



**SZENT ISTVÁN  
EGYETEM**

SZENT ISTVÁN EGYETEM  
Tájépítészeti és Tájökológiai Doktori Iskola

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

BOROS PALACKOK KÖRNYEZETI HATÁSVIZSGÁLATA

ÉLETCIKLUS-ÉRTÉKELÉssel

BOGÓNÉ TÓTH ZSUZSÁNNA

Budapest, 2020

A doktori iskola megnevezése: Tájépítészeti és Tájökológiai Doktori Iskola

tudományága: agrárműszaki

vezetője: Dr. Bozó László

egyetemi tanár , DSc

Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar,

Talajtan és Vízgazdálkodási Tanszék

Supervisor:

Dr. habil. Lakner Zoltán

egyetemi tanár, DSc

Szent István Egyetem

Élelmiszertudományi Kar

Élelmiszeripari Gazdaságtan Tanszék

.....  
Head of Doctoral School

.....  
Supervisor

## A MUNKA CÉLJA

A környezetszennyezés, a fenntarthatóság napjaink nem csak divatos, de az egész világot érintő, globális, megoldásra szoruló problémája. Az éghajlatváltozás, a növekvő széndioxid és metán kibocsátás, a fajok számának csökkenése és a nyersanyagforrások kimerülése veszélyeztetik életterünket.

A környezetszennyezés egyik meghatározó forrása a csomagoló anyagokból keletkező, indokolatlanul nagy mértékű hulladék keletkezése. Mennyiségükben a legjelentősebbek az egyutas csomagolások, köztük a borospalackok többsége.

A megoldás a palackok visszagyűjtése, újratöltése. A gazdaságosság és a környezetterhelés közötti optimum megtalálására megfelelő számításokat kell végezni a termék tervezési szintjétől, a termelésen és a használaton át a hulladékká válásig, ártalmatlanításig, kedvezőbb esetben az újrahasznosításig, újrahasználatig.

Ezen számítások egyik lehetséges és napjainkban egyre elterjedtebb eszköze az életciklus-értékelés.

Dolgozatomban azt kutatom, hogy a borpalackozásban szinte egyeduralgó csomagolás, az üvegpalack, életciklusa alatt milyen terhet ró a környezetre, valamint, hogyan befolyásolhatjuk ennek mértékét az újrahasználat, illetve az újrahasznosítás különböző eseteiben.

Kutatásom célja az volt, hogy az életciklus-értékelés segítségével számszerűsítve erősítsem meg az újrahasználat és újrahasznosítás környezetvédelmi fontosságát.

Ennek érdekében a következő kérdésekre kerestem választ:

- A különböző összetételű (reciklált üveg tartalmú) palacktípusok milyen környezeti hatással rendelkeznek?
- A többszöri újratöltés és a visszagyűjtés arányának növelése miként hat a környezetterhelésre?
- Melyek azok a hatáskategóriák, amelyekben egyértelműen hatása van az üveggyártásnak és a borászati palackozásnak?

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### Az életciklus-értékelés

Az életciklus-értékelés (Life Cycle Assessment, LCA) egy olyan átfogó módszer, amely a termék, illetve szolgáltatás teljes életútja során – a nyersanyag kinyerésétől a feldolgozáson és a használaton át a hulladékká válásig vizsgálja annak a környezetre gyakorolt potenciális, vagy tényleges hatásait és számszerűsíti azokat. Optimális esetben a termék élete itt nem ér véget, újrahasználgják, vagy hasznosítják.

A vizsgálatokat az életciklus-értékelés (LCA) módszerével az openLCA 1.10 nyílt forráskódú szoftverrel végeztem, felhasználva az openLCA EF\_secondary\_201908 és az ecoinvent 3.4. adatbázisát.

A környezeti hatások főként az emberi tevékenységhez köthető kibocsátások, emissziók, a hatáskategóriák pedig a környezeti problémaköröket képviselő osztályok, amelyekhez az input és output adatok hozzárendelhetők. A hatáskategóriák közös jellemzője, hogy kisebb vagy nagyobb mértékben, de mind hozzájárulnak a környezetterhelés globális problémáihoz.

