

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE
FAKULTA EKOLÓGIE A ENVIRONMENTALISTIKY
Environmentálne inžinierstvo

Vplyv výroby plastových tašiek na životné prostredie

Vypracoval: Adam Pochyba

Šk. rok: 2019/2020

Úvod

Ľudstvo sa dnes stretáva s množstvom ekologických problémov, ako sú zmena klímy, topenie ľadovcov, stenčovanie ozónovej vrstvi, odlesňovanie, klesajúca zásoba neobnoviteľných zdrojov, degradácia pôdy, strata biodiverzity, znečistenie vody a mnoho ďalších. Mali by sme nájsť spôsob, ako vyriešiť alebo zmenšiť tieto problémy nielen preto, že náš život závisí na podmienkach a kvalite životného prostredia, ale aj pre morálne otázky a z dôvodu zodpovednosti za našich potomkov (Alleyne 2011).

Okrem toho vedci vytvorili širokú škálu umelých materiálov a chemických látok. Z tohto dôvodu je obzvlášť ťažké, aby sa predpovedalo, aké účinky bude mať degradácia na vodné alebo suchozemské ekosystémy. Vplyv z plastu na suchozemské ekosystémy je témou tejto práce. Plast je materiál, ktorý sa vyrába z ropy, zemného plynu alebo ich vedľajších produktov za použitia rôznych technologických procesov.

Dnes plasty nahradili mnoho prírodných materiálov, kvôli ich špecifickým vlastnostiam, ako je napríklad, nízka váha, izolačné vlastnosti, odolnosť, elasticita a nízka cena. Plasty sa používajú pre pokrytie technických zariadení a káblov, balenie výrobkov a materiálov, ktoré zabezpečujú dopravu tovarov, konštrukcie a tak ďalej. Takmer každý človek na tejto planéte používa igelitové vrecká, alebo tašky každý deň, pretože sú väčšinou zadarmo alebo za nízku cenu dostupné v supermarkete (Horne a kol. 2009, str.67).

Rôzne krajiny sa už snažili nájsť najlepšie riešenie pre výrobu nákupnej tašky pomocou hodnotenia životného cyklu. Napríklad, Rada divízie American Chemical dospela k záveru, že pri porovnaní papierových a plastových tašiek s použitím LCA v USA, že výroba plastovej tašky si vyžaduje menej energie, vody a fosílného paliva, než papierovej. Okrem toho, je produkcia pevných odpadov a emisií skleníkových plynov taktiež menšia (Greene 2011).

Z mnohých predošlých LCA analýz z rôznych krajín je možné konštatovať, že z pohľadu krátkodobého dopadu na životné prostredie majú najmenší vplyv plastové tašky. Hlavným problémom plastových tašiek je tvorba dlhodobo rozložiteľných odpadov, ktoré končia na skládkach alebo v prírode. Plastové odpady sú veľkým problémom. V rozvojových krajinách, sú následky oveľa vážnejšie a úroveň znečistenia vyššia a to najmä kvôli nedostatku, financií, politickej a ekonomickej nestabilite (Ayalon a kol. 2009).

Hlavné typy výroby plastových tašiek

Výroba plastových tašiek je veľmi komplikovaný proces s mnohými etapami. Vo výrobnom procese sa používajú syntetické a prírodné materiály. Hlavnou zložkou pre syntetické tašky je etylén, ktorý je vedľajším produktom zo spracovania ropy, uhlia alebo rafinácie plynu. V polymerizačnej reakcii sa transformuje etylén do polyetylénu vo forme peliet, ktoré sa používajú plastovými výrobnými závodmi.

Konvenčné (tradičné) plastové tašky môžu byť vyrobené z vysoko (HDPE) alebo nízko (LDPE) hustého polyetylénu. Tašky sa líšia hrúbkou a trvanlivosťou, podľa požiadaviek spotrebiteľa. HDPE má silnejšiu silu textilu a nie je tak mäkký ako LDPE. Bohužiaľ, tieto druhy plastových tašiek väčšinou nie sú biologicky odbúrateľné a netvorí potravu pre mikroorganizmy v pôde.

Biologicky degradovateľné majú schopnosť odbúrateľnosti baktériami, alebo sú tepelne oxidačné a fotodegradovateľné (James 2004). Biologicky rozložiteľné plastové tašky sú jednou z možností, pre ktoré sú potrebné predovšetkým prírodné materiály, a pri použití správnych technológií môžu byť rozložené pôsobením baktérií bez vedľajších produktov alebo toxických rezíduí po degradácii. Pri použití biologického polyméru, môžu byť použité materiály ako: škrob z kukurice, manioku, pšenice, zemiakov, ryže, atď.; oleje z semien ľanu, sójových bôbov, atď.; alebo fermentačné produkty, ako je kyselina polymliečna, polyhydroxyalkanoátu a polyhydroxybutyrát (CIWMB 2007). Existujú tri ďalšie druhy rozložiteľných tašiek, ako sú oxo-rozložiteľné, fotodegradovateľné a vo vode rozpustné tašky, ktoré na rozklad vyžadujú prirodzené denné svetlo, teplo, alebo mechanické namáhanie, alebo vodu s určitou teplotou (James a Grant 2004)

