

HULLADÉKGAZDÁLKODÁSI ESETTANULMÁNYOK FELDOLGOZÁSA – MILYEN JÓGYAKORLATOKAT ALKALMAZNAK A VILÁG KÜLÖNBÖZŐ ORSZÁGAIBAN?

Vuk Aliz – Bauerné Gáthy Andrea

Absztrakt: A települési szilárd hulladékgazdálkodás terén a világ országai más és más nehézségekbe ütköznek. Az évente keletkező hulladék mennyiségének csökkentése érdekében a körforgásos gazdaság bevezetése egy lehetséges megoldás lenne. Viszont a különféle helyzetben levő, különböző gazdasági fejlettségű országokban eltérő megközelítéseket figyelhetünk meg. A tanulmányban 7 esettanulmány feldolgozása alapján mutatjuk be és értékeljük a vizsgált országokat hulladékgazdálkodásuk szempontjából. A magasabb gazdasági fejlettségű országoktól (Olaszország, Finnország, Dél-Korea) egészen az alacsony gazdasági fejlettségű országokig (Brazília, Afrika) vizsgáltunk meg eseteket. Jó gyakorlatokat találtunk, ilyen São Tomé városa is, ahol a helyi közösség maga szervezte meg a hulladékgazdálkodását. Értékelünk olyan esetet is, ahol a politikai döntéshozatalban megjelenik a körforgásos gazdaság, de a megvalósításában még több minden megkérdőjelezhető. Az viszont mindenhol elmondható, hogy a közösségi összefogás és a fogyasztók tudatossága egy kulcs pontja a haladásnak. Ezen kívül az önkormányzatok részvétele és a szervezeti együttműködés elengedhetetlen a hatékony és sikeres hulladékkezeléshez.

Abstract: Countries around the world face different challenges in the management of municipal solid waste. To reduce the amount of waste generated each year, the introduction of a circular economy could be a possible solution. However, different approaches can be observed in countries with various situations and different levels of economic development. The study presents and assesses the countries in terms of waste management based on 7 case studies. Cases from countries with higher economic development (Italy, Finland, South Korea) to countries with low economic development (Brazil, Africa) are examined. We found good practices, such as the city of São Tomé, where the local community organised its own waste management. We have also assessed a case where the circular economy is reflected in policy making, but where its implementation is more questionable. What can be said everywhere, however, is that community cohesion and consumer awareness is a key point of progress. In addition, the involvement of local authorities and organisational cooperation are essential for effective and successful waste management.

Kulcsszavak: hulladékgazdálkodás, esettanulmány, körforgásos gazdaság

Keywords: waste management, case study, circular economy

1. Bevezetés

A települési szilárd hulladékkezelés országonként eltérő módon fejlődik. Más-más akadályokba ütköznek, melyeket különbözőképpen próbálnak megoldani. A Világbank adatai szerint világszerte évente mintegy 2,01 milliárd tonna települési szilárd hulladék keletkezik. A hulladék legalább 33%-át nem környezetbarát rendszerbe dobják ki. Ezzel együtt jár a természeti tartalékokkal való helytelen gazdálkodás, ami negatívan hat az ökoszisztémára (Sondh et al., 2024). A probléma kiegészül azzal, hogy az elsősorban csomagolásból származó műanyag hulladék egyre nagyobb veszélyt jelent a természetre és a környezetre; pazarolja az erőforrásokat. Ennek feloldása a hulladék elkerülésére és újrahasznosítására épülő zöldebb, körforgásos gazdaság (Circular Economy, CE) lehet (Fogt Jacobsen et al., 2022). A CE a természeti erőforrások felhasználása mellett a hulladékanyagok

újrahasznosításával és visszadolgozásával csökkenti a környezeti terhelést. Egyik lényeges előnye, hogy egy régió általános környezeti, társadalmi és gazdasági pilléreinek összehangolt fejlődésére összpontosít. A CE egy konstruktív megközelítés, mivel célja az erőforrások körforgása egy régió gazdaságán belül, csökkentve a bolygó erőforrásainak terhelését, a kitermelés, a kibocsátás és az ártalmatlanítás hatásait (Sondh et al., 2024). Az átállás politikai szabályozást, beruházásokat és technológiai innovációt igényel, de a társadalom minden szintjén meg kell, hogy jelenjen a viselkedésben. A CO₂-kibocsátás fogyasztói szinten viszonylag alacsony költséggel jelentősen csökkenthető (Fogt Jacobsen et al., 2022). A körforgásos gazdaságot szabályozó szakpolitikai csomagok (Circular Economy Regulatory Policy Packages, CERPP) globális terjedése kérdéseket vet fel a szabályozás kiterjedésével és hatékonyságával kapcsolatban. A CE egyre inkább kulcsfogalommá válik a nem fenntartható erőforrás-használatra és hulladékgazdálkodásra reagáló szakpolitikai döntések megalapozásában (Fitch-Roy et al., 2021). A tanulmány célja hulladékgazdálkodási esettanulmányok tapasztalatainak bemutatása és értékelése, valamint jó gyakorlatok azonosítása. A következő fejezetben 7 esettanulmányon keresztül tekintjük át, hogy a világ különböző területein a hulladékgazdálkodás milyen akadályokba ütközik és milyen megoldásokkal törekednek ezek feloldására.

