



## ROZŠÍŘENÉ MOŽNOSTI VYUŽITÍ METODY POSUZOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU

VLADIMÍR KOČÍ - TATIANA KREČMEROVÁ

### EXTENDED POSSIBILITIES OF LCA UTILIZATION

#### ABSTRAKT

Metoda posuzování životního cyklu LCA (Life Cycle Assessment) prošla v posledních letech intenzivním rozvojem a ač byla původně vytvořena pro posuzování environmentálních dopadů jednotlivých výrobků, případně služeb, tedy obecněji konkrétních produktů, je v dnešní době inspirativní i pro další oblasti environmentálního managementu. V příspěvku se zaměříme na poukázání několika zajímavých oblastí využití metody LCA. Jde zejména o oblast environmentálního značení produktů, odpadového hospodářství, ekodesignu a hodnocení rizik.

**Klíčové slova:** posuzování životního cyklu, environmentální deklarace o produktu, odpadové hospodářství, hodnocení rizik, ekodesign

#### ABSTRACT

The method Life Cycle Assessment gone in last years by intensive development and though it has originally been developed for the environmental impact assessment of single products or services, so generally concrete products, nowadays it is inspirative also for further areas of environmental assessment. In the paper, we target the reference of some interesting areas of method LCA utilization. It is concerned mainly the areas of environmental product declaration, waste management, ecodesign and risk assessment.

**Key words:** life cycle assessment, environmental product declaration, waste management, risk assessment, ecodesign

#### Úvod

Metoda posuzování životního cyklu LCA (Life Cycle Assessment) prošla v posledních letech intenzivním rozvojem a ač byla původně vytvořena pro posuzování environmentálních dopadů jednotlivých výrobků, případně služeb, tedy obecněji konkrétních produktů, je v dnešní době inspirativní i pro další oblasti environmentálního managementu. O principech metody LCA bylo referováno na jiném místě (Kočí 2009; Rusko et al 2008), zde se tedy zaměříme na poukázání několika zajímavých oblastí využití metody LCA.

#### Environmentální deklarace o produktu

Zájem veřejnosti o environmentálně šetrné produkty se odráží v rozvoji environmentálního značení produktů, tak zvaných ekoznaček. Environmentální deklarace o produktu (Typ III) je označení udělované dle ČSN ISO 14025 a označuje se zkratkou EPD (angl. Environmental Product

Declaration). Environmentální dopady produktů majících EPD jsou hodnoceny s ohledem na jejich celý životní cyklus – metodou LCA.

Environmentální značení III. typu – EPD je udělováno konkrétním výrobkům na základě studie LCA prováděných v souladu s normami ČSN ISO 14040 a ČSN ISO 14044. Aby mohl výrobek obdržet certifikaci EPD, musí být sestavena studie LCA na všechny jeho komponenty v rámci určeného rozsahu procesů jeho životního cyklu. EPD se v praxi stává motorem pro navrhování environmentálně šetrnějších výrobků. Jestliže například výrobce plánuje udělení EPD svému výrobku, bude upřednostňovat dodavatele potřebných součástek, kteří rovněž mají EPD (a tudíž i LCA studii) na své výrobky. Ve Skandinávských zemích se tímto způsobem například staví obytné domy. Již ve stádiu projekce domu si architekti volí díly od subdodavatelů majících na své výrobky certifikaci EPD. Systém certifikací EPD je platný na mezinárodní úrovni. Návody jak vypracovávat EPD pro jednotlivé skupiny produktů se nazývají PCR (angl. product-category rules) a jsou k dispozici na webovém portálu [www.environdec.com](http://www.environdec.com), kde jsou rovněž k dispozici již udělené certifikáty EPD. Seznamy výrobků, jimž byla certifikace EPD udělena se průběžně rozšiřují.

Ve studiích LCA pro účely EPD jednotlivých výrobků bývá často vynechána fáze užívání produktu a fáze konečného odstranění produktu. Studie LCA, jež jsou použité pro EPD, bývají proto omezenějšího rozsahu a nelze je vnímat jako úplné posouzení životního cyklu daného výrobku. V případě EPD to má svoji logiku. Environmentální dopady produktů se do značné míry mohou lišit právě ve fázi jejich užívání či odstraňování. Elektrický spotřebič má ve fázi užívání jiný charakterizační profil v případě, že je využíván v oblasti s environmentálně šetrnější výrobou elektrické energie. Budeme-li používat stejný elektrický vysavač v České republice, budou environmentální dopady jiné, než když jej budeme používat ve Švédsku. Mají-li EPD sloužit k porovnávání produktů na globálním trhu, je třeba vyloučit lokální specifika. Ze stejného důvodu také není v LCIA pro účely EPD prováděno vážení výsledků indikátorů kategorií dopadu a charakterizace se provádí na midpointové úrovni (Kočí 2009).

