

**TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE
FAKULTA EKOLÓGIE A ENVIRONMENTALISTIKY**

**Environmentálne vplyvy výroby vodky na báze pšenice pomocou
hodnotenia životného cyklu**

2019

Diana Žingorová

1. Úvod

Približne 30% - 40% dodávok potravín v USA sa premrhá, pričom iba asi 5% ide na skládky (USDA, 2018). Potraviny sú jedným z najväčších prispievateľov k objemu skládok komunálnych odpadov, kde sa rýchlo rozkladajú a spôsobujú to, že sa skládky stali tretím najväčším zdrojom metánu v USA (USDA, 2018). Metán je skleníkový plyn s potenciálom globálneho otepľovania 25-krát vyšším ako CO_2 (US EPA, 2018a).

Inovatívne spoločnosti vyvíjajú stratégie na riešenie problému plytvania potravinami. Niektoré stratégie zahŕňajú dynamické určovanie cien a porozumenie spotrebiteľského správania, aby sa predišlo tomu, že sa potravinový tovar stane odpadom (Rohm a kol., 2017; Fauza a kol., 2016). Iní sa odlišujú a hľadajú nové spôsoby použitia potravinového odpadu (Giroto a kol., 2015; Browne a Murphy, 2013). Pečivo ako napríklad chlieb, rožky, koláče a šišky, sa môže použiť ako škrobová surovina na výrobu liehovín, ako je vodka. Tento inovatívny výrobný proces využíva nedávny nárast záujmu o miestne vyrábané liehoviny, nárast hnutia remeselnického piva (US EPA, 2018a). V roku 2012 sa spotrebovalo 4,44 miliardy litrov vodky, čím sa stal najobľúbenejším liehom na svete (Dhar, 2018), pričom na trh prichádzali remeselné vodky, ktoré vyplňovali priestor medzi lacným alkoholom a značkami „bling“ (Locker, 2018).

Vodku je možné vyrábať relatívne ľahko, pretože ako východisková surovina sa môže použiť akákoľvek potravina obsahujúca kvasiteľné cukry a nie je potrebné starnúť ako pri iných alkoholoch. Bežné suroviny zahŕňajú kukuricu, zemiaky, raž a pšenicu (Aylott, 2003). Pretože pečivo, ktorého platnosť skončila, obsahuje škroby a cukry, je z chemického hľadiska možné tento postup uskutočniť. Tieto materiály sa rozrežú alebo pomelú, potom sa zahrievajú v nádobe s vodou a rôznymi enzýmami na podporu extrakcie cukru. K tejto zmesi (známej ako kaša) sa potom pridávajú kvasnice, aby sa spotreboval cukor a fermentáciou sa získal etanol, čo vedie k roztoku 10–15% obj. alkoholu (ABV). Tento roztok sa potom destiluje na 95% ABV. Niektoré destilátory potom filtrujú roztok pomocou aktívneho uhlia na odstránenie stopových organických nečistôt pred zriedením na 80 proof (40% ABV) na plnenie do fliaš a predaj. Využitie pečiva pri výrobe vodky, by prispelo k zníženiu potravinového odpadu. Analýza prezentovaná v tomto dokumente skúma potenciálny environmentálny dopad použitia pekárskych tovarov oproti panenskej pšenici ako východiskovej suroviny na výrobu vodky pomocou hodnotenia životného cyklu (LCA), s cieľom posúdiť, či by toto použitie východiskovej suroviny mohlo viesť k nežiaducim environmentálnym dôsledkom, ktoré by mohli zatieniť prínosy znižovania potravinového odpadu. Porovnávacía LCA je vhodnejšou metódou na zdôraznenie rozdielov a kompromisov medzi výrobnými metódami.

Nezdá sa, že by existovali nejaké analýzy životného cyklu, ktoré by sa osobitne zaoberali výrobou vodky. Existujú však dve, ktoré sa zaoberajú výrobou whisky: Amienyo (2012) a Eriksson a kol. (2016), ako aj číslo, ktoré sa venuje výrobe vína, ako napríklad Gazulla et al. (2010) a Point a kol. (2012). Spoločnosť Amienyo (2012) dospela k záveru, že hlavnou oblasťou, ktorá súvisí s potenciálom globálneho otepľovania (GWP) v životnom cykle whisky, boli emisie oxidu uhličitého z výroby energie vo výrobnej fáze. V tejto súvislosti však balenie do sklenených fliaš vo väčšej miere prispieva k ekotoxícite, čo je možné potenciálne znížiť použitím recyklovaného skla. Okrem toho pozoroval zníženie potenciálu globálneho otepľovania a spotreby vody, keď sa použila organická pšenica, na rozdiel od konvenčných pšeničných surovín. Pozorovalo sa však aj zvýšenie acidifikačného a eutrofizačného potenciálu, takže využitie organickej pšenice nie je jednoznačným prínosom. Doprava v Amienyu (2012)

významne neprispela k GWP. Štúdia Erikssona a kol. (2016) zistili, že produkcia oxidu uhličitého a súvisiace klimatické vplyvy pochádzajú najmä z dopravy.

Transportné vzdialenosti v štúdiu Amienya (2012) boli menšie ako 500 km, zatiaľ čo presné vzdialenosti, ktoré použili Eriksson a kol. (2016) nie sú uvedené, hoci uvádzajú, že fľaše sa vyrábali vo Veľkej Británii a predaj sa uskutočňoval vo Švédsku. Štúdia Gazulla a kol. (2010) zistili, že na vplyvy na životné prostredie dominovalo vinohradníctvo (najmä používanie hnojív) a výroba sklenených fliaš. Zistilo sa, že zlomok dopadu, ktorý možno pripísať doprave, je maximálne 30%, v závislosti od predpokladaného scenára distribúcie, pričom najvzdialenejšia prepravná vzdialenosť je zo Španielska do Veľkej Británie. Point a kol. (2012) modelované scenáre, v ktorých boli rôzne spôsoby dopravy a vzdialenosti na trhu, pričom sa dospelo k záveru, že spôsob, ktorým sa víno prepravuje, mal dosah, ktorý môže byť úmerný prekonanej vzdialenosti. Na základe predchádzajúcich LCA pre alkoholické nápoje sú teda kľúčovými parametrami na hodnotenie vplyvov na životné prostredie výroba energie vo výrobných fázach, spôsob dopravy a vzdialenosti, druh surovín a výroba sklenených fliaš.

2. Definícia cieľa a rozsahu

Cieľom posudzovania životného cyklu (LCA) je zachytiť environmentálne aspekty a potenciálne environmentálne vplyvy počas životného cyklu produktu. LCA, ktorá sa tu vykonáva, všeobecne dodržiava normy ISO 14040/44 (ISO, 2006a & b) tým, že definuje cieľ a rozsah, vykonáva inventarizačnú analýzu, hodnotí potenciálne vplyvy na životné prostredie a interpretuje tieto výsledky. Metódy prvých troch krokov tohto LCA sú uvedené nižšie. Okrem toho sa vykonali určité analýzy citlivosti; tieto metódy sú tiež opísané nižšie.

