

Gumihulladék felhasználási területei 2022-ben Magyarországon

Szilvásiné R. E.

Miskolci Egyetem, Matematika Intézet, matre@uni-miskolc.hu

Absztrakt

A 2019. évi Tématerületi Kiválósági Program keretében a "Smart Minerals" modulban hulladékélelőkészítési, hulladékhasznosítási terület matematikai modellezési lehetőségeinek összegzése volt az egyik részfeladat. Az én feladatom a hulladékhasznosítás lehetőségeinek átnézése, azok közül is a gumihulladékokra való összpontosítás. A hazai és néhány nemzetközi lehetőséget vizsgálva jutottam el több céghez, ahonnan a további vizsgálatokhoz az egyik cég még az általuk gyártott gumiőrleménnyel is hozzájárult a most folyó kísérleteinkhez. A gumihulladékok felhasználási területei nagyon szerteágazó és napról napra jelennek meg új innovatív technológiák Magyarországon, amivel eddig még nem találkozhattunk. A legújabb például a 2022 októberben a Continental cég IAA MOBILITY kiállításon bemutatott Conti GreenConcept nevű abroncsai, melyekben PET palackokból kinyert poliésztert tartalmaznak. Ezen cikk a gumihulladékok felhasználási területeivel, a Magyarországon létesített ilyen profilú üzemek technológiáját írja le.

1 Projekt keretein belül megismert eredmények

A program ideje alatt az ETRMA működésének, tanulmányainak átnézése is megtörtént. Az 1959-ben alapított ETRMA (European Tyre and Rubber Manufacturers' Association) az Európai Unió intézményeivel és más nemzetközi szervezetekkel együtt támogatja a gumiabroncs- és gumigyártó ipar érdekeit. Az ETRMA hozzájárul a gumiabroncsipar fejlődéséhez, versenyképességének és növekedésének elősegítéséhez. Továbbá az ETRMA elhivatott az egészség, a biztonság és a környezetvédelem, valamint a közlekedés biztonsága érdekében tett valamennyi kezdeményezés mellett.

"A körforgásos gazdaság egy olyan rendszer, amely csökkenti – és végül megszünteti – a hulladékot, és kezeli a nyersanyaghiányt az erőforrások folyamatos felhasználásával." - olvashatjuk az ETRMA honlapján.

Az európai gumiabroncsokat gyártó óriás vállalatok mindegyike lépéseket tett annak érdekében, hogy a saját termékeik gyártási folyamataiban olyan alapanyagokat használjanak, amelyek a körforgásos gazdaság elveit tartja szem előtt, azaz fenntarthatóan csökkentik a hulladék mennyiségét. Minden eljárásnál keresik azokat a lehetőségeket, hogy a felhasznált nyersanyagokat lecseréljék olyan anyagra, amelyekkel már nem megkérdőjelezhető a hulladék gumiabroncsok újra hasznosítása.

Az újonnan bevezetett járműtechnológiai vívmányok is segítik a járművezetőket a gumiabroncsok optimális karbantartásában. Az új autókban már 2014-től kötelezően beszerelésre kerülő rendszer, a TPMS figyelmezteti a vezetőt az autóban keletkezett különböző működési zavarokra, például az alacsony abroncsnyomásra és jelzi, ha az autóban optimálisnál alacsonyabb a gumi terhelése. Ezen rendszer bevezetésének mérhető pozitív hatásai vannak a gumiabroncsok élettartamára.

A 2015-ben megjelent End-of-life Tyre Report című ETRMA beszámolóban [3] részletesen írnak jövőbeli céljaikról, terveikről, konkrét elképzeléseikről, amivel képet kapunk a hozzájuk tartozó cégek munkásságáról. Ez az európai gumiabroncs-ágazatról szóló jelentés a gumiipar statisztikáit és tendenciáit vizsgálja a hulladékmentes jövőkép felé elmozdulva. Az ekkor kitűzött célokat nagyon szépen sikerül teljesíteniük, hiszen 2019-ben már a gumihulladékok 95%-os begyűjtését sikerült elérni. A begyűjtésre kerülő hulladékok kezelése anyag-újrahasznosítás és energia-visszanyerés céljából is teljesült. Ezek az adatok sajnos nem a világot, de 32 országot fednek le, az EU-ban 27, valamint az Egyesült Királyság, Norvégia, Szerbia, Svájc és Törökország tartozik még hozzájuk. Ezen dokumentum számos adattal támasztja alá, hogy a gumi újra hasznosítás körülbelül fele-fele arányban oszlik meg az anyagi és az energetikai újrahasznosítás között. Európában a használt gumiabroncsok 92 százalékát újrahasznosítják. Magyarországon 85 százalék ez az arány – közölte a Magyar Gumiabroncs Szövetség 2019-es jelentésükben [11].