### LCA v odpadovém hospodářství

Na první pohled by se mohlo zdát, že použití LCA pro řešení problematiky nakládání s odpady jde proti smyslu a poslání metody posuzovat environmentální dopady produktů od kolébky do hrobu. Z tohoto pohledu by odpadové hospodářství mělo být vždy součástí životních cyklů jednotlivých produktů stávajících se na konci fáze užití odpadem. Na druhé straně se na technologie nakládání s odpady můžeme dívat jako na službu, jejíž environmentální dopady nás zajímají. Je to podobné jako když posuzujeme dva systémy sušení rukou (papírové ubrousky vs. teplovzdušný větrák), kde nás také zajímá pouze konkrétní funkce (služba) produktu a nikoli „životní cyklus“ špinavých rukou.

Metoda LCA může být v oblasti odpadového hospodářství použita za účelem porovnání environmentálních dopadů alternativních systémů nakládání s odpady nebo za účelem identifikace hlavní oblasti potencionálního zlepšení v daném konceptu nakládání s odpady či v dané konkrétní technologii. Výsledky LCA mohou být užitečnými podněty pro proces rozhodování. LCA v odpadovém hospodářství se zaměřuje zejména na identifikaci environmentálně významných procesů v řetězci zpracování odpadů; na identifikaci významných environmentálních zátěží v rámci procesu; na určení, zda návrhy na zlepšení končí v lokální optimalizaci (posun environmentálních zátěží na jiná místa), nebo jestli jsou environmentálně vhodnější pro celý systém nakládání s odpady; a na hodnocení environmentálního dopadu jednotlivých alternativ nakládání s odpady v rámci celého jejich životního cyklu.

Metodu LCA využívá již mnoho zemí při strategickém plánování v odpadovém hospodářství a tvorbě plánů odpadového hospodářství POH. Jen ve Velké Británii byly vyvinuty a aplikovány tři modely pro nakládání s tuhými odpady. Jsou to WISARD (vyvinut Environmentální agenturou a Ecobilan), IWM2 (Procter and Gamble) a model Wasteman (AEA technology). WISARD používají ve Velké Británii při tvorbě regionálních plánů odpadového hospodářství. Aplikaci uvažování životního cyklu (angl. Life Cycle Thinking) v odpadovém hospodářství prosazuje EU, ať už ve formě vydané

Tematické stratégie pro předcházení vzniku odpadů a jejich recyklaci, tak i v dalších aktivitách a projektech. Ve Velké Británii se metoda LCA využívá při tvorbě regionálních plánů odpadového hospodářství a aplikace této metody je doporučena v Odpadové strategii již z roku 2000. Metoda LCA se považuje za jeden z hlavních nástrojů při zavádění trvale udržitelného rozvoje (Kočí 2009).

Technologie odstraňování škodlivých látek

V případě, že je naším cílem absolutní snižování kontaminační zátěže životního prostředí, musí nás zajímat i environmentální dopady spojené s provozem technologií odstraňujících v prostředí přítomné škodlivé látky (například škodlivé látky z kontaminovaných zemín nebo environmentální dopady spojené s provozem technologií odstraňujících škodlivé látky z médií do prostředí člověkem vypouštěných (odpadní vody, tuhé odpady, odpadní plyny). Lokality kontaminované toxickými látkami stejně jako odpadní vody či plyny jsou nejen nežádoucím dědictvím minulosti, ale rovněž s jejich vznikem musíme počítat do budoucna. Technologické procesy odstraňování škodlivin nesmí být v rozporu se strategií trvale udržitelného rozvoje. Energetická a palivová náročnost technologií odstraňování škodlivých látek může představovat významné kritérium pro volbu technologického postupu či logistického uspořádání daných operací. Analytickým nástrojem vhodným k identifikaci operací s největšími environmentálními dopady a operací, kde by bylo možné tyto dopady snížit, je právě metoda LCA.