Štúdia LCA má tieto hlavné ciele:

1.

Odhadnúť možné vplyvy na životné prostredie v životnom cykle výroby vodky pomocou potravinového odpadu a panenskej pšeničnej suroviny a identifikovať potenciálne kľúčové fázy a procesy.

2.

Porovnať potenciálny environmentálny dopad použitia potravinového odpadu ako primárneho vstupu do výroby vodky v malom meradle na rozdiel od východiskových surovín panenskej pšenice, malých aj veľkých.

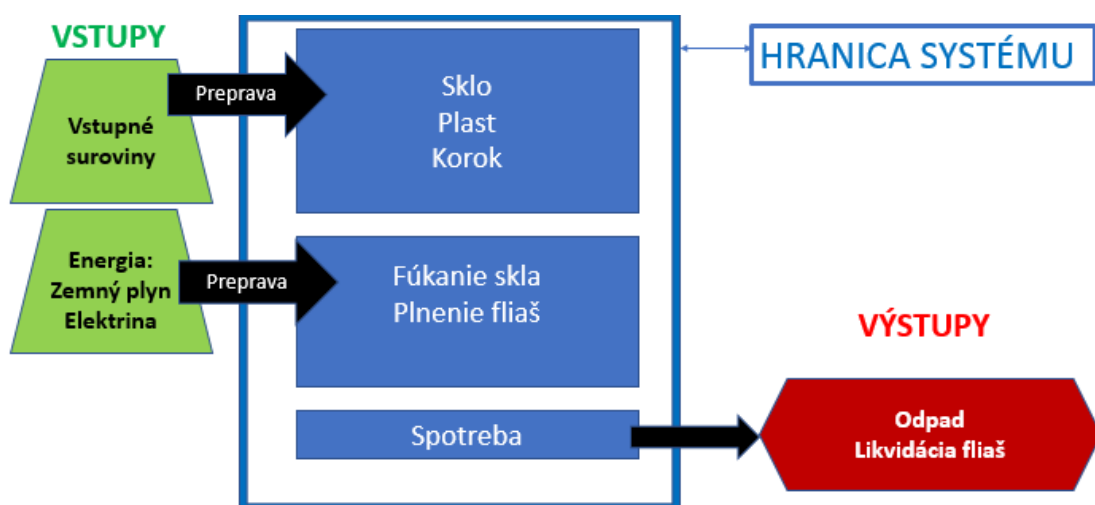
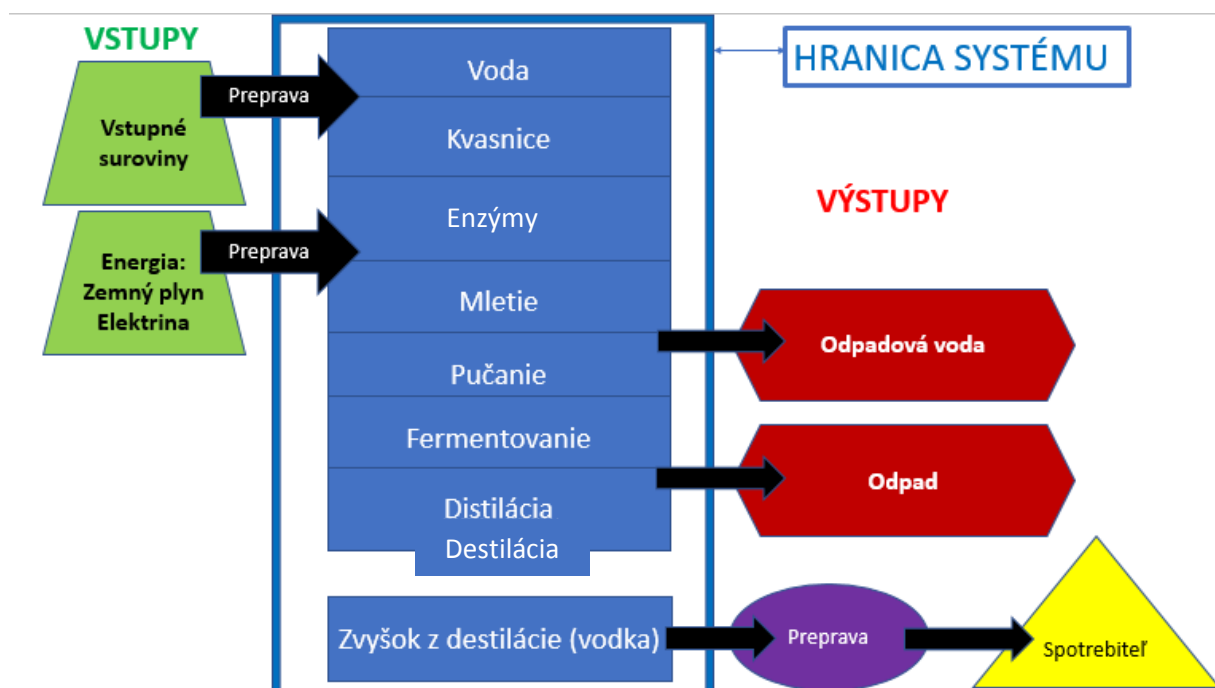
3.

Ak je to možné, určiť, za akých podmienok je možný environmentálny vplyv vodky na báze potravinového odpadu menej významný ako možný environmentálny vplyv výroby vodky z panenskej pšenice.