2. Esettanulmányok

2.1. Hulladékgazdálkodási szolgáltatások hatékonyságának értékelése a Toszkána régió példáján keresztül

Romano et al. (2020) tanulmányukban az olaszországi Toszkána régió hulladékgazdálkodási szolgáltatásainak teljesítményét vizsgálta. Az olaszországi hulladékgazdálkodási szolgáltatásokban a hatékonysági szinteket vizsgálták meg. A környezeti változók között szerepelt a hulladékgazdálkodással megbízott üzemeltető önkormányzati tulajdonviszonyainak meghatározása és a hulladékmentes stratégia hivatalos elfogadása.

A tanulmányban megállapításra került, hogy az egy főre jutó éves átlagjövedelem negatívan befolyásolja a települési hulladékkezelési szolgáltatások hatékonyságát. Kimutatták, hogy az alacsonyabb egy főre jutó éves átlagjövedelemmel rendelkező településeken magasabb hatékonysági szint várható, míg a magasabb jövedelemmel rendelkező településeken kevésbé hatékony. Kiemelik, hogy a gazdagabb olasz településeken érdemes figyelmet fordítani a költségcsökkentésre és a hatékony gazdálkodásra, így az adófizetők itt is hajlandóbbak lesznek hozzájárulni az önkormányzati kiadásokhoz. Viszont ez fokozottan igaz az alacsonyabb jövedelemmel rendelkező településeken. A kevésbé sűrűn lakott területeken a hulladékgazdálkodóknak olyan szervezeti jellemzőket kell bevezetniük a hatékonyság javítása érdekében, például a logisztikai intézkedések javításával, hatékonyabb hulladékszállító teherautó-útvonalak és térképek révén, vagy ad hoc járművek használatával, amelyek képesek optimalizálni a költségeket a keletkező és kezelendő hulladék mennyiségét illetően az alacsonyabb népsűrűségű

településeken. Továbbiakban elemezték az egy főre jutó begyűjtött szelektív hulladékot, a nulla hulladék stratégia elfogadását és a szelektív hulladék súlyát a begyűjtött városi hulladék teljes mennyiségén belül. Ami az első szempontot illeti, azt találták, hogy az egy főre jutó kis és közepes mennyiségű begyűjtött szelektív hulladék negatív kapcsolatban áll a hatékonysággal. Ezt azzal magyarázzák, hogy a szelektív gyűjtés arányának növelését jelentő helyes környezetvédelmi gyakorlat alkalmazása esetén a hulladékgazdálkodás összetettebb és így költségesebb. A szerzők megállapítása szerint a szelektív gyűjtési arány növeléséhez releváns szervezeti döntéseket kell hozni, például bonyolultabb hulladékgyűjtési naptárat kell bevezetni, bonyolultabb logisztikai folyamatot kell szervezni, növelni kell a lakosok számára biztosítandó gyűjtőedények számát, például különböző hulladékkategóriákhoz különböző kukákat kell biztosítani, ami a költségek növekedését vonja maga után, az érdekelt felek bevonásával kapcsolatos tevékenységekkel együtt. Az egy főre jutó alacsony begyűjtött szelektív hulladékmennyiség és a közepes és nagy mennyiségek esetében a hatékonyság általában magasabb. Az első esetben a begyűjtés és a kezelés alacsonyabb költségeket igényel, mivel hetente kevesebb rakományra/kamionra vagy kivonásra van szükség, illetve az alacsony szelektív hulladékfrakciók kevesebb költséget igényelnek. A települési szintű szelektív hulladékgyűjtés volumenének növeléséhez szükséges költségek magasabbak. Mivel több munkaerőre van szükség a hulladékszállító teherautók több útvonalának kialakításához, annál több beruházásra van szükség az összes háztartásba történő hulladékszállítás rutinjának kialakításához vagy a logisztikához. Érdemes megemlíteni a szelektív hulladék súlya és a begyűjtött városi hulladék teljes mennyisége közötti kapcsolatot. Az adataik alapján azt mutatták ki, hogy a szelektív gyűjtési arány 50% feletti növelése az elért hatékonysági szint csökkenésével jár. Ez azért lehetséges, mert a hatékonyságelemzésben nem vették figyelembe az önkormányzatok lehetőségeit, miszerint bevételekhez juthatnak a ténylegesen szelektíven gyűjtött hulladékból, ami lehetővé teszi, hogy a pusztán szelektíven gyűjtött hulladékból újrahasznosítható hulladék váljon. A szelektív hulladék kezeléséből a hulladékkezelő számára bevételt lehetne termelni, ha a háztartások megfelelő szelektív hulladékgazdálkodásával és az iparágakkal vagy konzorciumokkal kötött jó szerződések létrehozásával megfelelően kezelik a hulladékot. Ezek a bevételek hozzájárulhatnak a szelektív hulladékgyűjtés magasabb költségeinek kompenzálásához. A „nulla hulladékra vonatkozó stratégia elfogadása” változóval kapcsolatban kapott eredményeik azt mutatják, hogy az ilyen politikai döntést követő települések hatékonyabbak a települési szilárd hulladékkal kapcsolatos szolgáltatásnyújtás terén. Annak ellenére, hogy nem ok-okozati összefüggésről van szó, úgy tűnik, hogy az önkormányzatok stratégia melletti hivatalos elkötelezettsége nemcsak a szelektív gyűjtési arányt képes javítani, hanem a hatékonyabb szolgáltatásnyújtást is elősegíti. Végül megállapítják, hogy a leggazdagabb országokban és területeken (mint Olaszország és Toszkána régió) a hulladékgazdálkodási szolgáltatások közvetlen állami biztosítása jobb hatékonyságot eredményezhet, mint a magánszolgáltatás.