Metodu LCA je možné aplikovat pro porovnávání environmentální významnosti různých emisních toků mezi sebou, což je velmi užitečné pro oblast čistírenských, sanačních a dekontaminačních technologií bez rozdílu ať je čištěným médiem, vzduch, voda či pevné materiály. Každá taková technologie má za cíl snížit množství nežádoucích látek (obvykle toxických) v kontaminované lokalitě či médiu. Smyslem těchto technologií je tedy snížit environmentální zátěž v prostředí. Vyjádření environmentální zátěže kontaminace pouze vzhledem k poklesu koncentrace či množství kontaminantů v lokalitě či odpadním médiu přítomných není dostatečné, neboť se ukazuje, že samotný proces odstraňování škodlivin představuje spotřebou elektrické energie, pohonných hmot, materiálů a chemikálií rovněž zátěž životního prostředí. Tato zátěž ovšem dosud nebývá vnímána jako faktor ovlivňující účinnost a prospěšnost čistírenských technologií či sanačních zásahů.

Vzhledem ke schopnosti LCA vyjadřovat emisní toky v termínech kategorií dopadu, je možné identifikovat tak zvané přenášení problému z místa na místo. V oblasti odstraňování škodlivých látek je tím míněno především:

- Přenášení napříč kategoriemi dopadu: Vyčištění určité lokality či odpadního média (pokles koncentrace či množství škodlivé látky) je doprovázeno produkcí emisí jiných látek, jež mají nepříznivý dopad na jinou kategorii dopadu (například produkce odpadních vod, skleníkových plynů, acidifikujících látek, nutrientů).
- Přenášení geografické: Pro čistírenské a sanační technologie jsou často používány materiály či energie, jejichž výroba představuje zátěž pro životní prostředí v místě výroby. V místě aplikace, kterým může být i jiný stát, pak nemusí být tato environmentální zátěž započtena k negativům provozu dané technologie, a tudíž dochází k podhodnocování environmentálních dopadů technologie z regionálního či kontinentálního měřítko.
- Zapojení environmentálních dopadů dopravy: Každý dopravní proces představuje zátěž na životní prostředí. Každý čistírenský či sanační zásah je spojen s vyčísitelným množstvím dopravních aktivit majících konkrétní dopady na životní prostředí. Nezahrnutím dopadů z dopravy do vyjádření dopadů dané technologie podhodnocujeme její dopady na životní prostředí.

Pomocí metody LCA lze rozpoznat environmentálně šetrnější variantu technologického uspořádání provozu či volbu samotné technologie a identifikovat případy, kdy by samotný sanační, čistírenský či dekontaminační proces představoval větší zátěž prostředí než původní znečištění. LCA se zde může stát argumentem pro použití přirozené atenuace, tedy samovolného rozkladu nežádoucích látek přírodními procesy. Provokativní otázku zda nebylo by lepší toxické látky z prostředí

neodstraňovať, ale nechať je prirodzenému rozkladu, a taktiež sa vyvarovať druhotným environmentálnym dopadom spôsobených samotným provozom sanačných technológií si položili pro oblasť kontaminovaných zemin již Diamond et al (1999), Vignes (1999) a Owens (1997). Je zřejmé, že sanační zásahy obvykle představují zlepšení kvality životního prostředí na lokální úrovni. Nemusí tomu však být vždy, neboť provoz těchto technologií představuje uvolňováním například těkavých látek a NO<sub>x</sub> z dopravy jinou podobu lokální zátěže prostředí. Na úrovni regionální a globální bývá situace ještě horší, neboť v neprospěch čistírenských technologií je nutno započítat jejich surovinovou a energetickou náročnost. Výroba surovin a energií totiž představuje zásah do globálních či regionálních kategorií dopadu jako je acidifikace, eutrofizace, globální oteplování a další.