**Funkčná jednotka -vyčíslené správanie systému produktu použité ako referenčná jednotka.
Jedna 750 ml fľaša s vodkou**

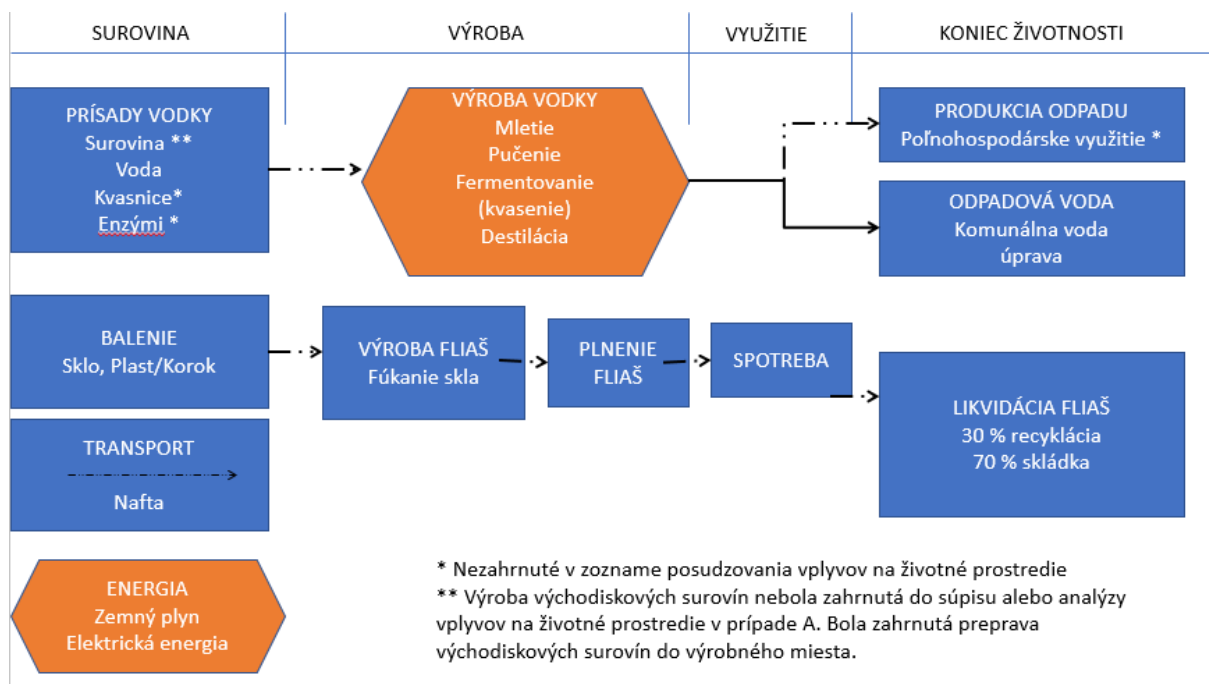
V tejto štúdii a vo všetkých prípadoch bola funkčnou jednotkou jedna 750 ml fľaša s vodkou, čo je bežný výber funkčnej jednotky v LCA iných liehovín (Amienyo, 2012; Eriksson a kol., 2016). Uskutočňuje sa porovnávací štúdiá s cieľom zachytiť zmeny potenciálnych vplyvov na životné prostredie, ktoré sú pravdepodobne relevantné pre environmentálne motivované zúčastnené strany vrátane spotrebiteľov a vedeckej obce. S cieľom vykonať príslušné porovnania boli vyvinuté tri prípady založené na príkladoch z reálneho sveta. Prípád A používa na výrobu vodky v remeselnom meradle lokálne nadobudnutý spotrebovaný pečený tovar, ktorý sa potom konzumuje lokálne; Prípád B využíva pšenicu z miestnych zdrojov na výrobu vodky v remeselnej mierke, ktorá sa potom konzumuje lokálne; a Prípád C je sériovo vyrábaná prémiová vodka vyrábaná v Európe z pšenice pochádzajúcej z miestnych zdrojov, ktorá sa potom dodáva do USA na spotrebu.

Zjednodušená ilustrácia hranice systému výroby vodky a výroby fliaš.



Hranica systému zahŕňala výrobu suroviny na výrobu skla, pšenice a vody; preprava surovín; výroba vodky; preprava výrobného odpadu; preprava na miesto spotreby (distribúcia); a koniec životnosti fliaš (znázornené na ilustráciách vyššie).

Analýza nezahŕňala výrobu alebo získavanie enzýmov alebo kvasiniek použitých v procese výroby vodky, pretože v žiadnom prípade neboli dostupné údaje o pridaných kvasniciach alebo enzýmoch. Okrem toho, zatiaľ čo produkcia kvasiniek a enzýmov môže produkovať významné emisie, množstvo a potenciálny environmentálny vplyv týchto zložiek v porovnaní s inými vstupmi a vplyvmi je v LCA alkoholických nápojov zanedbateľný a tradične sa ignoruje (Amienyo, 2012; Gazulla et al., 2010 ; Point a kol., 2012). Systémové hranice prípadu A nezahŕňajú výrobu pekárskeho tovaru použitého ako východisková surovina pre vodku, pretože pekárskeho tovaru sa už vyrábalo a inak by sa poslal na skládku ako odpad; neboli vyrobené výslovne na účely výroby vodky. Tuhý odpad produkovaný vo všetkých troch prípadoch bol používaný lokálne na sekundárne účely (t. J. Krmivo pre zvieratá alebo kompostovanie za mokra); v dôsledku toho sa zvažila preprava odpadu na miesto zneškodnenia, ale nie samotné procesy skončenia životnosti, pretože boli podobné v troch prípadoch. Presný osud sklenených fliaš nebol známy; v Spojených štátoch sa však recykluje 26% skla (US EPA, 2018b), takže sa predpokladalo, že približne 30% fliaš bolo recyklovaných a 70% šlo na skládky vo všetkých troch prípadoch. Konkrétnejšie informácie o množstve materiálu a energie v každej fáze každého prípadu nájdete v nasledujúcej časti.



Obr. 1. Fázy životného cyklu výroby vodky. Oranžovým šesťuholníkom je uvedené, že vstupy zemného plynu a elektrickej energie neboli vypočítané, zatiaľ čo čiarkované šípky označujú prepravné kroky, ktorých vzdialenosti boli vypočítané.

3. Inventarizačná analýza

Informácie sa získavali predovšetkým priamo od výrobcov vodky; bolo však ťažké získať priame informácie od veľkého výrobcu (vec C). Zatiaľ čo boli k dispozícii požiadavky na východiskovú surovinu a prepravu pšenice, boli stanovené určité predpoklady týkajúce sa technologického zariadenia a predpokladalo sa, že toto zariadenie je podobné zariadeniu používanému v prípadoch A a B. Očakáva sa však zvýšená energetická účinnosť systémov väčšieho rozsahu (Perry a Green, 2008; Towler a Sinnott, 2012), preto sa v prípade C očakávali znížené výdavky na primárnu energiu. Okrem toho sa v prípade C malo zdôrazniť porovnanie s bežnými „luxusnými“ značkami dovážanej vodky, takže presné pochopenie spôsobov dopravy a vzdialeností sa považovalo za hodnotnejšie. Analýza zásob je zhrnutá v tabuľke 1 a podrobnejšie vysvetlená nižšie.

Tabuľka 1. Zoznam kľúčových hodnôt. Vyjadrené na funkčnú jednotku (jedna 750 ml fľaša vodky).

Kategória zásob	Prípád A	Prípád B	Prípád C
Surovina	Potravinový odpad	pšenica	pšenica
Hmotnosť suroviny (kg)	1,03	1,51	1
Celková spotreba vody (kg)	633	1296	1337
Celková spotreba za vykurovanie zemným plynom (kJ)	33400	71400	66800
Použitie skla na fľaše (kg)	0,74	1,36	0,76
Preprava východiskových surovín (km)	38	18	707
Preprava fliaš od výroby po plnenie do fliaš (km)	12 160	8500	8500
Preprava fliaš + vodky z fľaškovania do miesta spotreby (km)	25	<1	12,700
Preprava produkčného odpadu z miesta spotreby do konca životnosti (km)	16	28	24