Plastová taška (vrecúško) Ukrajinskej produkcie s.r.o (LLP) "Polymer"

V prvej fáze výrobného procesu je nákup materiálu od dodávateľov. Polyetylénové granule, farbivá a rozpúšťadlá sú nakupované dcérskou spoločnosťou "KazansynteZ", ktorá sa nachádza v meste Kazaň v Rusku. Polylaktydové granule sú poskytované spoločnosťou "TOSAF", z Kyjeva na Ukrajine. Tieto materiály sú dodávané do prevádzky nákladnými automobilmi, ktoré produkujú emisie oxidu uhličitého a uhoľnatého, metánu, oxidov dusíka, oxidu siričitého a iných zlúčenín.

Ďalšie kroky sú "produkcia fólie (filmu)" a "výroba tašky". Všetky zvyšky polyetylénovej fólie sú recyklovateľné a recyklované. Existujú špeciálne stroje, ktoré premieňajú zvyšky do peliet, ktoré sa znovu používajú na výrobu filmu.

Posledné dve etapy, ktoré sú zahrnuté vo výskume sú tlač vzoru a preprava do skladu. Životný cyklus plastovej tašky sa však neskončí v tejto fáze, ale na základe nedostatku dát sa jedná o posledný krok tohto výskumu.

Výrobný proces plastových vrecúšok sa môže meniť, ale všeobecne zahŕňa niekoľko hlavných krokov. Výrobný proces používaný ukrajinského LLP "Polymer" je popisovaný ako typický príklad. Prvý stupeň je konverzia do plastovej fólie. Rôzne typy granúl polyméru (pelety) sa tavia a extrahujú ako kontinuálne fólie v meniči. Sila, hrúbka a farba závisí na prianí a požiadavkách zákazníka. Akákoľvek farba môže byť pripravená miešaním rôznych farbív, ktoré sú v granulovanej podobe. Vrecia s granulátu farbív, ktoré sú používané v podniku, sú uvedené nižšie na obrázkoch 1-2.



Obrázok 1. tašky s rôznymi farbivami.



Obrázok 2. Vrečko s čiernym farbivom.

Konvertory produkujú rolku filmu, ktorý je nafukovaný vzduchom, ktorý vytvára bublinu pre ochladenie a stuhnutie filmu. Bod, v ktorom je dosiahnutá požadovaná hrúbka filmu je pomenovaný línia mrazu. Následne je fólia vedená valcami do spoločacích valcov. Keď nimi film prechádza vrch vzduchovej bubliny je uzavretý. Fólia sa privádza do navíjacieho zariadenia prostredníctvom rezacie jednotky. Rezanie a orezávanie je kontinuálny proces. Fólia sa potom navíja na rolky. Postup je uvedený na obrázkoch 3-4 nižšie. Na ľavom obrázku výroba polyetylénového vreca na odpadky a pravý výrobu fólie pre fóliovník.



Obrázok 3. Výroba fólie.



Obrázok 4. Výroba fólie.

Ďalším krokom je produkcia tašiek (vest-bag tašiek), čo znamená, že vystužená fólia sa odvíja z valca cez odlišné valce. Poškodená fólia je rozdrvená na granule a opätovne použitá vo výrobe. Niekedy je fóliu potrebné presvietiť ultrafialovým svetlom, kvôli lepšej kvalite potlače, pri tomto procese je však uvoľňovaný ozón, ktorý je možné veľmi ľahko cítiť v ovzduší (LLC “Polymer” 2011).

Ďalším krokom je tlač vzorov. Zákazníci si môžu vybrať ľubovoľný dizajn alebo znak. Obvykle majú vrecia vzor s logom firmy. Po nanesení vzoru je fólia vedená cez ďalšie valce, z jednej strany zapečatená a odrezaná v určitých, vopred určených rozmeroch (LLC “Polymer” 2011).

Keď sú tašky pripravené, prebieha ich balenie pre distribúciu. Posledná etapa je dodávka tašiek do skladu, respektíve je to distribúcia a spotreba. Plastové obaly sa používajú na nosenie zakúpeného tovaru. Posledným krokom je po ich nie často niekoľkonásobnom použití odhodenie do koša. Toto však nie je koniec životného cyklu tašky, pretože ich degradácia je veľmi dlhá, na čo však ľudia zabúdajú v okamihu, keď odhodia tašku preč. LLC "Polymer" vyrába rôzne druhy plastových tašiek, v tomto výskume sme sa zamerali iba na tradičné a biologicky rozložiteľné tašky v tvare „vesty“. Takéto tvarované tašky sú veľmi populárne medzi zákazníkmi, pretože majú množstvo kvalitných vlastností ako sú: nízka cena, veľká kapacita, vysoká pevnosť, jednoduchosť použitia, atď.