Hodnocení úspěšnosti sanačního zásahu či čistírenské technologie pouze s ohledem na pokles množství primárních kontaminantů je úzkozraké a vede k nesprávnému hodnocení efektivnosti vynaložených prostředků na snižování zátěže životního prostředí. Z konkrétních sanačních zásahů, na které byly vypracovány studie LCA, například vyplynulo, že neprovedení žádné sanační akce bude mít stejné environmentální dopady jako použití energeticky náročné termické desorpce (Ovens 1997). Jedná se pochopitelně o konkrétní případ na určité lokalitě. Podobné zkušenosti ovšem vedou k požadavku konkrétního hodnocení daného sanačního zásahu s ohledem na místní specifika. Hodnocení úspěšnosti sanačního zásahu je poměrně diskutabilní záležitostí. Samotné odstranění primárního kontaminantu z dané lokality, nemusí vždy představovat jednoznačný environmentální přínos, neboť mohou při sanačním zásahu vznikat sekundární škodlivé látky (produkty rozkladu), nebo mohou být do prostředí uvolňovány jiné nežádoucí látky (kyselé odpady, fotooxidanty, skleníkové plyny atd) a to nejen při provozu technologie, ale i při výrobě materiálů a energií pro provoz technologie nezbytných. Využitím metody LCA v sanačních a dekontaminačních pracích a čistírenských technologiích je možné odpovědět na otázku, zda úbytek odstraňovaného kontaminantu z kontaminované lokality nebyl náhodou vykoupen zatížením životního prostředí v jiné geografické oblasti či v jiné kategorii dopadu (Kočí 2009).

Ekodesign

Ve fázi navrhování designu nových výrobků je předurčena většina jejich budoucích environmentálních dopadů. Ukazuje se, že až 80% environmentálních dopadů většiny výrobků je předurčeno již ve fázi jeho navrhování. Je proto smysluplné zaměřit se na otázky interakcí životního prostředí a technosféry již ve fázi designu. Ekodesign často označovaný environmentální design<sup>1</sup> (angl. design for environment, DfE nebo D4E) usiluje o takový design výrobku nebo služby, jenž minimalizuje dopady na životní prostředí ve všech fázích jeho životního cyklu, a to při zachování požadované funkčnosti a ekonomické efektivnosti. Environmentální design rozšiřuje úkoly designu (vzhled, materiály, funkčnost, bezpečnost) o oblast environmentálních dopadů se současným zohledněním ekonomických aspektů. Ekodesign rozvíjí inovaci výrobku při dosahování udržitelného rozvoje a pomáhá řešit konflikt mezi žádoucími (služba) a nežádoucími (environmentální dopady) efekty ekonomických aktivit z pohledu celého životního cyklu produktů. Základními hesly environmentálního designu je dematerializace, detoxifikace, snížení energetické náročnosti. V ekodesignu je kladen důraz na zachování požadovaných vlastností produktu při udržení přijatelné ceny, kvality, trvanlivosti a spolehlivosti. Není smysluplné na prvním místě navrhovat výrobek jako takový, ale splnění funkce, kterou potřebujeme a od výrobku očekáváme. S ohledem na tato východiska se v ekodesignu často hovoří o adaptovatelnosti, multifunkčnosti a aktualizovatelnosti vyvíjených produktů (Kočí 2009).

Ekodesign již není pouze teoretický přístup, jak navrhovat nové výrobky. Koncepce ekodesignu se začala uplatňovat i v legislativních předpisech evropské unie, například ve směrnici stanovující rámec pro určení požadavků na ekodesign energetických spotřebičů (<sup>1</sup> Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES). Pro účely aplikace ekodesignu v praxi byla vytvořena i

<sup>1</sup> O ecodesignu se lze více dozvědět na [www.ecodesign.at](http://www.ecodesign.at).



mezinárodní ISO technická zpráva (ISO/TR 14062) a ISO návod jak zohledňovat environmentální otázky a koncepci životních cyklů do produktových standardů (ISO Guide 64: 2008).

A jaký vztah k ekodesignu má metoda LCA? Posuzování životního cyklu slouží v ekodesignu jako analytický nástroj. Pomocí LCA se v ekodesignu volí environmentálně šetrnější materiály, chemikálie, výrobní komponenty. LCA je výchozím nástrojem, jak posuzovat environmentální dopady navrhovaných výrobků ve vztahu k jejich užitným funkcím. Ekodesign pomocí LCA nenavrhuje primárně konkrétní „hmotné“ produkty, ale zaměřuje se na služby, funkce těchto produktů. Heslem ekodesignu je „nenavrhuje environmentálně šetrné výrobky, navrhujeme environmentálně šetrné životní cykly“.