V prípade A obsah jednej fľaše vyžadoval 1,03 kg suroviny na spracovanie potravinového odpadu a 2,75 kg vody použitej na riedenie; voda použitá na ohrev a chladenie procesu je diskutovaná nižšie. Pre prípad B bolo potrebných 1,51 kg pšeničnej suroviny a 5,17 kg vody na fľašu. Pre prípad C bolo potrebných 1,00 kg pšenice a 5,31 kg vody na fľašu. Pri spracovaní a destilácii nápojov je bežné používať spaľovanie zemného plynu na výrobu pary na vykurovanie (Amienyo, 2012; Bell, 2000). Primárne informácie o vstupoch zemného plynu a vody na vykurovanie a chladenie však neboli k dispozícii v žiadnom z týchto troch prípadov. Na odhad týchto informácií sa využili korelácie týkajúce sa energetickej bilancie a účinnosti zariadení (Perry and Green, 2008). Konkrétne sa musí kaša zohriať z izbovej teploty (25 ° C) na 85 ° C a musí sa tam počas jednej hodiny udržiavať, aby sa podporila extrakcia cukru. Pre každý systém sa predpokladalo, že prevažne vodný roztok (70 - 75% vody) mal špecifickú tepelnú kapacitu vody; bola zahrievaná pomocou nízkotlakovej pary pri 160 ° C a 500 kPa a potom poslaná cez opláštenú nádobu vyžadujúcu ďalšie zahrievanie na boj proti stratám tepla do okolitej atmosféry. Tiež sa predpokladalo, že na zahrievanie nádoby sa použilo iba latentné teplo

kondenzácie pary a úplne kondenzovaná voda pri 160 ° C opúšťala plášť. V destilačnom procese sa musí etanol a voda zohriať na odparovanie a potom úplne kondenzovať. Pri výrobe vodky sa destilácia uskutočňuje pomocou viacstupňového refluxu, aby sa zvýšil výtťažok a čistota destilačných nádob používaných na výrobu liehovín s menej neutrálnou príchuťou (Stone, 2018). Na základe výparov a predpokladaných plášťových nádob s celkovým koeficientom prenosu tepla $400 \text{ W} / ^\circ \text{C} \cdot \text{m}^2$ (Towler a Sinnott, 2012) boli celkové vykurovacie povinnosti pre prípady A, B a C na fľašu 33 400 kJ, 71 400 kJ a 66 800 kJ, čo by vyžadovalo 5,3, 11,4 a 10,6 kg nízkotlakovej pary. Na kondenzáciu destilátu sa používa chladiaca voda. Predpokladalo sa, že voda vstúpila do chladiaceho plášťa pri 20 ° C a vystúpila pri 30 ° C bez recyklovania. Podľa týchto predpokladov vyžadovali prípady A, B a C 625, 1 280 a 1321 kg chladiacej vody na fľašu.

Doprava bola ďalším kľúčovým problémom a bola rozdelená na prepravu suroviny, prepravu prázdnych fliaš a distribúciu hotového výrobku do miesta spotreby. V prípade A sa pečivo (potravinový odpad) prepravil nákladným autom z miestnej potravinovej banky do výrobného zariadenia (38 km). Doprava pekárskoho tovaru z komunity do potravinovej banky sa nezohľadňuje, pretože tento pekársky tovar použitý v tomto procese už bol darovaný potravinovej banke, ale nemohol ho potravinová banka využiť z dôvodu zdravotných a bezpečnostných predpisov a predpisov. Okrem toho sa nevykonali žiadne zmeny v procese zberu, ktorý využíva potravinová banka (veľké zberné miesta a individuálne dary) a na tento účel sa nezhrmážd'oval žiadny ďalší potravinový odpad. Výber potravinového odpadu na výrobu vodky sa uskutočnil v potravinovej banke a spôsobil odklon tohto potravinového odpadu zo skládky. V prípadoch B a C sa panenská pšenica prepravovala nákladným autom z farmy do výrobného zariadenia (17, resp. 707 km). Pri určovaní emisií z prepravy fliaše sa musí zohľadniť hmotnosť fliaše. Boli kúpené a odvážené fliaše z troch vodiek, pričom pre prípady A, B a C boli získané 736 g, 778 g a 762 g. Sklenené fliaše sa zvyčajne vyrábajú procesmi vyfukovania / lisovania a vyfukovania skla (ThomasNet, 2019), ktoré sú modelované v databáze Ecoinvent (v 3.0). Prípád A získal svoje fliaše z Číny. Boli prepravené do južnej Kalifornie prostredníctvom kontajnerovej lode (12 000 km) a potom boli prepravené do výrobného zariadenia nákladným autom (160 km). Fliaše z prípadu B dovážali z Európy. Predpokladalo sa, že boli prepravené na východné pobrežie USA pomocou kontajnerovej lode (7500 km) a potom boli ťahané nákladným autom až k miestu použitia (1000 km). Fliaše pre variant C sa vyrábali aj v Európe a predpokladá sa, že boli prepravené kamiónom do európskych výrobných zariadení (530 km). V oboch prípadoch A a B sa vodky vyrábajú, distribuujú a spotrebúvajú v relatívne malej zemepisnej oblasti. Ako miesta spotreby boli vybrané dva miestne bary, ktoré predávajú hlavne vodky. (25 km ďaleko pre prípad A a <1 km ďaleko pre prípad B). Prípád C je vodka vyrábaná v Európe a dodávaná predovšetkým do USA. Prepravné vzdialenosti do tých istých bodov boli v priemere 12 700 km vrátane 8800 km pre kontajnerové lode, zvyšok sa prepravoval ľahkou nákladnou dopravou. Produkčný odpad pre každý prípad bol prepravený do konca života ako kompost alebo poľnohospodárske krmivo. Produkčný odpad ubehol 16, 28 a 24 km pre prípady A, B a C.

4. Posudzovanie vplyvov na životné prostredie

Pri hodnotení vplyvov na životné prostredie sa použila metodika ReCiPe (v. 2.0), ako sa implementuje v rozsudku Umberto (v 7.1) (IFU Hamburg). ReCiPe (v. 2.0) je štandardizácia a redizajn niekoľkých starších metodológií hodnotenia vplyvu a považuje sa za flexibilnejšiu a jednotnejšiu ako jej predchodcovia, čo z neho robí jeden z najlepších dostupných charakterizačných modelov pre analýzu v polovici obdobia (Curran, 2015). Okrem toho využíva globálne údaje, pretože všetky systémy, ktoré sú predmetom záujmu, majú globálne komponenty. Výsledky ReCiPe boli normalizované pomocou priemerných ročných vplyvov v každej kategórii z 28 európskych krajín (EÚ 25 + 3) (Sleeswijk et al., 2008). Aj keď normalizácia môže mať problémy so zaujatosťou a neistotou (Cucurachi et al., 2017), v tomto prípade normalizácia zdôrazňuje kľúčové kategórie potenciálneho záujmu. Normalizácia nemení celkové výsledky opísané v tejto štúdii; objasňuje však kategórie záujmov, ktoré sú predmetom záujmu.

Počas nastavenia LCA bolo pôvodne vybraných deväť kategórií vplyvu, ale po normalizácii výsledkov bolo jasné, že niektoré kategórie mali väčší vplyv ako iné. Ľudská toxicita, eutrofizácia sladkej vody a ekotoxicita boli vybrané na základe ich väčšieho relatívneho významu. Boli vybrané aj zmeny klímy a okupácia poľnohospodárskej pôdy, pretože boli citlivé na najviac kontrolovateľné aspekty výrobného procesu vodky, konkrétne na dopravu a výber surovín.