V Vinnitskom kraji (Ukrajina), sú tradičné tašky zákazníkmi široko používané, biologicky odbúrateľné sú vyrábané len pre špeciálnych klientov, ako McDonalds.



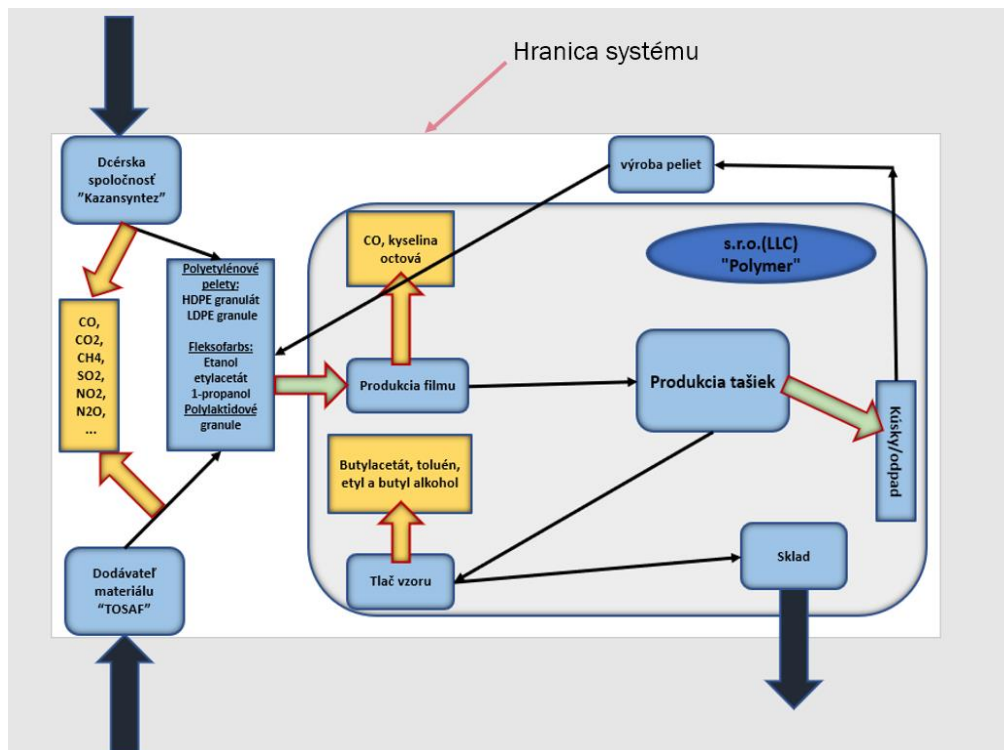
Obrázok 5. Plastové tašky vyrobené LLC "Polymer".

Stanovenie cieľa a predmetu

Cieľom tejto práce je vykonať posúdenie životného cyklu výroby plastovej tašky s použitím konkrétneho prípadu s cieľom merať vplyv výrobného procesu na životné prostredie a ľudské zdravie a určiť, aký typ plastovej tašky je najviac priateľský pre životné prostredie.

Pre posudzovanie životného cyklu, je veľmi dôležité zvoliť funkčné jednotky. Funkčná jednotka tohto výskumu je 1000 položiek plastových tašiek, ale pre program SimaPro7.3.2, bola táto suma transformovaná na kilogramy. Jeden tisíc tradičné tašky váži 23.3 kg. Súčasne, hmotnosť 1000 biologicky odbúrateľných tašiek je 22,6 kg.

Identifikácia hraníc výskumu systému je ďalším krokom, ktorý zahŕňa definovanie hraníc systému produktu, ktoré majú byť študované (procesný strom), obmedzenia v životnom cykle, geografické hranice, a hranice medzi technosférou a biosférou vo vzťahu k cieľu štúdie. Grafické zobrazenie hraníc systému je uvedené nižšie na obrázku 6, ktorý ukazuje, všetky fázy výrobného procesu, ktoré sú zahrnuté do výpočtu. V našom prípade je to doprava materiálov do spoločnosti a výrobný proces až do odoslania do skladu. Tenké čierne šípky ukazujú prechod z jedného výrobného kroku do druhého. Vstupy a výstupy materiálu, sú znázornené hrubými zelenými šípkami (Finnveden & Lindgors 1996, str.46).



Obrázok 6. Hranice sústavy pri výrobe plastových tašiek.