### Life Cycle Costing

S rozvojem databázových nástrojů pro LCA bylo umožněno rozšíření LCA do sféry ekonomické. Moderní software pro LCA totiž umožňují vyjadřovat vlastnosti toků nejen jejich chemicko - fyzikálními či biologickými vlastnostmi (hmotnost, objem, toxicita apod), ale i jejich ekonomickou hodnotou, tedy cenou. Tímto krokem lze z již namodelovaného produktového systému pro účely LCA snadno přejít na systém schopný určit náklady životního cyklu LCC (angl. life cycle costing). Princip LCC spočívá rovněž v modelování životních cyklů produktů uvnitř hranic systému jednotkovými procesy pospojovanými materiálovými a energetickými toky a používání funkčních jednotek, alokací a dalších nástrojů LCA. LCC se provádí ekonomickým ohodnocením jednotlivých toků, čímž lze získat přehled o ekonomické náročnosti životního cyklu produktu ve vztahu k jeho funkci. Jednoduše řečeno, LCC nám poskytuje odpovědi na otázky typu, je levnější koupit si dvoje méně kvalitní kalhoty, či je ekonomičtější koupit si jedny dražší? Do budoucna bude ovšem potřeba dořešit svízelnou problematiku oceňování životního prostředí. To je potřebné, aby bylo možné v LCC ekonomicky ohodnotit jednotlivé elementární toky.

### Hodnocení rizik a LCA

Společné provádění metody LCA a metod hodnocení zdravotních rizik a hodnocení environmentálních rizik může přinést aktivní přístup v hledání možností jak snižovat environmentální i humánních rizika v určité oblasti. Ačkoli mají oba metodické postupy stejný cíl, tedy určit a kvantifikovat environmentální vliv lidských činností, mají několik rozdílných prvků, čímž se ovšem při společné aplikaci vhodně doplňují (Flemström et al 2004). LCA je prvotně komparativní metoda, zatímco RA a ERA jsou metody deskriptivní. LCA má širší geografický záběr, RA a ERA se věnuje konkrétní lokalitě. LCA používá široké spektrum environmentálních indikátorů, jejichž lokalizace není vždy jednoznačná. RA a ERA vycházejí z poměrně omezeného množství dat, jejichž validita je ovšem výrazně vyšší. RA a ERA jsou založeny na identifikaci rizika a definování jeho přijatelné hodnoty. Používaným měřítkem pro RA a ERA je binární odpověď typu ano/ne, tedy je či není dané riziko přijatelné. LCA vychází z principu „čím méně environmentálního dopadu, tím lépe“, porovnává dané situace dle kontinuálního měřítka a snaží se identifikovat tu variantu, která je s ohledem na všechna použitá environmentální kritéria příznivější.

Možnostem použití LCA v ERA se věnoval rozsáhlý projekt financovaný Evropskou unií OMNIITOX<sup>2</sup>. To, že se hodnocení rizik inspiruje metodou LCA lze dokumentovat i rozvojem komparativních metod hodnocení rizik CRA (angl.comparative risk assessment). LCA má podobně jako RA a ERA poměrně rigidní a obecně přijatou strukturu. Ačkoli LCA dokáže dát konkrétní odpovědi na celou řadu otázek souvisejících s environmentálními aspekty produktů a produktových systémů, je třeba mít na paměti, že tyto výstupy mohou být velmi citlivé na vstupní data.

### Závěr

<sup>2</sup> <http://omniitox.imi.chalmers.se>

Metoda LCA je v poslední době aplikována i pro další účely, než je posuzování environmentálních dopadů produktů. LCA patří mezi analytické nástroje environmentálního managementu. Mezi hlavní analytické nástroje environmentálního managementu patří: posuzování životního cyklu LCA (angl. life cycle assessment) a náklady životního cyklu LCC (angl. life cycle costing), hodnocení environmentálních rizik ERA (angl. environmental risk assessment), Cost Benefit Analysis CBA, input output analysis IOA, účetnictví materiálových toků MFA (angl. material flow analysis) a substance flow analysis SFA. Mezi analytické nástroje environmentálního managementu můžeme v širším kontextu počítat rovněž cost effectiveness analysis CEA, simulaci procesů (angl. process simulation) či prevenci havárií (angl. accident prevention). Některé z těchto nástrojů byly standardizovány ISO normami. Každý z uvedených analytických nástrojů má své historické pozadí, svá východiska, svoje pole působnosti a svá omezení. Metody se liší především ve svém úhlu pohledu – některé se zaměřují na látky či energii, jiné na produkty, lidské aktivity či na regiony. Některé metody vyjadřují dopady na životní prostředí pomocí chemicko-fyzikálních veličin či pomocí biologických jevů, jiné zase používají monetární měřítko. Jelikož se ukázalo užitečné některé zmíněné analytické nástroje kombinovat, začaly být vyvíjeny tak zvané hybridní metody umožňující překonat slabiny (zejména interpretační) jednotlivých metod. Mezi nejčastěji používané hybridní modely patří LCA-MFA a LCA-IOA. Koncept agregace různých emisních toků do definovaných kategorií dopadu jak jej používá LCA se stal také inspirací pro hodnocení zdravotních a environmentálních rizik.