Minden egyes hatáskategóriára vonatkoztatva az adott hatáselemző módszer szerzői meghatároztak egy referencia egységet. Pl. 1 kg CO<sub>2</sub> globális felmelegedésre gyakorolt hatása 1, de például a metán emissziók globális felmelegedéshez való hozzájárulását kg CO<sub>2</sub> egyenértékben kifejezett érték adja meg.

A hatáskategóriák vizsgálata hatáselemző módszerek segítségével történik. Ezen módszerek sokaságából kell kiválasztanunk az általunk használt vizsgálati módszert, amely kutatásomban az Environmental Footprint (Mid-point) módszer volt, és az általam alkalmazott szoftver csak ennek a módszernek a használatát támogatta az EF adatbázis használata során.

A dolgozat első felében a szoftver segítségével öt különféle üveg környezetterhelését vizsgáltam az életciklus-értékelés módszerével. Ezek az üvegek a felhasznált újrahasznosított üvegcserep, más néven cullet-tartalmukban, illetve a gyártási régiójukban különböztek.

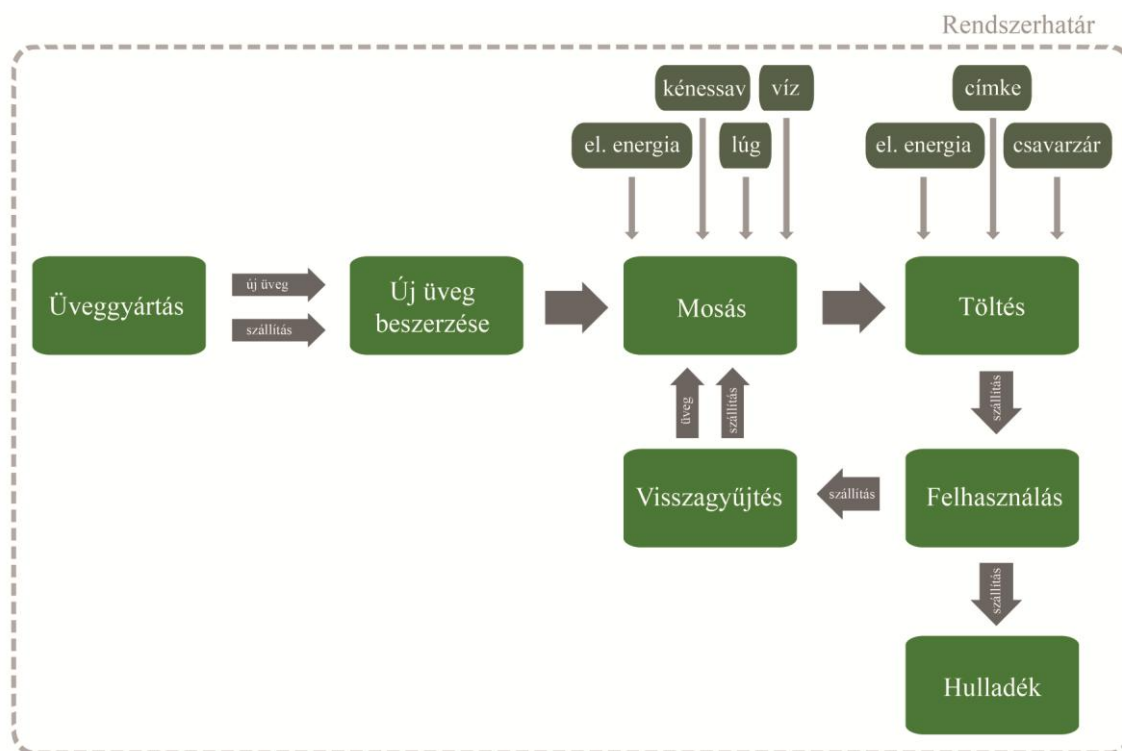
Ezekben a vizsgálatokban az üveggyártási folyamatok környezetterhelését számítottam ki a különböző hatáskategóriákban.