Inventarizačná analýza

Používa na identifikáciu a kvalifikáciu vstupov a výstupov z výrobného procesu. Ako už bolo vyššie spomenuté, tento výskum sa zameriava na výrobu dvoch typov plastových tašiek a to tradičných a biologicky odbúrateľných. Výsledky zberu dát sú analyzované, transformované podľa odhadovanej funkčnej jednotky a systémovej hranice, zoskupené a vizualizované nižšie v tabuľke 1. Informácie sú poskytované oddelene pre tradičné a biologicky odbúrateľné.

Prvá časť tabuľky zásob ukazuje rozmanitosť a množstvo vplyvov, ktoré sú potrebné na výrobu tašiek a tlač vzoru. Vstupy výrobného cyklu zahŕňajú prostriedky z prírody a materiály z technosféry. Takže, na výrobu 1000 klasických tašiek je potrebné 12,7 kilogramov polyetylénu s nízkou hustotou granúl a 10,7 kilogramov vysokohustotného polyetylénu. Na výrobu 1000 biologicky odbúrateľných tašiek je množstvo odlišné, to vyžaduje 4,6 kg polyetylénu s nízkou hustotou granúl, 6,3 kg polyetylénu s vysokou hustotou granúl a 11,7 kilogramu polylaktidových granúl. Početnej prevahe vyššie spomínaných zložiek spôsobuje biologicky odbúrateľný charakter týchto tašiek.

Okrem toho, využitie paliva (nafty) pri nákladných automobiloch na prepravu od dodávateľov sa tiež berie do úvahy. Všetky materiály sú do podniku "Polymer" prepravované nákladnými automobilmi z rôznych miest na Ukrajine a v Rusku. Dodávateľ LDPE a HDPE granulátov je dcérska spoločnosť "Kazansyntez", ktorá sa nachádza v meste Kazaň v Rusku, jej vzdialenosť je 1,901 kilometrov. Polyactidový granulát sa nakupuje od poskytovateľa "TOSAF" v Kyjeve, a je tiež prepravovaný nákladnými automobilmi, ale vzdialenosť je iba 245 km. To je dôvod, prečo sa spotreba motorovej nafty pre tradičnú a biologicky degradovateľnú tašku líšia.

Vstupy zahŕňajú špeciálne farby a rozpúšťadlá (toluén), ktoré sa používajú pre tlač vzoru. Farbivá sú založené na etanole, etylacetáte a 1-propanole. Výstupy zo životného cyklu výrobku sú emisie do ovzdušia, vody, pôdy a likvidácia odpadov. Najväčší vplyv majú látky ktoré sú emitované do atmosféry. Patria medzi ne nasledujúce znečisťujúce látky: kyselina abietová, butylacetát, toluén, etanol, butanol 2 metyl-1, oxid uhoľnatý a uhličitý, metán, prchavé organické zlúčeniny, oxid dusičitý a uhoľnatý, sadze, benzén, pyrén a síra. Ich výška je uvedená v kilogramoch spojených s výrobou 1000 kusov dvoch druhov tašiek. Okrem toho vo výskume neexistuje žiadne znečistenie vody alebo nevznikajú škodlivé odpady a všetky vedľajšie produkty sú recyklované a použité vo výrobnom procese znovu.

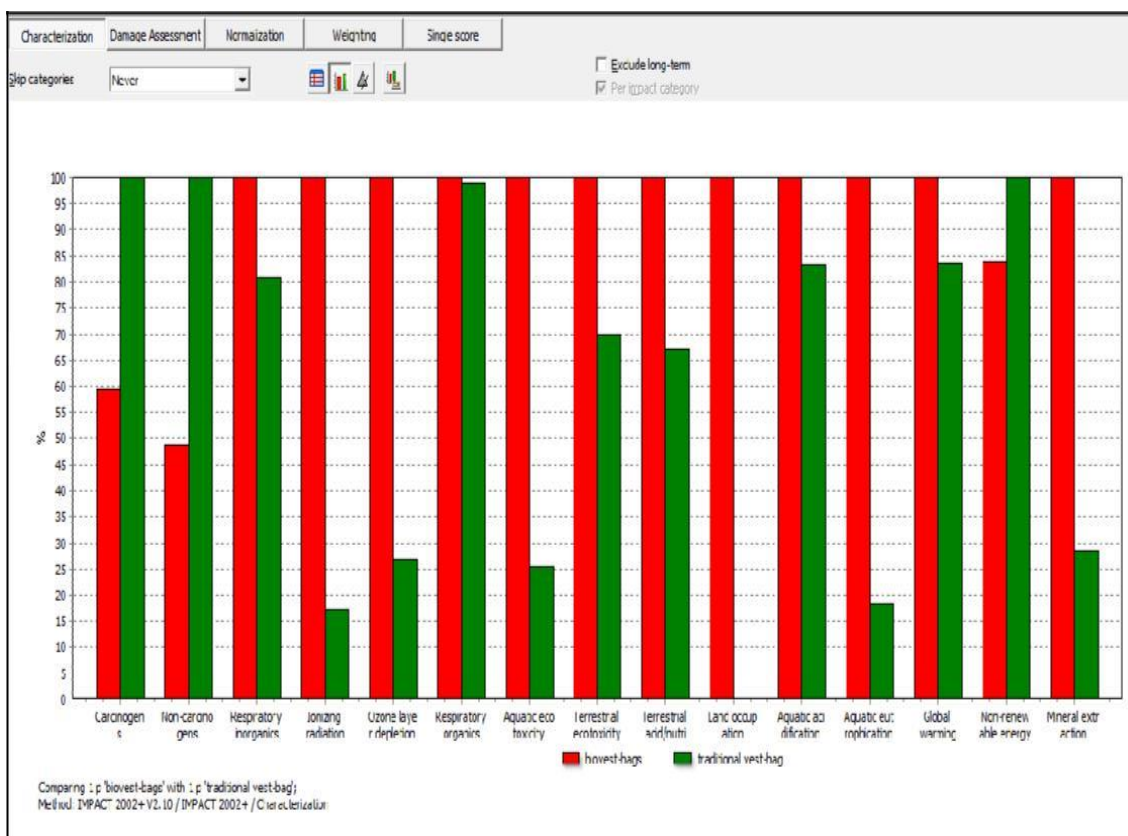
Tabuľka 1. Údaje o výrobe tradičných a biologicky rozložiteľného plastových tašiek.