*Poděkování:*

*Práce vznikla s laskavou finanční podporou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy grantem MSM 6046137308 a dále díky podpoře z fondu NPVII MŠMT „Koncepty integrovaných systémů pro optimalizaci nakládání se směsnými komunálními odpady preferující moderní principy EU a jejich posouzení metodou LCA“.*

**ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV**

- [1] ČSN ISO 14021 Environmentální značení a prohlášení typu II. – vlastní environmentální tvrzení, ČNI Praha 2000.
- [2] ČSN ISO 14024 Environmentální značení a prohlášení typu I. – Zásady a postupy, ČNI Praha 2000.
- [3] ČSN ISO 14025 Environmentální značení a prohlášení typu III. – Zásady a postupy, ČNI Praha 2006.
- [4] Diamond, M.L., Page, C.A., Campbell, M., McKenna, S., Lall, R.: Life-cycle framework for assessment of site remediation options: method and generic survey. Environ. Tox. Chem. 18, 788–800, 1999.
- [5] Flemström, K., Carlson, R., Erixon, M.: Relationships between Life Cycle Assessment and Risk Assessment - Potentials and Obstacles. Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm, 2004.
- [6] ISO/TR 14062 Environmental management – Integrating environmental aspects into product design and development, 2002.
- [7] ISO Guide 64: 2008 – Guide for addressing environmental issues in product standards.
- [8] Kočí, V.: Posuzování životního cyklu. Ekomonitor Chrudim, 2009.
- [9] Owens, J.W.: Life-cycle assessment in relation to risk assessment: an evolving perspective. Risk Anal. 17, 359–365, 1997
- [10] RUSKO M., KREČMEROVÁ T., KOČÍ V.: Využitie metódy posudzovania životného cyklu v oblasti odpadového hospodárstva. In Vedecké práce Materiálovotechnologickej fakulty

**RUSKO, M. – BALOG, K. [Eds.] 2007:**

**Manažérstvo životného prostredia 2007 ▼▲▼ Management of Environment '2007  
zo VII. konferencie so zahraničnou účasťou konanej 5. - 6. 1. 2007 v Jaslovských Bohuniach  
Proceedings of the International Conference, Jaslovské Bohunice, 5-6 January 2007  
Žilina: Strix et VeV. Prvé vydanie. ISBN 978-80-89281-18-3.**

---

Slovenskej Technickej Univerzity v Bratislave so sídlom v Trnave. Vydavateľstvo STU, 25/2008, s. 143-150, ISSN 1336-1589

- [11] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES ze dne 6. Července 2005 o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign energetických spotřebičů a o změně směrnic Rady 92/42/EHS a Evropského parlamentu a Rady 96/57/ES a 2000/55/ES.
- [12] Vignes, R.: Limited life cycle analysis: a tool for the environmental decision-making toolbox. Strategic Environ Manage 1, 297–332, 1999.

#### **ADRESA AUTOROV**

**doc. Ing. Vladimír Kočí, Ph.D.**, Ústav chemie ochrany prostředí, VŠCHT, Technická 5, 166 28 Praha 6, Česká republika, e-mail: >vladimir.koci@vscht.cz.<

**Ing. Tatiana Krečmerová, Ph.D.**, ETC Consulting Group s.r.o., Štětkova 18, 140 68 Praha 4, Česká republika, e-mail: >tatiana.krecmerova@seznam.cz<

#### **RECENZENT**

**doc. Ing. Viktor Wittlinger, Ph.D.**, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika, e-mail: vikwit@zoznam.sk