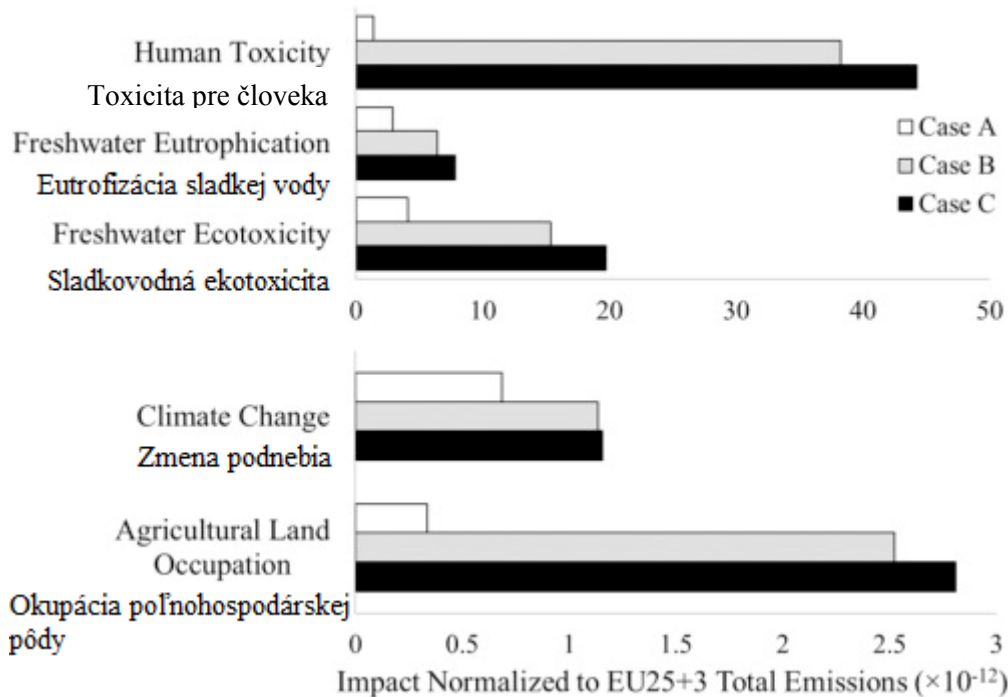
I. Analýza citlivosti

Na základe predchádzajúcich LCA alkoholických nápojov boli kľúčovými parametrami skúmania výroba energie vo výrobnej fáze, prepravné vzdialenosti, druh surovín a výroba sklenených fliaš. Bola uskutočnená analýza citlivosti, pri ktorej bol vyhodnotený vplyv miestnej výroby fliaš, obsahu recyklovaného skleneného fliaše, recyklácie procesnej vody, distribučnej vzdialenosti a použitia organickej pšenice. Na stanovenie citlivosti výrobných systémov na tieto parametre sa vypočítal percentuálny rozdiel od počiatočných výsledkov analýzy dopadu (základný scenár), pričom sa parametre uvedené vyššie menili jednotlivo. Okrem toho sa vykonala analýza so zmenenými účinkami s cieľom vyvinúť najhoršie a najlepšie scenáre. Najhorší scenár pridal zväčšené distribučné vzdialenosti pre prípady A a B: predpokladalo sa, že vodka bola dodávaná nákladným autom do baru umiestneného v stredných krajinách USA (body spotreby vo vzdialenosti 3 000 a 825 km od výrobných miest pre prípady A a B). Najhorší scenár skúmaný pre prípad C bol základný scenár. Najlepší scenár pre všetky tri prípady predpokladal 30% recyklovaného skla, 80% recyklácie výrobnej vody a použitie organickej pšenice. Okrem toho najlepší scenár pre prípady A a B predpokladal fliaše vyrobené v USA.

II. Posudzovanie vplyvov na životné prostredie a porovnanie

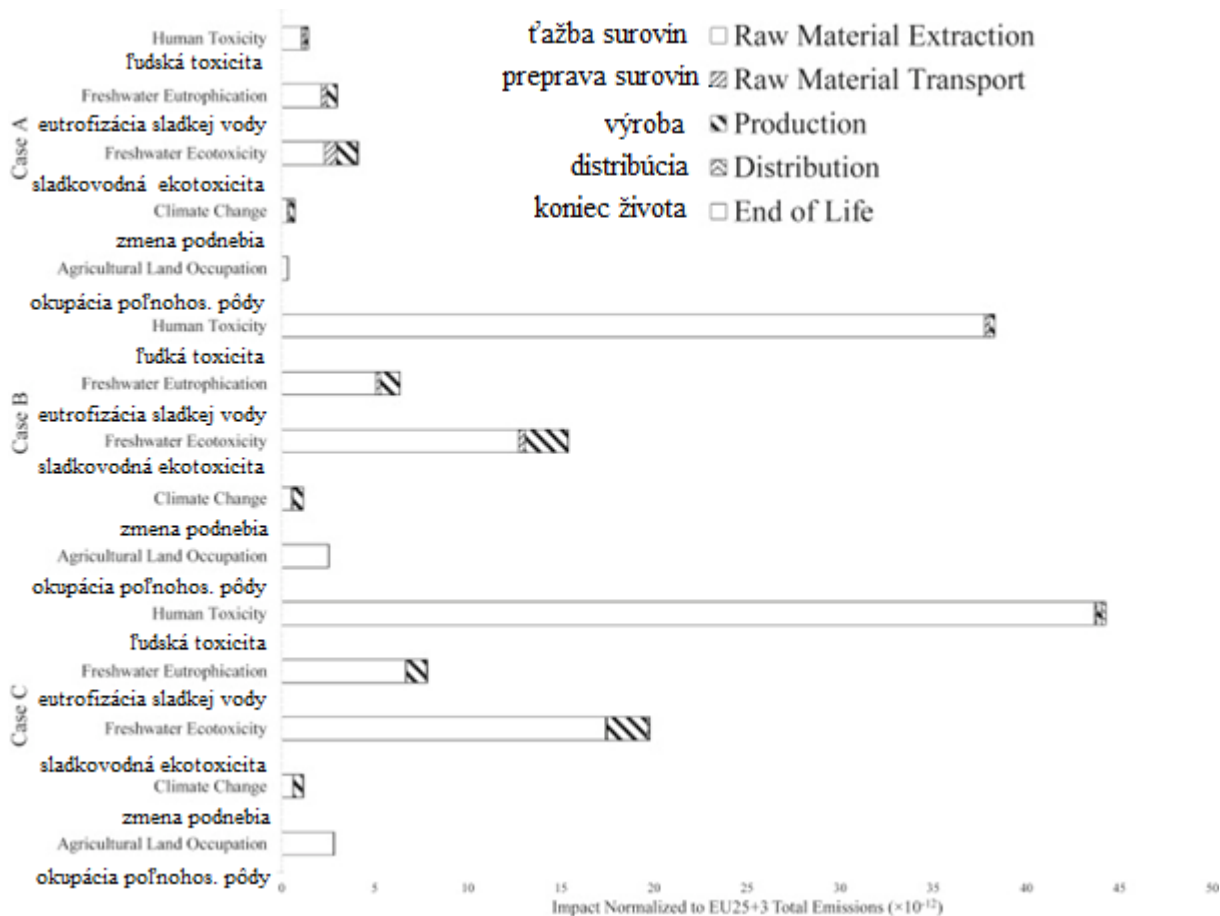
Obr. 2 zobrazuje environmentálne vplyvy piatich skúmaných ukazovateľov normalizovaných na celkové emisie EÚ 25 + 3. Výsledky prezentované v tomto dokumente naznačujú, že životný cyklus prípadu A, ktorý ako východiskovú surovinu použil pečené výrobky, má celkovo nižší potenciálny vplyv na životné prostredie. Platí to pre všetkých päť tu uvedených ukazovateľov a pre ďalšie potenciálne kategórie vplyvov na životné prostredie. Najväčšie rozdiely medzi prípadmi A a vecami B a C sú, pokiaľ ide o toxicitu pre človeka a obsadenie poľnohospodárskej