Zdroje / Emisie	Jednotky	tradičné tašky	biologicky rozložiteľný tašky
zdroje			
Polyetylén, LDPE, granulát	kilogram	12.6	4.6
Polyetylén, HDPE, granulát	kilogram	10.7	6.3
Polylaktid, granulát	kilogram	0	11.7
motorová nafta	kilogram	0,0681	0,076
farbivá:			
Etanol z etylénu	kilogram	2,1432	2,2816
Etylacetát	kilogram	0,453	0,485
1-propanol	kilogram	1,8753	1,996
toluén E		0,643	0,643
Emisie do ovzdušia			
kyseliny abietová	kilogram	0,00812	0,00791
butylacetát	kilogram	9,7005	9,7855
toluén	kilogram	3,9917	4,1275
etanol	kilogram	1,9401	1,9575
Butanol, 2-metyl-1-	kilogram	3,9917	4,0275
kyslíčnik uhoľnatý	kilogram	0,0080683	0,000849
NMVOC (non-metán prchavé organické zlúčeniny)	kilogram	0,0011	0,0011
metán	kilogram	3.26197E-5	3.53243E-5
oxid dusičitý	kilogram	0,0041	0,0044
sadze	kilogram	0,0005	0,0006
oxid uhoľnatý	kilogram	1.56574E-5	1.69557E-5
Oxid uhličitý	kilogram	0,409441992	0,4434
Benz (o) pyrén	kilogram	3.91436E-6	4.23891E-6
oxid siričitý	kilogram	0,0005	0,0006

Posudzovanie vplyvov životného cyklu

IMPACT 2002+ je metóda, ktorá bola použitá pre porovnanie 1000 tradičných aj biologicky rozložiteľných tašiek naraz. Využíva sa k identifikácii životnému prostrediu šetrnejšej metódy. Výsledky charakterizácie, normalizácie a jednotlivé etapy a skóre sú zobrazené v stĺpcových grafoch a v tabuľkách.

