May 2015.- [on-line] Available on - URL: <http://www.gdrc.org/techtran/techtran-sustdev.html>
- TAMI: Technology Assessment – Methods and Impacts»(2002-2003). - [on-line] Available on - URL: <https://www.ta-swiss.ch/methodik/tami/>
- Technology Assessment and Policy Areas of Great Transition.- Proceedings from the PACITA 2013 Conference in Prague, ISBN 978-80-7333-106-1, Prague: Technology Centre ASCR, 2014
- The Global Challenge for Government Transparency: The Sustainable Development Goals (SDG) 2030 Agenda. – [on-line] Available on - URL: https://worldtop20.org/global-movement?gclid=EAIaIQobChMI5_3uu77r9QIVkbh3Ch2zkgRFEAAAYASAAEgIyEPD_BwE
- The Seven "C"s for the Transfer and Uptake of Environmentally Sound Technologies. – [on-line] Available on - URL: <https://www.gdrc.org/techtran/7-cs.html>
- Thonemann, N., Schulte, A., & Maga, D. (2020). How to conduct prospective life cycle assessment for emerging technologies? A systematic review and methodological guidance. Sustainability, 12(3), 1192.
- Tillman, A.-M. 2000. Significance of decision-making for LCA methodology. Environmental Impact Assessment Review 20(1): 113–123.
- UNEP - ESTPA.(2012) Available on internet: <http://unep.org/jp/Ietc/>
- UNEP (2018) We promote the application of environmentally sound technologies (ESTs) in developing countries and countries in transition.. – [on-line] Available on - URL: <http://web.unep.org/ietc/> (cit. ? 2018-07-13)
- UNEP. - [on-line] Available on - URL: <http://web.unep.org/ietc/what-we-do/overview>
- UNEP/IETC ESTPA Guide – [on-line] Available on - URL: http://www.unep.or.jp/ietc/techtran/focus/UNEP_IETC_ESTPA_Guide.pdf (cit.:2018-05-13)
- United Nations Sustainable development knowledge platform [WWW Document]. – [on-line] Available on - URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/topics/technology>
- US Congress, House of Representatives, Committee on Science and Astronautics. Technology assessment. Statement of Emilio Daddario, Chairman, Subcommittee on Science, Research and Development, to the 90th Congress, 1st Session . Washington, DC; 1967
- What are the Sustainable Development Goals? – [on-line] Available on - URL: https://www.undp.org/sustainable-development-goals?utm_source=EN&utm_medium=GSR&utm_content=US_UNDP_PaidSearch_Brand_English&utm_campaign=CENTRAL&c_src=CENTRAL&c_src2=GSR&gclid=EAIaIQobChMI5_3uu77r9QIVkbh3Ch2zkgRFEAAAYBCAAEgK05fD_BwE
- Wu, R., Yang, D., & Chen, J. (2014). Social life cycle assessment revisited. Sustainability, 6(7), 4200–4226.