pôdy. Tieto účinky vyplývajú z použitia potravinového odpadu ako východiskovej suroviny, čo si nevyžaduje ďalšie obsadenie poľnohospodárskej pôdy. Preskúmanie položiek databázy Ecoinvent (v 3.0) pre produkciu pšenice ďalej naznačuje, že využívanie poľnohospodárskej pôdy vedie k uvoľňovaniu rôznych toxínov vrátane hnojív, pesticídov a radónu. Výsledky pre prípady B a C sú podobné, ale prípad B vykazuje miernejšie nižšie dopady. Hlavný rozdiel medzi prípadmi B a C spočíva v tom, že v životnom cykle vodky sa uskutočňuje väčšina prepravy. V prípade B je preprava najdôležitejšia vo fáze surovín, pretože fľaše sa dovážajú zo zahraničia; v prípade C je preprava najvýznamnejšia vo fáze používania, keďže hotový výrobok sa dodáva do zahraničia. Rozdiel teda možno pripísať rozdielom v hmotnosti pri preprave, pretože plná fľaša s vodkou vážila takmer o 50% viac ako prázdna fľaša.



Obr. 2. Normalizované environmentálne vplyvy pre päť kategórií pre tri prípady výroby vodky.

Obr. 3 naznačuje, že celkovému dopadu tu analyzovaných systémov výroby vodky na životné prostredie dominovala ťažba surovín, ktorá sa v tejto analýze týka výroby pšenice a skla. Toto pozorovanie je podobné zisteniam Eriksson et al. (2016), v ktorej produkcia jačmeňa a fliaš dominovala vplyvom životného cyklu jedinej sladovej whisky. Nedostatok panenskej východiskovej suroviny pre prípad A vedie k nárazu, ktorú tento systém zobrazuje. Kým výrobná fáza prispieva významnou mierou k možnému vplyvu na zmenu podnebia, frakcia je vo všetkých troch prípadoch pomerne konzistentná kvôli podobnosti v základnom procese výroby vodky na báze pšenice a predpokladom uvedeným vo výpočtoch procesu. Dopad dopravy na distribúciu surovín a distribúciu fliaš je pomerne zanedbateľný, podobne ako v prípade Gazulla et al. (2010), a to napriek skutočnosti, že prepravné vzdialenosti sú tu podstatne dlhšie, ako sa hodnotili v tejto štúdií.



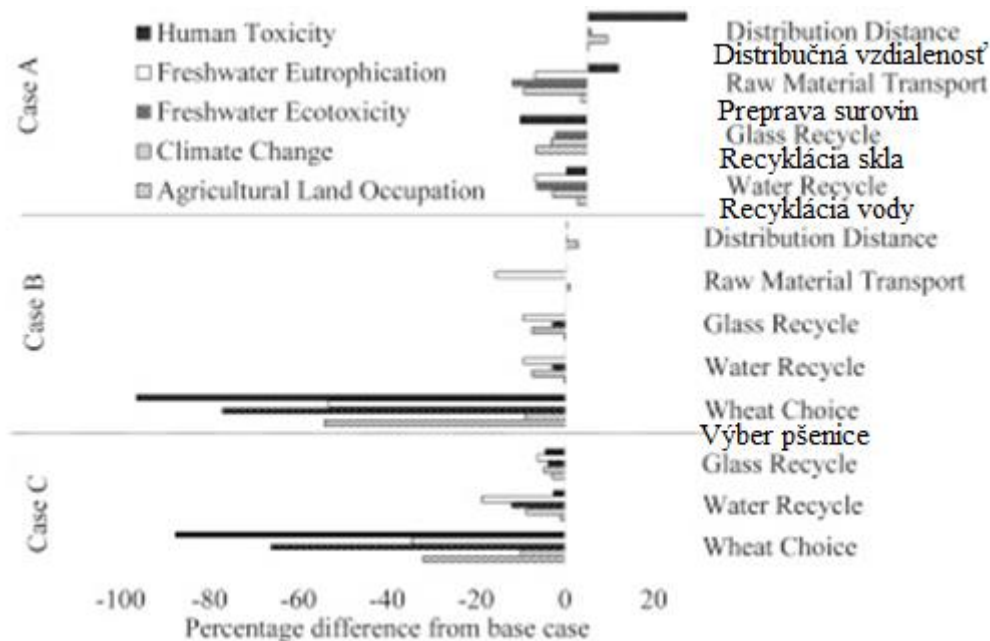
Obr. 3. Rozpis normalizovaných environmentálnych vplyvov podľa fázy životného cyklu.

III. Analýza citlivosti

Obr. 2, Obr. 3 naznačujú, že druh suroviny je kritický a môže byť ovplyvnený prechodom z konvenčne pestovanej na organickú pšenicu. Okrem toho, ak by sa distribučná vzdialenosť zvýšila s rozširovaním ich remeselníckych vodiek, je možné, že sa zvýši aj vplyv dopravy na životné prostredie. Nakoniec, keďže množstvo recyklovanej vody a obsah recyklovaného skla v sklenených fľašiach sú spôsoby, ktorými sa výrobné procesy môžu stať udržateľnejšími, tieto premenné sa tiež skúmali.