Az üveggyártás és a technológiai folyamatok (itt: üveg beszerzése, mosás, töltés, felhasználás, visszagyűjtés, hulladékká válás) együttes környezetterhelésének kiszámításához a szoftverben termékrendszert hoztam létre, amelynek segítségével különböző üvegtípusokat alapszenariókkal kombináltam, így 21 scenariót vizsgáltam a három kiválasztott üvegtípus, a 0, az 50, a 80 és a 90 %-os visszagyűjtéssel és az 1, 5 illetve 6 töltéssel számolva.

A szükséges, úgynevezett leltáradatokat egy hazai piacvezető borászattól kaptam, amely napi több ezer palackot tölt meg. Palackjaikat magas betétdíjjal értékesítve elérték, hogy üvegeik 80 %-a visszagyűjtésre és újratöltésre kerüljenek.

Ehhez igazodva az eredmények kiszámításához funkcionális egységként 10 millió palackot választottam.

A vizsgált termékrendszer elemeit az 1. ábra mutatja.



1. ábra A vizsgált termékrendszer

A hatásértékelési módszer által felkínált 19 hatáskategóriából előzetes számítások után 10 hatáskategóriát vizsgáltam. Ezek a klímaváltozás, a savasodás, az édesvizek eutrofizációja, az ökotoxicitás, az ózonképződés, a földhasználat, az ásványi és a fosszilis készletek kimerülése, ionizációs sugárzás és a vízfelhasználás voltak.

Külön vizsgáltam és összehasonlítottam a jelen helyzetet modellező scenariót és a legjobb, valamint a legrosszabb esetet.

Vizsgáltam, hogy az összes környezetterhelést tekintve milyen arányban származik az üveggyártás folyamatából és mekkora részt képvisel az általam technológiának nevezett folyamat együttes.

Azért, hogy érzékelhetővé tegyem a környezetterhelés nagyságát a kapott nyers eredményeket normalizáltam. A normalizáció az életciklus-értékelés opcionális eleme. Lényege, hogy az hatásértékelés folyamán kapott nyers adatot egy (a hatáselemző módszerhez tartozó) referencia értékhez viszonyítsuk. Ez lehet például egy európai polgár évi átlagos

környezetterhelése. Így lakosegyenértékben tudjuk kifejezni a kapott eredményt. Az életciklus értékelés másik opcionális elemét, a súlyozást is felhasználtam az eredmények értelmezésének pontosítására. A súlyozás, döntés arról, mely környezeti hatások súlyát tartjuk fontosnak, az eredmények egymáshoz való viszonyítása, valamint az eredmények minőségi értékelése.

## EREDMÉNYEK

Vizsgálataim során a feltett hipotézisekre vonatkozóan az alábbiakat állapítottam meg.

**H1:** A nagyobb hányadban újrahasznosított üvegből készült palack környezeti terhelése kisebb.

**Igaz.** Ezt a kiválasztott kategóriák többségében sikerült igazolni.

Összehasonlítva a cullet-tartalom nélküli, az 57 %, a 62,5 %, 68,9% és a 84,8 % (utóbbi három német gyártású) cullet-tartalmú üvegeket megállapítottam, hogy a német üvegek környezetterhelése az összes hatáskategória tekintetében 26-54 %-a a cullet nélküli a világ összes átlagos adataiból számolt átlagértékekhez képest. A GWP hatáskategóriában, amely a szakirodalomban a leggyakrabban vizsgált hatáskategória, 50 % a német üvegek környezetterhelése a cullet nélkülihez képest. Hasonló pozitív eredmény tapasztalható a ökotoxicitás hatáskategória tekintetében is, ahol csupán 30 % alatti környezetterhelés mértéke a culletmentes üveghez képest. Az 57 %-os cullet-tartalmú üveg esetében a környezetterhelés mértéke is igazolja a cullet minél nagyobb arányú felhasználását, azonban itt – feltehetően a gyártás helyszínének földrajzi és légköri viszonyainak következményeként például a POCP és az AP kategóriákban majdnem azonos környezetterhelést mutat, mint a cullet nélküli.