2 Gumihulladékok felhasználási módjai

Az autógumik újra hasznosítási köre nagyon szerteágazó [8]-[9]. A hétköznapi tárgytól kezdve (táskák, pénztárcák, övek, papucskok...) a bútorokon keresztül, a kültéri játszótér vagy futópálya burkolatokig számos formát ölthetnek. Ezen kívül használhatóak utak, (pl.: gumibitumen) árvízvédelmi gátak, partfalak kialakítására, annak megerősítésére, földrengés biztos épületek létrehozására, továbbá autópálya mellé telepített zajvédő falak építésére.

A hulladék gumiabroncsok másik megmunkálás nélküli felhasználási módja az égetés, amely elsősorban cementgyárakban terjedt el (Lábatlani, Beremendi Cementgyár,...). A szén és a gumi fűtőértéke nagyjából megegyezik, de az utóbbinál kevesebb szén-dioxid keletkezik. Figyelembe kell vennünk viszont azt a jelentős hátrányát, hogy a gumiégetés során jóval több környezetszennyező gáz kerül a levegőbe, ezért ezen égetési eljárás engedélyeztetéséhez megfelelő szűrőberendezések szükségesek. Az energetikai hasznosításnak másik nagy hátránya, miszerint az elégetés során a gumiabroncsban lévő kaucsuk tartalom végleg elvész. A gumiabroncs gyártásához felhasznált energia körülbelül 1 kg esetén 32 kWh energia, míg az elégetésnél 9 kWh energiát kapunk [10]. Tehát a gumiabroncs előállításához befektetett energia több mint kétharmada kárba megy az égetés során.

A gumi újra hasznosításán túl, magával az újra hasznosítással kapcsolatban számos a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának oktatói által írt cikk átnézése, majd az ezekkel kapcsolatos nemzetközi, azok közül is inkább a nemrég megjelent publikációk áttekintése történt meg ezen projekt keretében ([1],[5]-[7]). Ezen vizsgálatok alapján megállapítható, hogy matematikai modellek használata inkább a helymeghatározással kapcsolatban elterjedt, amiről több cikkben is olvashatunk ([2],[4]), többek között a veszélyes hulladékok szállítási, tárolási problémáinak témakörében. Ilgin, Gupta, Battaia 2015-ben írt munkájában [2] arról írnak, hogy az ügyfelek fokozódó környezeti tudatossága és az önkormányzatok szigorúbb környezetvédelmi szabályai arra készteti a gyártókat, hogy egyre többet fektessenek be a környezettudatos gyártásba, amely magában foglalja a zöld alapelvek alkalmazását a termék életciklusának minden szakaszában, a koncepció kidolgozásától a végső, a fogyasztókhöz történő szállításig, és végül a termék végéig. Megadják a termékek visszanyerésére szolgáló létesítményeket is, azaz az anyagok és alkatrészek visszanyert vagy már nem használt termékekből történő szétszerelés, újrahasznosítás és újra gyártás útján történő visszanyerését. Ezen új kérdések hatékony kezelése érdekében több kritériumos döntéshozatali (MCDM) technikákat alkalmaznak a gazdasági és környezeti mutatók értékelésére. Ez a cikk több mint 190 MCDM tanulmányt mutat be a környezettudatos gyártás és termék-visszanyerés (ECMPRO) szempontjából.

3 A morzsa gumi előállítási eljárásai

A morzsa gumi kedvező tulajdonságai miatt, mint például rozsdásodásmentesség, jó fényvisszaverő, jó jégtelenítő tulajdonságok, valamint jelentős élettartam számos helyen felhasználható.