Obr. 4 predstavuje relatívnu zmenu v každej kategórii dopadov po individuálnej zmene predpokladov alebo parametrov. Ako sa predpokladalo, zvýšenie distribučnej vzdialenosti zvýšilo environmentálne vplyvy, zatiaľ čo používanie fliaš vyrábaných na domácom trhu vo všeobecnosti znížilo dopady, a to aj pri prechode na prepravu nákladným autom, čo je energeticky náročnejšie a prináša vyššie emisie na kg km ako námorná preprava. Toto zistenie odráža Point et al. (2012), ktorý poznamenal, že k prejdenej vzdialenosti treba prihliadať aj na druh dopravy. Aj keď recyklácia skla a vody môže mierne znížiť environmentálne vplyvy, výsledky naznačujú, že prechod na panenskú pšenicu (prípady B a C) z konvenčne pestovanej na organickú by mohol výrazne znížiť environmentálne vplyvy. Je dôležité poznamenať, že vplyv výroby pšenice na životné prostredie, ako sa určuje pomocou databázy Ecoinvent (v. 3.0), sa značne líši a špecifikácia pšenice z USA má vo všeobecnosti väčší vplyv ako špecifikácia

pšenice zo zvyšku sveta. Variabilita dopadov pšenice na základe umiestnenia a zdroja údajov je ilustrovaná v Amienyo (2012) a môže súvisieť s faktormi, ako sú rozloha pôdy, typ pôdy, podnebie a poľnohospodárske postupy (Azapagic, 2011). V tejto štúdii však použité zdroje údajov naznačili zlepšenia vo všetkých vybraných kategóriách vplyvu na životné prostredie pri využívaní organickej pšenice namiesto konvenčnej pšenice. Toto bol prípad USA, Európy a zvyšku svetovej ekologickej pšenice v databáze Ecoinvent (v. 3.0). Vo výsledkoch tu uvedených sa použila organická pšenica z ostatného sveta.

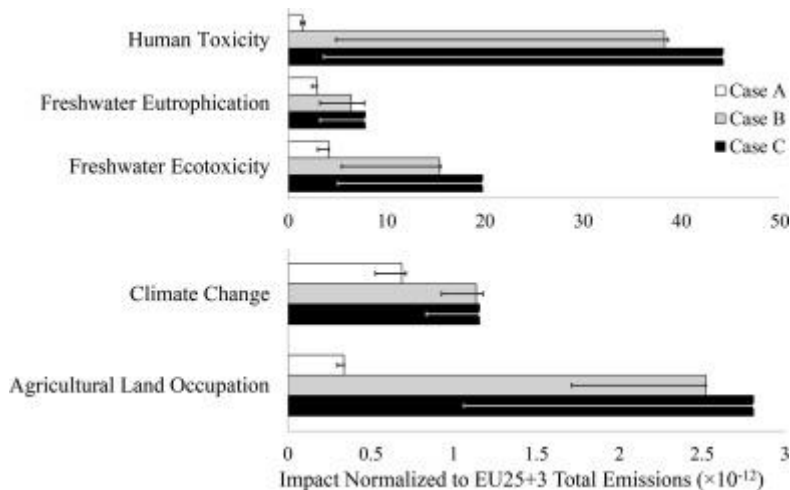


Obr. 4. Percentuálny rozdiel v porovnaní s pôvodným scenárom pre vplyvy na životné prostredie, keď sa vstupné údaje menili. Distribučná vzdialenosť sa zvýšila s nelokálnym miestom spotreby. Transport surovín sa znížil za predpokladu, že sklenené fľaše boli získavané z domácich zdrojov. Sklenené fľaše boli zložené z 30% recyklovaného skla. Recyklácia procesnej vody znížila spotrebu o 80%. Ako východisková surovina bola vybraná organická pšenica [RoW] v Umberte (v. 7.1).

Na obr. 4 sú uvedené zmeny v jednotlivých parametroch. Aby sme ich preskúmali súhrnne, boli zostavené najlepšie a najhoršie scenáre. V prípade A najlepší scenár vychádzal z pôvodného scenára, ale s obsahom 30% recyklovaného skla v domácich fľašiach a 80% recyklovanej procesnej vody, zatiaľ čo najhorší scenár predpokladal pôvodný scenár, ale s nelokálnou spotrebou. V prípade B najlepší scenár vychádzal z pôvodného scenára, ale s obsahom 30% recyklovaného skla vo fľašiach vyrobených na domácom trhu, recyklovaním 80% procesnej vody a použitím organickej pšenice, zatiaľ čo najhorší scenár predpokladal pôvodný scenár s ne lokálnou spotrebou, Podobne v prípade C bol najlepším scenárom pôvodný scenár s 30% obsahom recyklovaného skla, 80% recyklovanej procesnej vody a organická pšenica. Najhorší scenár skúmaný v prípade C bol pôvodný scenár.

Výsledky analýzy najlepších a najhorších scenárov sú uvedené na obrázku 5. Rozpätie výsledkov je prezentované ako chybové stĺpce, v ktorých spodná hranica označuje najlepší

scenár (najmenší normalizovaný vplyv) a horná hranica označuje najhorší scenár (najvyššia). normalizovaný dopad) pre každý výrobný systém. Tieto výsledky naznačujú, že najhorší scenár pre prípad A s východiskovou surovinou pre hotový pečený tovar má vo všeobecnosti nižšie environmentálne vplyvy ako najlepšie scenáre v prípadoch B a C (v prípade eutrofizácie sladkej vody sú však výsledky podobné). V závislosti od konkrétnych okolností je možné, že hromadne vyrábaná vodka by mohla mať menšie dopady na životné prostredie ako destilácia remesiel. Ak sa má remeselná destilácia presadzovať tak, že má menší vplyv na životné prostredie ako hromadná výroba na trhu na fľašu, mala by zväžiť použitie fliaš z miestneho zdroja vyrobených z recyklovaného skla, recykláciu chladiacej vody a získavanie ekologickej pšenice.



Obr. 5. Normalizované environmentálne vplyvy každého výrobného systému vodky prezentované s chybovými čiarami označujúcimi rozsah medzi najlepšimi a najhoršími scenármi.

Na vymedzenie hranice, v ktorej už prípad A nemal najmenší vplyv na životné prostredie, boli rôzne spôsoby dopravy a vzdialenosti. Ak by sa vodka Case A prepravovala prostredníctvom leteckej nákladnej dopravy s dĺžkou 3800 km alebo viac, len potom by niektoré potenciálne environmentálne vplyvy (zmena podnebia, sladkovodná ekotoxicita a eutrofizačný potenciál) prekročili tie, ktoré sú v najlepšom prípade vodky Case B. Preto je prípad A vo väčšine možných scenárov najmenší vplyv na životné prostredie.

4. Interpretácia

LCA vykonaná v tejto štúdii naznačuje, že vodka vyrobená z pečeného tovaru, ktorého platnosť skončila, má nižšie potenciálne environmentálne vplyvy vrátane nižšej toxicity pre človeka, eutrofizácie sladkej vody a ekotoxicity, zmeny klímy a dopadov využívania poľnohospodárskej pôdy v porovnaní s vodkou vyrobenou z východiskových surovín z pšenice. Platí to aj vtedy, ak sa vodka na báze panenskej pšenice vyrába pomocou organickej pšenice pochádzajúcej z miestnych zdrojov, fľaš vyrobených na domácom trhu a konzumuje sa na mieste. Potenciálne environmentálne vplyvy výroby vodky s použitím surovej pšeničnej suroviny sa určite môžu znížiť recykláciou procesnej vody, použitím organickej pšenice, použitím fľaš vyrobených na domácom trhu s recyklovaným obsahom a miestnou distribúciou; Avšak ani vykonanie týchto zmien nemôže znížiť dopad na životné prostredie pod vodku, ktorá ako východiskovú surovinu používa pečivo po dátume spotreby. Avšak v dôsledku použitia potravinového odpadu namiesto panenských surovín je taký významný, že liehovary, ktoré používajú takúto surovinu, môžu prepravovať svoje výrobky po celej USA pozemnou dopravou a stále majú nižší potenciálny environmentálny vplyv.