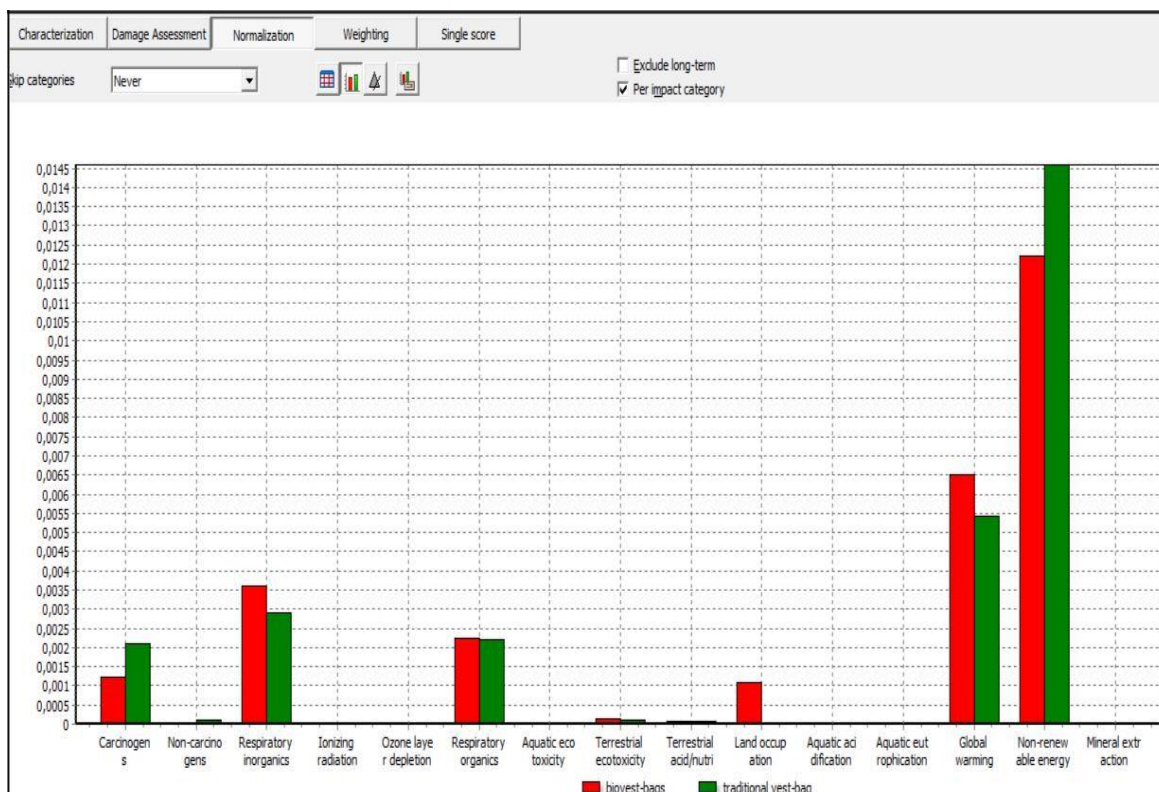
Obrázok 7, uvádza výsledky kategorizácie kroku, ktorý zahŕňa pätnásť kategórií. Zelené stĺpce sú tradičné tašky a červená sú biologicky rozložiteľné tašky. Mierka zvislej osi Oy je 100 percent. Vplyv jednotlivých kategórií sa líši pre dva typy tašiek, v závislosti na výške stĺpca.



Obrázok 7. Vizualizácia výroby biologicky rozložiteľných a tradičných tašiek.

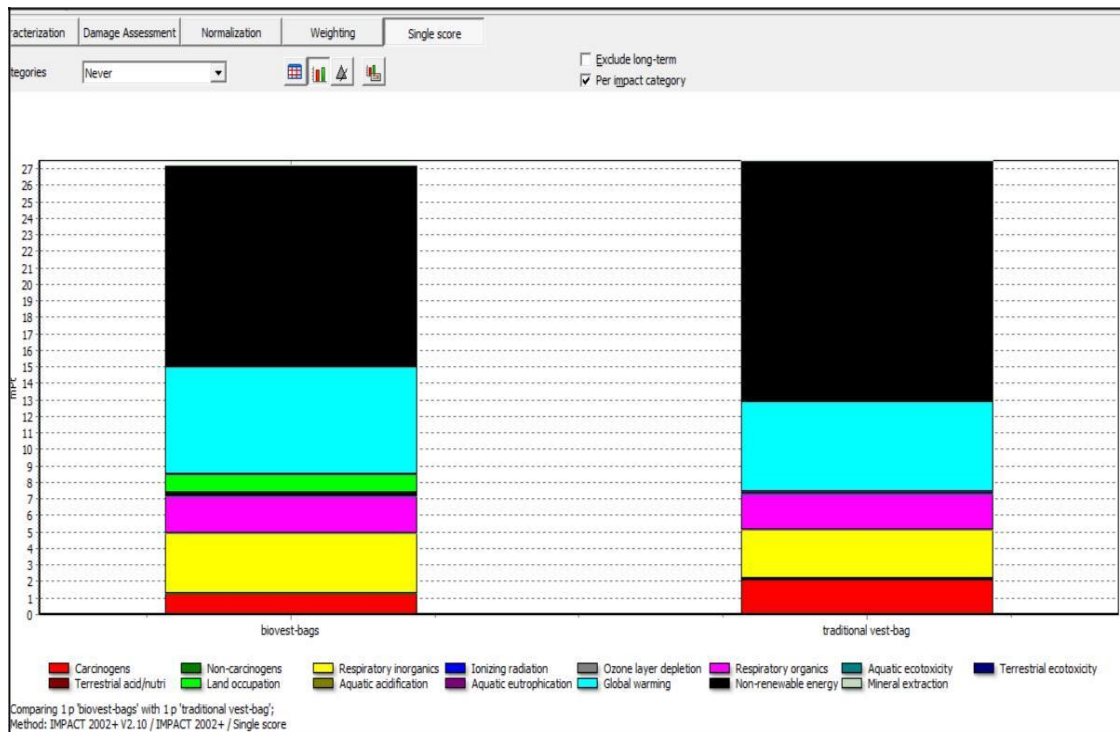
Sel	Impact category	Unit	biovest-bags	traditional vest-bag
<input checked="" type="checkbox"/>	Carcinogens	kg C2H3Cl eq	3,14	5,29
<input checked="" type="checkbox"/>	Non-carcinogens	kg C2H3Cl eq	0,121	0,247
<input checked="" type="checkbox"/>	Respiratory inorganics	kg PM2.5 eq	0,0365	0,0295
<input checked="" type="checkbox"/>	Ionizing radiation	Bq C-14 eq	1,44E3	246
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone layer depletion	kg CFC-11 eq	4,95E-6	1,33E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Respiratory organics	kg C2H4 eq	7,46	7,38
<input checked="" type="checkbox"/>	Aquatic ecotoxicity	kg TEG water	4,66E3	1,18E3
<input checked="" type="checkbox"/>	Terrestrial ecotoxicity	kg TEG soil	219	153
<input checked="" type="checkbox"/>	Terrestrial acid/nutri	kg SO2 eq	1,06	0,714
<input checked="" type="checkbox"/>	Land occupation	m2org.arable	13,7	0,0342
<input checked="" type="checkbox"/>	Aquatic acidification	kg SO2 eq	0,252	0,21
<input checked="" type="checkbox"/>	Aquatic eutrophication	kg PO4 P-lim	0,029	0,00527
<input checked="" type="checkbox"/>	Global warming	kg CO2 eq	64,5	53,8
<input checked="" type="checkbox"/>	Non-renewable energy	MJ primary	1,86E3	2,22E3
<input checked="" type="checkbox"/>	Mineral extraction	MJ surplus	0,514	0,146