Az egyik megmunkálási folyamat, a ***cryogenetikus***, amely a gumi lehűtését jelenti körülbelül -80°C fokra és így az üveghez hasonló töréssel rendelkezik. Ez az eljárás új lehetőséget tár fel az újrahasznosítás során. Ezen folyamat során a nitrogén költsége az eljárás hátrányaihoz sorolható, de az acél és a rost szelektálása talán így egyszerűbbnek mutatkozik, ami az eljárás egyik haszna, amely így tisztább végterméket eredményez. Nagy előnye viszont, hogy az eljárásához kevesebb gép és energia szükséges. Ezen eljárással előállított morzsa gumit a következő területeken használják: aszfaltozás, öntött termékek, sportfelületek, sportpályák, autóipar, gumigyártás, gumikeverékek, építőipar...

Egy másik eljárás, a ***devulkanizációs folyamat***. Ennek lényege, hogy a gumi a hőre keményedő rugalmas állapotából visszatér a műanyag, formázható állapotába. Ezt úgy érik el, hogy megszakítják a kénkötéseket a molekulában. Ez a kémiai eljárás olyan formázható állapotba hozza a hulladék gumit, amivel nagyobb százalékban használható fel az új gumiabroncsok előállításában. Ezen folyamat árnyoldala a magas hőmérséklet szükségessége, így gazdasági és környezeti szempontból sem a legtokéletesebb megoldás. A felület aktiválása viszont növeli a morzsa gumi részecskék tapadását, amely pedig lehetővé teszi a nagyobb százalékban való felhasználást káros hatások nélkül.

A ***pirolízis*** egy szerves anyag termikus bomlása a környezeti oxigén kizárásával. A gumiabroncsok pirolízisének néhány terméke: szénhidrogén gázok, pirolízisolaj, amely a nehéz fűtőolajhoz hasonló tulajdonságokkal rendelkezik.

A budapesti telephelyű HungaroJet cég által kifejlesztett és szabadalmaztatott egyedi technológia az ***AquaJet***. A cég a 2022-es Münchenben szervezett Bauma kiállításon mutatta be október végén a legújabb fejlesztésű teljes vízbontó robotjukat. Az AquaJet finom gumi-granulátumot gyárt. Ezzel a technológiával elhasználdott busz- és teherautó gumiabroncsokat használnak fel előzetes aprítás nélkül. Az eljárás azon alapszik, hogy a gumiabroncsok futófelületét, oldalát és belsejét külön kezelik ultra- nagynyomású (UHP) vízsugarakkal, lehetővé téve a visszanyert különféle gumi-vegyületek elválasztását. Mivel a megerősítő fémalkatrészek érintetlenek maradnak, a hasított test fémhulladékként értékesíthető. A technológia 5 fő fázisa: gumiabroncs tisztítás, marás, szárítás, szűrés, csomagolás. Az AquaJet gumipor számos iparág számára alkalmas a természetes gumi helyettesítésére, például: gumiabroncs ipar, hőre lágyuló elasztomerek, bevonó ipar, gumival borított bitumen és aszfalt. 2009-ben indult Hartán egy ultra nagynyomású vízsugaras őrlőüzem, mely 2014-ben fejlesztésen esett át és azóta is nagy kapacitással működik.

Az egyik legújabb cég, ami 2022-ben indult Szolnokon, egy gumiabroncs aprító üzem, akik évi 3000 t hulladékot tudnak ledarálni és újra felhasználhatóvá tenni.

2009 végén alakult Bátonyterenyén a KGF Hungary Kft., ami Magyarország első, alacsony hőmérsékletű pirolizálással működő, hulladék gumi újrahasznosító üzeme. A Kft. aprítóberendezése óránként 2 tonna gumiabroncsot dolgoz fel alacsony hőmérsékletű, pirolitikus eljárással, azaz $420-440^{\circ}\text{C}$ -on elgázosítja az alapanyagot. A pirolízis technológia valójában nem égetés, hanem hőbontás, hiszen a folyamat oxigénszegény környezetben, zárt körülmények között, katalizátor segítségével zajlik, mely során a pirolízis gáz kondenzációja révén olaj keletkezik. A folyékony pirolízis olaj és a gáznemű pirolízis gáz mellett, szilárd halmazállapotú végtermékek is keletkeznek, a Carbon Black nevű ipari finom korom, valamint kis mennyiségű acélhulladék.