2.2. Egy kisméretű decentralizált szilárd hulladékkezelési modell

Fernández-Braña és Dias-Ferreira (2023) tanulmányukban São Tomé város – a São Tomé és Príncipe szigetköztsárság fővárosa (az afrikai Guineai-öbölben) – nyugati peremén fekvő Boa Morte helyi közösségében szerzett helyszíni tapasztalatokról számolnak be. A Boa Morte közösség a megfelelő szilárd hulladékgazdálkodás hiányának problémájával küzd. A lakosok többsége (a lakosság legalább 75%-a) nem fér hozzá a rendszeres önkormányzati hulladékgyűjtő szolgáltatáshoz, amely a területnek csak egy kis részét – a városhoz legközelebb eső területet – fedi le. A begyűjtés hiánya azt eredményezi, hogy a lakosok a hulladékot a közvetlen környezetbe dobják, vagy néha elégetik. A helyzetet tovább súlyosbítja, hogy São Tomé város legnagyobb hulladéklerakója a közösség területén található, ami a levegő, a víz és a talaj jelentős szennyező forrása. Boa Morte polgárainak egy csoportja, akik a települési szilárd hulladék hiányos kezelését lényeges problémaként azonosították, a Bairro Limpo projekt keretében – amelyet a portugál együttműködés finanszírozott a Camões – megszervezte a rendszeres és hatékony települési szilárd hulladékgyűjtési szolgáltatást, amely innovatív módon, teljes mértékben a közösség által irányított és pénzügyi szempontból önálló, még akkor is, ha a szolgáltatás csak a városrészre terjed ki. A háztartási hulladékgyűjtés mellett a szemétyűjtő edényeket a Boa Morte-ban található különböző italboltok/élelmiszerüzletek közelében, stratégiai fontosságú gyűjtőhelyeken helyezték el, azzal a céllal, hogy elkerüljék a szemetelést ezekből a létesítményekből, mivel nincsenek eszközeik az utcaseprésre. Ezen túlmenően fenntartható szilárd hulladékgazdálkodási gyakorlatokat vezettek be a környéken, mint például a házi komposztálás és a szelektív gyűjtés – nevezetesen az üveg újrahasznosítás céljából történő gyűjtése.