Obrázok 8. Výsledky charakterizačnej fázy výroby biologicky odbúrateľných a tradičných tašiek.



Obrázok 9. Vizualizácia normalizačnej etapy tradičnej a biologicky rozložiteľnej výroby balíkov tašiek.

Etapa normalizácie ukazuje, že produkcia konvenčných tašiek zahŕňa vyššie čísla v karcinogénnej a kategórii a neobnoviteľné zdroje energie, ale situácia je opačná pre respiračné anorganiká a globálne otepľovanie. Využívanie pôdy je relevantné iba pre biologicky odbúrateľné tašky.



Obrázok 10. Vizualizácia single skóre testu pre tradičné a biologicky rozložiteľné tašky.

"Single skóre" stĺpcový graf ukazuje výsledky vyhodnotenia životného cyklu dvoch rôznych typov tašiek. Prvý stĺpec predstavuje výsledok biologicky rozložiteľnej tašky s 26,5 mil. ekobodov (MPT) celkom. Druhý stĺpec zobrazuje výsledky tradičných vrecúšok s 27 mil. ekobodov. Štúdia ukazuje, že výroba 1000 tradičných plastových tašiek spôsobuje výraznejší negatívny dopad na životné prostredie a ľudské zdravie, než s rovnakým počtom biologicky rozložiteľných. Výsledky "single skóre" testu, ktoré sú uvedené na obrázku 10, to potvrdzujú. Rozdiel medzi oboma typmi tašiek nie je príliš významný, iba 0,5 mil. ekobodov, ale stále existujú. Medzi hlavné kategórie vplyvov je možné považovať neobnoviteľné zdroje energie a globálne otepľovanie. Zo skupiny ľudské zdravie: respiračné anorganické látky, respiračné organické látky a karcinogény. Využitie pôdy je dôležitou kategóriou iba pri biologicky odbúrateľných taškách. Všetky ostatné kategórie majú menší vplyv.

Interpretačná analýza

Mnohé umelé materiály sú v dnešnej dobe k dispozícii. Vplyv mnoho z nich na životné prostredie a zdravie človeka je stále neznámy. Ako už bolo spomenuté, plasty patria do tejto kategórie. Ľudia sa väčšinou zameriavajú na ich dobré vlastnosti, ako je nízka cena, rozmanitosť, vysoká pevnosť, jednoduchosť použitia a zabúdajú na ich dlhodobé škodlivé následky a dopady. Ľahké plastové tašky používajú takmer všetci po celom svete. Keď ich vyhodíme, zabúdame na ich existenciu. Bohužiaľ, degradácia plastov je dlhý proces, oveľa dlhší ako život mnohých živých bytostí.

Vedci využívajú takzvané Life Cycle Assessment ako nástroj pre výber najlepšej alternatívy pre výrobu tašiek a dosahujú veľmi dobré výsledky. Ukázalo sa, že výroba biologicky odbúrateľných tašiek s.r.o. "Polymer" je udržateľná a šetrná k životnému prostrediu. Existuje niekoľko výhod pri výrobe týchto tašiek, a to predovšetkým pre podnik a všeobecne pre životné prostredie. s.r.o. "Polymer" bude aj naďalej viesť na trhu polymérov v regióne Vinnitsa. Biologicky rozložiteľné tašky vytvárajú menší vplyv na životné prostredie, čo je dôležité v nadmerne znečistenom modernom svete.