A Miskolci Egyetem oktatójaként érdekelt a miskolci hulladék gumiabroncs helyzet megvizsgálása, így felvettem a kapcsolatot az itteni hulladéklerakó egyik vezetőjével, Szabó Péterrel, aki a Miskolci Egyetem volt hallgatójaként örömmel segített nekem. A Miskolc környékén keletkezett hulladék útját kísérvé jutottam el a dunaharaszti székhelyű New Energy Kft.-hoz. Ez az üzem hazánk első gumipirólízis üzeme címet viseli. Az üzem feldolgozási rendszere: előkészítés, kereslet iránti feldolgozás: őrlés (első lépésben darálás kisebb darabra, második daráló elválasztja a különböző anyagokat), granulátumkészítés vagy további őrlés, pirólízis alapanyag létrehozása, mely további felhasználásra kerül a reaktorokban.

A Carbon Black World az egyetlen olyan esemény, amelynek témája kizárólag az ipari korom (virgin carbon black) és melynek egyik meghívottja a magyarországi New Energy Kft. volt. A 2004-ben először megrendezésre kerülő rendezvény nemzetközi gyártók, végfelhasználók és berendezések, technológiai megoldások szolgáltatói küldöttségét vonta maga után a gumiabroncs, a gumi, a műanyag, a vegyszerek és a festékek területén. Az évek során ez a konferencia olyan márkákat vonzott, mint a Cooper Tire & Rubber Co., a Phillips Carbon Black, a Continental. A 2019-es rCB (recovered CB) konferencia fókuszában kifejezetten a pirólízises technológiával visszanyert korom volt. A visszanyert kormot olyan szakértők kutadják, fejlesztik és értékesítik, akik azon fáradoznak, hogy a korom másodnyersanyagként a körforgásos gazdaság részeként újra termékbe kerülhessen. A New Energy Kft. tagja az ETRA (European Tyre Recycling Association) szövetségnek. Az ETRA egy független, tagvezérelt európai szövetség, amely részt vesz a „gumiabroncs-újrahasznosító iparban” meglévő különböző tevékenységekben. Az ETRA egy 1990-ben létrehozott projekt eredménye, amely összehangolja a gumiabroncs hulladékok újrafeldolgozását Európában.

2019-ben tették le az alapkövet annak az új gumibitumen üzemnek Zalaegerszegen, amit a MOL épített [13]. Ez az üzem 2020-ban meg is kezdte a működését. Az új gyártási technológiáját a MOL a Pannon Egyetemmel közösen dolgozta ki. Az általuk létrehozott kémiaiilag stabilizált MOL Gumibitumen 2009-ben szabadalmi oltalmat nyert. Ezek után 2014-ben ez a termék elnyerte a Környezetbarát termék védjegyet is. A MOL által kifejlesztett gumibitumen számos hazai és nemzetközi elismerésben is részesült már. A hagyományos bitumenes úthoz képest az előnyei a következők: kb. másfélszeres az élettartama; fáradási tulajdonságai kiválóak, ezért kevésbé repedezik az így készített út; nagyobb terhelhetőséget bír ki; kisebb nyomvályúsodási hajlamú; kisebb a kátyúk kialakulásának esélye; a környezeti hatásokkal szemben jobb az ellenálló képessége; alacsonyabb fenntartási költségű; kisebb menetzaj érhető el, ezért nem szükséges minden esetben zajvédő fal építése; kisebb a fékút, aminek főleg esős időjárás esetén vagy gyalogátkelőhely közelében van komoly kockázatcsökkentő hatása; ez az előállítás a fenntartható gazdasági fejlődéshez hozzájárul. A MOL Zalaegerszegen létesített új üzeme naponta 96 tonna gumibitument tud termelni, ami éves szinten 20.000 tonna útépitési alapanyagot jelent. Ebből az alapanyagból 200 km 2x1 sávú új főutat lehet építeni vagy esetleg 600 km 2x1 sávú út felső rétegének felújítását teszi lehetővé.