**H2:** A visszagyűjtési arány 10 %-kal való növelése jelentős mértékben csökkenti a fajlagos környezetterhelést.

**Igaz.** Az egyutas palackokhoz képest egyes kategóriákban akár 80 %-os környezetterhelési csökkenés is elérhető. A három kiemelt sceneriot, amely a töltési szám és a visszagyűjtési ráta alapján a jelenlegi helyzetet, a legjobb, illetve a legrosszabb scenariokat jelenti megállapítottam, hogy az AP kategóriában a környezetterhelés a legrosszabb esethez a legjobbat viszonyítva 12 %-ra esik vissza ez az érték. Ebben a vizsgálatban a többi hatáskategóriában is kivétel nélkül pozitív változások láthatók, melyeknek az előbbi viszonyítás alapján 6 % és 94 % között volt az értéke.

Vizsgáltam külön az 5 töltés esetében a 80 %-os és a 90 %-os visszagyűjtési arányok eredményeit. Megállapítottam, hogy a környezetterhelés mértéke a visszagyűjtés 10 %-kal történő emelésével 1 % csökkenést mutat a WU hatáskategóriában. A többi hatáskategóriában lényegesen jobb eredmény volt kimutatható. Az ADP, mineral-ban 4 %, míg többi hatáskategóriákban 19-22 % környezetterhelés csökkenés jelentkezett.

**H3:** Az újrahasználát során az újratöltések számának növelése egyértelműen kedvezően befolyásolja a környezetterhelés mértékét.

**Igaz.** Az egyutas palackokhoz képest a töltésszám és visszagyűjtési arány növelése akár 75 %-os környezetterhelési csökkenést is elérhet. Vizsgáltam azokat az eseteket, amikor töltések számát jelenlegi 5 töltésben határoztam meg és 80 % illetve 90 % visszagyűjtési rátával számoltam. Ennek azért tulajdonítottam jelentőséget, mivel a jelenlegi helyzetben 5-ször töltenek egy üveget és 80 % a visszagyűjtési ráta, tehát a 10 %-kal történő visszagyűjtési ráta emelés akár meg is valósulhatna és a számítások eredményeként kapott kedvező eredmény bekövetkezhetne.

Itt is igazolható, hatáskategóriáktól függően 4 % és 22 % javulás következett be. Ez a hatáskategóriák döntő többségében 20-22 % volt. Ez a GWP, az ETP, EP, az AP, a POCP, az ADP (fossil), az LU és a IR hatáskategóriákban volt tapasztalható. Az ADP (mineral) tekintetében csupán 4 % javulást tudtam kimutatni.

A töltésszám 5-ről 6-ra történő emelésével a 90 %-os visszagyűjtési arányt feltételezve a növeléssel a különböző hatáskategóriákban 5 % és 11 % közötti környezetterhelés csökkenés figyelhető meg. A legtöbb kategóriában ez az érték 11 % volt. Kivétel a WU hatáskategória, ahol ez a töltésszám emelés nem változtat az eredményeken.

**H4:** Vannak olyan környezeti hatáskategóriák, amelyekben nincs számottevő jelentősége az üveggyártás környezetterhelésének.

**Részben igaz.** A vizsgált hatáskategóriák tekintetében az üvegek összehasonlítása során az összes hatáskategóriában kaptam értékelhető nyers eredményt. Ezek a várakozásoknak megfelelően azt bizonyították, hogy a magasabb culler-tartalom minden kategóriában kedvezően csökkenti a környezetterhelést. Ha csak a számszerű értékeket tekintjük, van olyan hatáskategória, ahol elhanyagolhatónak tűnik a kibocsátott mennyiség. Ezért az egyes hatáskategóriák fontosságának alátámasztására ezeket súlyokkal ellátva kell vizsgálni, mert az itt kibocsátott kis mennyiségű anyagok hatása már akár alacsony dózisban is egészségkárosodást okozhat.

Ezért az eredmények további értelmezéséhez normalizáltam és súlyoztam a nyers környezetterhelési eredményeket.