Výroba vodky z pečeného tovaru, ktorého platnosť sa skončila, pomáha riešiť environmentálne problémy súvisiace so značnou časťou odpadu, ktoré sa premrhá. Je však potrebné ďalšie preskúmanie tohto inovatívneho výrobného procesu, aby sa pochopili potenciálne prekážky rozšíreného prijímania. Medzi tieto prekážky môžu patriť preferencie spotrebiteľov týkajúce sa chuti a organických zdrojov a potenciálne škodlivé vplyvy na zásobovacie reťazce potravinových bánk. Okrem toho prieskum do iných surovín vodky alebo tokov odpadu môže naznačovať udržateľnejšie možnosti.

Zoznam použitej literatúry

ANN CURRAN, Mary. *Life Cycle Assessment Student Handbook*. John Wiley & Sons, 2015. ISBN 9781119083559.

AYLOTT, R. I. Vodka, Gin and Other Flavored Spirits. *Fermented Beverage Production* [online]. Boston, MA: Springer US, 2003, 2003, , 289-308 [cit. 2019-11-12]. DOI: 10.1007/978-1-4615-0187-9_13. ISBN 978-0-306-47706-5. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4615-0187-9_13

AZAPAGIC, Adisa, Roland CLIFT a Slobodan PERDAN. *Sustainable Development in Practice: Case Studies for Engineers and Scientists*. John Wiley & Sons, 2004. 2004. ISBN 0-470-85609-2.

BHATTACHARYYA, Nirvan, Amy GOODELL, Sarah ROGERS a Avery DEMOND. Environmental impacts of wheat-based vodka production using life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2019, **231**, 642-648 [cit. 2019-11-05]. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.05.226. ISSN 09596526. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652619317603>

BROWNE, James D. a Jerry D. MURPHY. Assessment of the resource associated with biomethane from food waste. *Applied Energy* [online]. 2013, **104**, 170-177 [cit. 2019-11-12]. DOI: 10.1016/j.apenergy.2012.11.017. ISSN 03062619. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0306261912008100>

CUCURACHI, Stefano, Thomas P. SEAGER a Valentina PRADO. Normalization in Comparative Life Cycle Assessment to Support Environmental Decision Making. *Journal of Industrial Ecology* [online]. 2017, **21**(2), 242-243 [cit. 2019-11-12]. DOI: 10.1111/jiec.12549. ISSN 10881980. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/jiec.12549>

ERIKSSON, Ola, Daniel JONSSON a Karl HILLMAN. Life cycle assessment of Swedish single malt whisky. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2016, **112**, 229-237 [cit. 2019-11-12]. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.07.050. ISSN 09596526. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652615009786>

FAUZA, Gusti, Yousef AMER, Sang-Heon LEE a Hari PRASETYO. A Vendor-Buyer Inventory Model for Food Products Based On Shelf-Life Pricing. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal* [online]. 2016, **112**, 229-237 [cit. 2019-11-12]. DOI: 10.31387/oscm0200146. ISSN 2579-9363. Dostupné z: <http://journal.oscm-forum.org/journal/abstract/oscm-volume-8-issue-2-2015/a-vendor-buyer-inventory-model-for-food-products--based-on-shelf-life-pricing--->

GAZULLA, Cristina, Marco RAUGEI, Pere FULLANA-I-PALMER a Hari PRASETYO. Taking a life cycle look at crianza wine production in Spain: where are the bottlenecks? *The International Journal of Life Cycle Assessment* [online]. 2010, **15**(4), 330-337 [cit. 2019-11-12]. DOI: 10.1007/s11367-010-0173-6. ISSN 0948-3349. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11367-010-0173-6>

GIROTTO, Francesca, Luca ALIBARDI, Raffaello COSSU a Hari PRASETYO. Food waste generation and industrial uses: A review. *Waste Management* [online]. 2015, **45**(4), 32-41 [cit. 2019-11-12]. DOI: 10.1016/j.wasman.2015.06.008. ISSN 0956053X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X15004201>

ISO Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines, ISO 14044:2006. Dostupné z: <https://www.iso.org/standard/38498.html> (2006)

ISO Environmental management -- life cycle assessment –principles and framework, ISO 14040:2006. Dostupné z: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:en> (2006)

POINT, E., P. TYEDMERS a C. NAUGLER. Life cycle environmental impacts of wine production and consumption in Nova Scotia, Canada. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2012, **27**, 11-20 [cit. 2019-11-12]. DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.12.035. ISSN 09596526. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652611005762>

ROHM, Harald, Marije OOSTINDJER, Jessica ASCHEMANN-WITZEL, Claudia SYMMANK, Valérie L. ALMLI, Ilona DE HOOGE, Anne NORMANN a Kostas KARANTININIS. Consumers in a Sustainable Food Supply Chain (COSUS): Understanding Consumer Behavior to Encourage Food Waste Reduction. *Foods* [online]. 2017, **6**(12), 11-20 [cit. 2019-11-12]. DOI: 10.3390/foods6120104. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2304-8158/6/12/104>

SLEESWIJK, Anneke Wegener, Laurant F.C.M. VAN OERS, Jeroen B. GUINÉE, Jaap STRUIJS a Mark A.J. HUIJBREGTS. Normalisation in product life cycle assessment: An LCA of the global and European economic systems in the year 2000. *Science of The Total Environment* [online]. 2008, **390**(1), 227-240 [cit. 2019-11-12]. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2007.09.040. ISSN 00489697. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969707010522>

SLOAN, Philip, Marije OOSTINDJER, Jessica ASCHEMANN-WITZEL, Claudia SYMMANK, Valérie L. ALMLI, Ilona DE HOOGE, Anne NORMANN a Kostas KARANTININIS. The Routledge Handbook of Sustainable Food and Gastronomy: Understanding Consumer Behavior to Encourage Food Waste Reduction. *Foods* [online]. 2017, 2015-6-12, **6**(12), 11-20 [cit. 2019-11-12]. DOI: 10.4324/9780203795699. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2304-8158/6/12/104>

US EPA Glass: Material-specific Data, United States Environmental Protection Agency (2018). Dostupné z: <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/glass-material-specific-data>, Accessed 1st Aug 2018

US EPA Overview of Greenhouse Gases | US EPA, United States Environmental Protection Agency (2018). Dostupné z: <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>, Accessed 22nd Apr 2018

USDA USDA | OCE | U.S. Food Waste Challenge | FAQ's, United States Department of Agriculture (2018). Dostupné z: <https://www.usda.gov/oce/foodwaste/faqs.htm>, Accessed 22nd Apr 2018