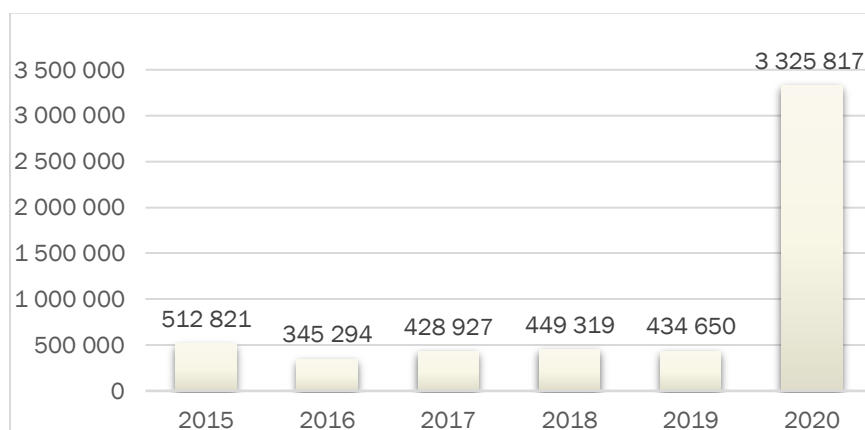
Ezen tények megismerése után nemzetközi viszonylatban kerestem gumihulladékokra irányuló kutatásokat, fejlesztéseket. Az egyik jelentős eredmény, mely szerint 2020. januárban a világhírű Continental bejelentette, hogy az újra hasznosításból származó ipari kormot fogja felhasználni (a Pyrolix német székhelyű, de az USA-ban is működő- feldolgozó üzemmel szerződve) az új gumiabroncsai elkészítésénél. Ezen fejlesztés bevezetésével az abroncsgyáraknak több millió tonna szén-dioxiddal lesz kevesebb a károsanyag-kibocsátása, ami egy hatalmas előrelépés a környezettudatosság terén. Magyarországon a Bridgestone tatai gyára is használ kormot az új gumik előállításánál.

Azt, hogy a cégek keresik az új technológiákat, az újra felhasznált anyagok beépítésének lehetőségeit az új termékeikbe, mi sem bizonyítja ezt jobban, mint hogy 2022 májusában a világhírű Continental bejelentette, hogy piacra dobja az első újrahasznosított PET-palackokból kinyert poliészterrel készült gumiabroncsait. [12] A cég

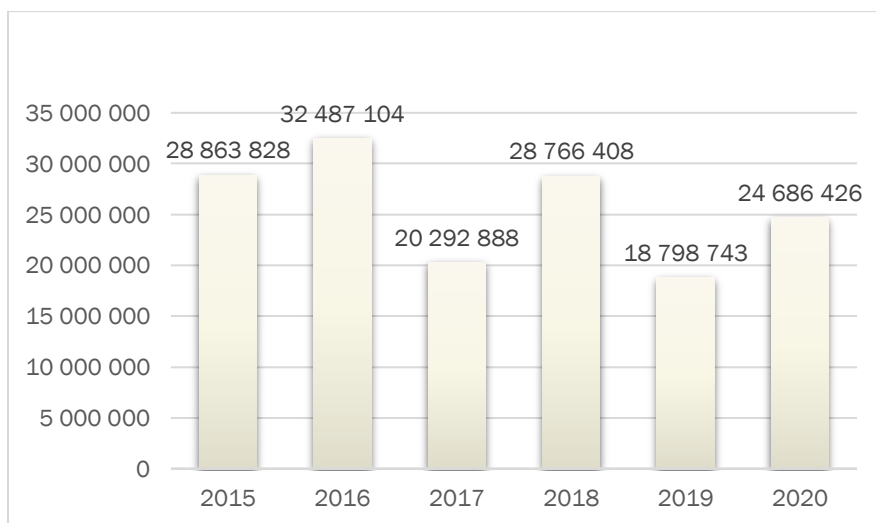
a 2021 szeptemberében megrendezésre kerülő IAA MOBILITY kiállításon mutatta be a Conti GreenConcept nevű abroncsait, amelyek újrahasznosított PET-palackokból származó poliésztert tartalmaznak a szövetségükben. A teljesen elektromos autóverseny-sorozat, azaz az Extreme E, 2022-ben elrajtolt második szezonjához a Continental egy olyan új gumibroncsot fejlesztett ki, amelyhez szintén a ContiRe.Tex technológiát használták. Ezen felül a 2022-es Tour de France verseny kísérő autót is már az új abroncsokkal szerelte fel a cég.