A súlyozott eredményeket elemezve látható volt, vannak kategóriák, amelyek hanyagolhatók, míg néhány hatáskategória, mint például az ökotoxicitás súlyozó faktort sem kapott. Az EF (Mid-point) hatásértékelő módszerben szintén nem rendelkeznek súlyfaktorial például az emberi toxicitás hatáskategóriái sem.



Vizsgáltam, hogy az egyes hatáskategóriák milyen mértékben járulnak hozzá a termékrendszerem összes környezetterheléséhez.

Ide az 5 % alatti hozzájárulással rendelkező kategóriákat soroltam. Ez egy szubjektív választás volt, ennek a hipotézisnek a vizsgálatára állapítottam meg.

Megállapítottam, hogy POCP hatáskategória értékei minden üvegtípusnál egyformán 5 %-ot mutattak, az üveg összetétele nem befolyásolta az eredményt.

Az ADP mineral értéke 4-5 %, az EP freshwater 2-5 %, az EP terrestrial 3-4 %, a WU 2-3 % az EP marine 1-2 %.

Megállapítottam azt is, hogy az ODP, IR és a LU hatáskategóriáknak 1 % alatti a hozzájárulása minden üvegtípus esetében.

Az általam vizsgált üvegek tekintetében az üvegyártás környezetterhelésében elhanyagolható szerepük van.

**H5:** Meghatározhatók olyan hatáskategóriák, amelyekben egyértelműen számottevő az üvegyártás környezetterhelése.

**Igaz.** A normalizált és súlyozott eredmények összehasonlításával vizsgáltam, melyek lehetnek ezek a hatáskategóriák. Az itt számított eredmények alapján megállapítottam, hogy az életciklus-értékelésben az általam kiválasztott hatáskategóriák közül az AP, ADP fossil és ADP mineral, a GWP, az LU, az RI és a POCP hatáskategóriákban volt látható jelentősebb eredmény.

Számításaim azt igazolták, hogy a legfontosabb hatáskategória a GWP, amely az üvegyártás összes környezetterhelését tekintve 31-36 %-ban járul hozzá. Ez a magas részarány a szállítás és az üvegyártási technológiából adódó CO<sub>2</sub> kibocsátásából ered.

Szintén jelentős az ADP fossil hatáskategória 18-24 %-kal történő hozzájárulása az össz környezetterheléshez. Ezt a magas hányadot az energia előállítási folyamatok és a szállítás környezetterhelései adják.

A nem Európában gyártott üvegeknél magasabb (17-18 %) az RI értéke, mint az európai termékeknél (7-8%). Így ennek a hatáskategóriának a fontossága régióként nagymértékben eltérhet. Ez valószínűleg a technológia korszerűségét vagy korszerűtlenségét mutatja.

Az AP hatáskategóriának is viszonylag jelentős, 9-12 % közötti környezetterheléshez való hozzájárulás igazolható, amely az üvegyártás emisszióinak tulajdonítható.

## Új eredmények

Új és újszerű tudományos eredménynek tekintem, hogy

1. Ez az első magyar nyelvű, gyártói adatokon alapuló tanulmány ebben a tárgykörben.
2. Elsőként készítettem életciklus-értékelést Magyarországon a borospalackra.
3. Dolgozatomban számszerűsítve bizonyítom, hogy a borospalackok többszöri utántöltésének, és/vagy a visszagyűjtési arány növelésének kedvező, környezetterhelést csökkentő hatása van.
4. Meghatároztam azokat a hatáskategóriákat, ahol az üvegyártásnak illetve a palackozásnak jelentős környezetterhelése van.

## KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Kutatásomban különböző scenariokat felépítve különböző üvegtípusokat, töltési számokat és visszagyűjtési arányokat vizsgáltam abból a szempontból, hogy hogyan és milyen mértékben változik a különböző hatáskategóriában számított környezetterhelés.

Összességében megállapítottam, hogy mindegyik vizsgált tényező – üvegtípusok, töltési számok, visszagyűjtési arány – kisebb nagyobb mértékben befolyásolja a hatáskategóriában várható környezetterhelés mértékét.