Zdroje

Alleyne, R 2011, “Great Garbage Patch in the Pacific Ocean not so great claim scientists”, The Telegraph, viewed 15 January 2012, <http://www.telegraph.co.uk/earth/earthnews/8241265/Great-Garbage-Patch-in-the-Pacific-Ocean-not-so-great-claim-scientists.html>.

Andersson, K, Eide, M, Lundqvist, U, & Mattsson, B 1998, “The feasibility of including sustainability in LCA for product development”, *Journal of Cleaning Production* 6, pp. 289-298.

Askham, C 2011, “REACH and LCA – methodological approaches and challenges”, *International Journal Life Cycle Assess*, no. 08, September, pp. 1-15.

Ayalon, O, Goldrath, T, Rosenhal, G & Grossman, M 2009, “Reduction of plastic carrier bag use: An analysis in Israel”, *Waste Management*, no. 29, pp. 2025-2032.

Baumann, H & Tillman A-M 2004, *The Hitch Hiker’s Guide to LCA*, Goteborg, Sweden.

Bondar, I & Poltorachenko L, 2011 “Waste management systems in Ukrainian cities, the role of citizens in selective waste collection and recommendations for the local authorities”. UNDP Municipal Governance and Sustainable Development Programme. viewed 15 January 2012, http://msdp.undp.org.ua/data/publications/swm_policy_paper.pdf.

The California Integrated Waste Management Board 2007, *Performance Evaluation of Environmentally Degradable Plastic Packaging and Disposable Food Service Ware*, Final Report 2008.

Center for Urban History of East Central Europe (CUHECE), 2011, viewed 15 January 2012, <http://www.lvivcenter.org/en/exhibitions/litterexhibit/>.

Chan, Y, Tan, R & Khoo, H 2011, “Characterization framework development for the SIMPASS (Singapore Impact Assessment) methodology”, *International Journal Life Cycle Assessment*, 08 September, pp. 1-7.

Drive, R 2006, Life Cycle Assessment: Principles and Practice. Scientific Applications International Corporation, Cincinnati, Ohio, USA.

Environmental Agency 2011, Evidence Life Cycle Assessment of Supermarket Carrier Bags. Report: SC030148.

EuroCommerce 2004, The Use of LCAs on Plastic Bags in an IPP Context. Report 2004.

ExcelPlas Australia, Centre for Design (RMIT), and Nolan ITU 2004, The impacts of degradable plastic bags in Australia. Final Report to Department of the Environment and Heritage, Department of the Environment and Heritage, Commonwealth Government of Australia: Canberra.

Finnveden, G & Lindfors, L-G 1996, "On the Nordic Guidelines for Life Cycle Assessment", International Journal LCA, no.1. pp.45-48.

Food market institute 2010, Plastic Grocery Bags - Challenges and Opportunities, viewed 10 April 2012,
http://www.fmi.org/docs/media/bg/Plastic_Bag_Backgrounder.pdf

FRIDGE: Socio-economic impact assessment of the produced plastic bag regulation, viewed 10 February 2012, <http://www.nedlac.org.za/media/6276/life.pdf>.

Greene, J 2011, Life Cycle Assessment of Reusable and Single-use Plastic Bags in California. California State University, Chico. Institute for sustainable development.

Goedkoop, M, Schryver, A, Oele, M, Roest, D, Vieira, M, Durksz, S 2010, SimaPro Tutorial. Pre Consultants. San Francisco, California, USA.

Shop "INTERTOP", viewed 25 February 2012, <http://intertop.ua/pure-life>.

Haes, A. and Heijungs, R 2007, "Life-cycle assessment for energy analysis and management", Applied Energy, Volume: 84, Issue: 7-8, Publisher: Elsevier, pp. 817-827.

Hauschild, M. and et al. 2005, "From life cycle assessment to sustainable production: status and perspectives. CIRP Annals – Manufacturing Technology", Volume 54, Issue

2, 14 June, pp. 1-21.

Hendrickson, C, Lave, L & Matthews, H 2006, Environmental Life Cycle Assessment of Goods and Services. An Input-Output Approach. Recourses for the future, DC, USA.

Horne, R, Grant, T & Verghese, K, 2009, Life Cycle Assessment – Principles, Practice and Prospects. CSIRO Publishing.

ISO 2006, ISO 14040:2006 “Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework”, International organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO/TR 14049 2000, “Environmental management — Life cycle assessment — Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis”, International organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

James, K & Grant, T 2004. “LCA of Degradable Plastic Bags”. Slate, Viewed 13 May 2012, <http://infohouse.p2ric.org/ref/12/11919.pdf>.

Jolliet, O, Margni, M, Charles, R, Humbert, S, Payet, J, Rebitzer, G, Rosenbaum, R 2003, “IMPACT 2002+: A new Life Cycle Impact Assessment methodology”. International journal of LCA 8 (6) p.324-330.