4 Magyarország gumihulladék adatai

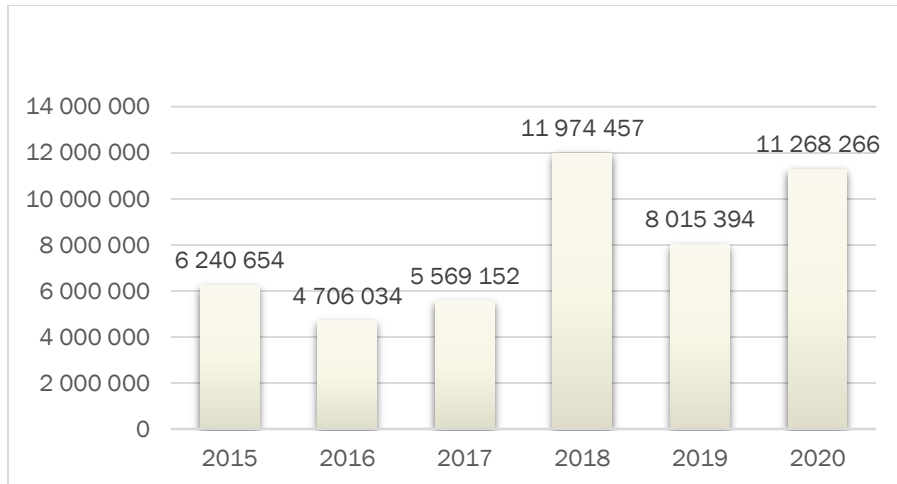
Az Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer (OKIR) adatai között megtalálhatóak a gumihulladékok begyűjtési adatai. Begyűjtés szempontjából az országot 8 különböző régióra osztották fel. A 2015-2020 adatokat tekintve, az egyes régiókban begyűjtött és felhasználásra átvett gumihulladékok mennyisége kilogrammban a következő diagramokon látható.



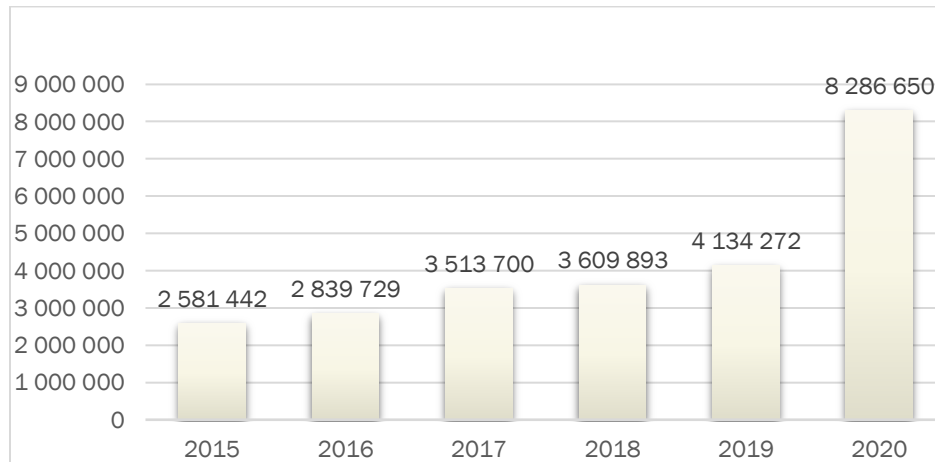
1. ábra: Budapest régióban begyűjtött gumihulladékok kilogrammban