Az üvegek újratöltésének emelése akár csak eggyel is, jelentős javulást okoz, főleg nagy volumenű termelésnél. Természetesen vizsgálni kell az üveg fizikai esztétikai kopását, elhasználódását. Míg egyes szakirodalmak akár tízszeres újratöltéssel - sőt elméleti szinten ennél többel is - számolnak egy borospalack újrahasználatára során, a tapasztalat azt mutatja, hogy a jelenleg a vállalkozásnál használt, kb. 50-60 % cullet-tartalmú újrahasznosított üveg minőség- és esztétikai romlás nélkül öt alkalommal tölthető meg.

Hasonlóan kedvező irányban befolyásolja a környezetterhelési értékeket a visszagyűjtési arány 10 %-kal történő emelése.

Jelenleg Magyarországon a visszagyűjtési arány 50 % körül mozog, ezért a scenariók kialakítása során ez volt az egyik begyűjtési értékszám. A vállalkozás esetében 80 %-os begyűjtési arányt értek el, ez a jelen helyzetet példázza (S3 scenario). A még kedvezőbb eredmények elérése érdekében- mint az már néhány északi országban és Németországban is megvalósult -, 90 %-os visszagyűjtéssel és újrahasználatával is számoltam. Várakozásomnak

megfelelően a visszagyűjtési ráta növelésével is jelentős káros anyag kibocsátás csökkenés ezáltal környezetterhelés csökkenés is elérhető.

Megállapítottam, hogy a termékrendszerben vizsgált folyamatok közül az üveg előállítása képviseli a környezetterhelésben a legnagyobb volument a GWP, AP, EP, ET, WU hatáskategóriákban.

A mosás lúgfelhasználása, a fertőtlenítés kiskoncentrációjú kénessav felhasználása szintén nem terheli súlyos mértékben a környezetet, mint ahogy az energiafelhasználás sem döntő mértékű. Itt azonban meg kell jegyezni, hogy a szennyvízkezelés a rendszer határain kívül esett.

A régió belüli adatok rendelkezésre állása szintén nagymértékben befolyásolja a kapott eredményeket.

Az üvegtípusok elemzése során megállapítottam, hogy az üveggyártás régiója, az üveggyártás technikai fejlettsége döntően befolyásolja a környezetterhelést.

Összességében megállapítottam, hogy mivel az üvegpalack várhatóan hosszútávon a legelfogadottabb és legnagyobb mértékben felhasznált csomagolóeszköz lesz a bor tekintetében, szorgalmazni kell az egyutas csomagolások csökkentését és ezzel egyidejűleg növelni az újrahasználatot és a visszagyűjtési hányadot.

## PUBLIKÁCIÓK

Bogó-Tóth, Zs., Lakner, Z.(2013): System-based analysis of environmental effects of liquid food packaging Taylor & Francis (ISBN: 978-1-138-00046-9). Green Design, Materials and Manufacturing Processes Edited by Telma Ferreira 2nd Sustainable Intelligent Manufacturing 26\_29 June 2013 Lisbon CRC Press 2013 Pages 257–259 Print ISBN: 978-1-138-00046-9  
eBook ISBN: 978-1-315-87948-2 DOI: 10.1201/b15002-49

Bogó-Tóth Zs, Lakner Z (2014) Multicriterial optimization of liquid food packaging systems. Acta Alimentaria 43:29–35. <https://doi.org/10.1556/AAlim.43.2014.Suppl.5>

Bogó-Tóth, Zs., Lakner, Z. (2014):Strategic problems of agribusiness development and environmental burden in light of life cycle analysis in Hungary, Procedia – Social and Behavioral Sciences Vol. 143 (2014) pp. 1025-1030

[Bogóné Tóth, Zs, Szilágyi, A: Csomagoló üvegek környezeti hatásvizsgálata. Eco-Matrix 8 \(2020\) 22-30.](#)

ECO-MATRIX: AZ LCA CENTER EGYESÜLET ONLINE FOLYÓIRATA,  
LCA Center Egyesület, Miskolc, 2020, ISSN: [2061-344X](#)