2. ábra: Pest régióban begyűjtött gumihulladékok kilogrammban



3. ábra: Észak-Magyarország régióban begyűjtött gumihulladékok kilogrammban



4. ábra: Magyarországon összesen begyűjtött gumihulladékok kilogrammban

Némely régió esetében érdekes tendenciát figyelhetünk meg a hulladék mennyiségének csökkenése, majd újbóli emelkedését illetően. Magyarország egészét nézve viszont folyamatos és a begyűjtés szervezésével egyre több gumihulladék nem az utak mellett van kidobva, hanem újra felhasználásra kerül különböző üzemekben. Az őrlési folyamatok matematikai modelljeivel is foglalkoztunk ezen projekt keretein belül, majd az egyik cégtől kapott gumiőrlemény mintával különböző szállítási feladatok matematikai leírása is folyamatban van. További terveink között szerepel a gumiőrlemény reológiai vizsgálata.

5 Köszönetnyilvánítás

A tématerületi kutatás a Miskolci Egyetem „Társadalmi hasznosság növelő fejlesztések a hazai felszín alatti természeti erőforrások hatékonyabb kiaknázása és hasznosítása területén” című, az Innovációs és Technológia Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a Nemzeti Kutatási,

Fejlesztési és Innovációs Hivatal által kibocsátott támogatói okirat (Támogatói Okirat ikt. száma: TKP-17-1/PALY-2020) alapján zajló projektje részeként valósult meg.

6 Irodalomjegyzék

- [1] F. Samanlioglu: A multi-objective mathematical model for the industrial hazardous waste locatio-routing problem, *European Journal of Operational Research*, Elsevier, 2013, 332-340.
- [2] MA Ilgin, SM Gupta, O Battaia: Use of MCDM techniques in environmentally conscious manufacturing and product recovery, *Journal of Manufacturing Systems*, Elsevier, 2015, 37, 746-758. [ff10.1016/j.jmsy.2015.04.010](https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.04.010)
- [3] ETRMA: End-of-life Tyre Report 2015, <https://www.etrma.org/wp-content/uploads/2019/09/elt-report-v9a-final.pdf>
- [4] R B Lopesa, C Ferreira, B S Santosc, S Barretob: A taxonomical analysis, current methods, and objectives on location-routing problems, 2013, <https://doi.org/10.1111/itor.12032>
- [5] Mucsi G., Szabó R., Kristály F., Gombkötő I.: Combined utilization of various silicate bearing wastes, 2017, real.mtak.hu
- [6] Mucsi, G., Szabó, R., Rácz, Ádám, Papné Halyag, N., Nagy Gáborné Ambrus, M., Debreczeni, Ákos, Móricz, F., & Kristály, F. (2019). Hazai Ipari Hulladékok Innovatív Hasznosítási Lehetőségei Építőanyagipari Célra. *International Journal of Engineering and Management Sciences*, 4(4), 203-212. <https://doi.org/10.21791/IJEMS.2019.4.23>.
- [7] Mucsi G., Szenczi Á., Nagy S.: Fiber reinforced geopolymer from synergetic utilization of fly ash and waste tire, *Journal of Cleaner Production* Volume 178, 20 March 2018, Pages 429-440 20 March 2018, Pages 429-440, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.018>
- [8] Perge P., Boros N.: Opportunities for recycling of waste tyres, *Debreceni Műszaki Közlemények* 2012/2 (HU ISSN 2060-6869)
- [9] Geiger A., Bíró Sz., Gergó P.: Hulladék gumibroncsok hasznosítása, gumibitumenek előállítása és alkalmazása: *Magyar Kémikusok Lapja* 63 (7-8), 198-202.
- [10] Bánhegyi Gy.: A kiselejtezett gumibroncsok anyagának hasznosítása, *Műanyagipari Szemle* 51 (04), 145-153.
- [11] <https://dontwasteit.hu/2019/12/11/magyarorszagon-a-hasznalt-gumibroncsok-85-szazalekat-ujrahasznositjak/>
- [12] <https://dontwasteit.hu/2022/05/09/a-continental-piacra-dobja-az-also-ujrahasznositott-pet-palackokbol-kinyert-polieszterrel-keszult-gumibroncsokat/>
- [13] <https://dontwasteit.hu/2019/05/03/uj-gumibitumen-uzemet-epit-a-mol-zalaegerszegen/>