A Boa Morte-ban kialakított kisléptékű szilárd hulladékgyűjtés típusa a háztól-házig (door-to-door, DtD) modellnek felel meg: a gyűjtőjármű hetente háromszor megy el minden részt vevő háztartáshoz, hogy összeszedje a vegyes háztartási hulladékot, és a városi hulladéklerakóba szállítsa. Ezért a szolgáltatásért minden ügyfél – akár háztartás, akár kereskedelmi létesítmény – közvetlenül a járművezetőnek fizet havi 100 STN (kb. 4 EUR) díjat. A begyűjtési feladatra kiválasztott jármű egy motoros tricikli. A burkolatlan utakon és keskeny ösvényeken való mozgásuk lehetővé teszi, hogy a települési hulladékgyűjtő szolgálat olyan helyekre is eljusson, ahová a nagyobb gyűjtőjárművek soha nem, vagy legalábbis nem hatékonyan jutnak el. A szolgáltatást nyújtók érdeke a szolgáltatás életképessége szempontjából, hogy nagyobb pénzügyi önállóságra tegyenek szert, és a járműbérlésre való támaszkodás helyett minden költséget – beleértve az üzemanyag-költségeket is – maguk fedezzenek. Az önfinanszírozhatóság az ügyfelek számának bővítésével érhető el. A bevételek növekedése mellett ez a bővítés az erőforrások optimálisabb felhasználását is eredményezi, valamint teljesíti minden szilárd hulladékgyűjtési rendszer elsődleges célját: a lakosság jelentős részének – ha nem is az egész lakosságnak – az elérését, amely cél ebben az esetben még messze nem teljesült. Az ilyen hulladékgyűjtési rendszerek végrehajtása előnyösnek bizonyult a közösség számára: nemcsak alternatívát nyújt a szemetelés és a települési szilárd hulladék nyílt lerakásának csökkentésére a környéken, hanem

hozzájárul a társadalmi fejlődéshez is a környék új, tisztább megjelenésének köszönhetően, ami látogatókat és új gazdasági tevékenységeket vonzhat. A közösség számára is jelentős, mivel megmutatja, hogy külső megoldások hiányában képesek közösen megbirkózni egy olyan problémával, amely közvetlenül befolyásolja az életminőségüket. Ez az önálló kezdeményezésekre való képesség jól alkalmazható a közösség számára fontos egyéb problémák kezelésére is. Ez a kezdeményezés várhatóan más, a Boa Morte-hoz hasonló közösségekben is megismételhető São Tomé városában vagy más fejlődő országok városaiban, feltéve, hogy a helyi közösség képes hasonló módon megszervezni magát. Végző soron ez az eset azt mutatja, hogy ésszerű erőfeszítésekkel lehetséges a fejlődő országok városaiban a szilárd hulladék gyűjtésére hatékony megoldásokat bevezetni, amelyek teljes mértékben a helyben rendelkezésre álló eszközökön és erőforrásokon alapulnak, elkerülve (vagy legalábbis csökkentve) az importált berendezésektől és külső pénzügyi támogatástól való függőséget. A közösség képes volt azonosítani a hulladékkal kapcsolatos megoldandó kihívást, kiválasztani és megvalósítani a megfelelő begyűjtési stratégiát, és végül saját maga irányítani a begyűjtési szolgáltatást.

2.3. Finnország, Görögország és Dél-Korea körforgásos gazdasági és hulladékkezelési tervei

2.3.1. A körforgásos gazdaság finn útiterve 2016-2025

Fitch-Roy et al. (2021) tanulmányukban olvashatjuk, hogy Finnország innovatív, világszerte vezető példát nyújt a korábbi kezdeményezésekből kiinduló integrált körforgásos gazdaságpolitikai stratégiára. A jelenlegi nemzeti intézkedések a fenntartható fogyasztásra és termelésre vonatkozó 2005-ös „Többet és jobbat a kevesebből” című, 2012-ben aktualizált politikára nyúlnak vissza. Ezt követően 2009-ben közzétették a „Finnország természeti erőforrás-stratégiája: a természeti erőforrások intelligens felhasználása” című dokumentumot, amelyet három ágazat-specifikus erőforrás-felhasználási stratégia követett az ingatlan- és építőipar (2012), az anyaghatékonyság (2013) és a biogazdaság (2014) területén. Ezek megelőzték a Sipilä miniszterelnök kormányának 2015-ös stratégiai programjában meghatározott integrált körforgásos gazdaságpolitikát. 2016-ban bevezették „Az újrahasznosító társadalom felé” című nemzeti hulladékgazdálkodási tervet, valamint 2017-ben a 2016-2030-as nemzeti hulladékgazdálkodási tervet és hulladékmegelőzési programot. Emellett a „Vezető szerepet a körforgásban: A körforgásos gazdaság felé vezető finn útiterve 2016-2025” című dokumentumot 2016-ban tették közzé, az érdekelt felekkel folytatott konzultációt követően.

Finnország a finn útiterve révén bevezetett néhány valóban új eszközt. Az iskolákban és egyetemeken folyó CE-oktatás révén Finnország 60 000 szakértőt kíván képezni, amivel az ország globálisan a CE megvalósításának élvonalába kerül. A más szakpolitikai ágazatokkal való külső koherenciát az olyan koordinációs mechanizmusok, mint például a körforgásos gazdaság irányítócsoportja, biztosítják. Viszont akad néhány hiba a tervben. A finn szakpolitikai csomag új gazdasági eszközöket támogat, különösen a körkörös közbeszerzés finanszírozására, a

cselekvési terv azonban kevés tényleges új eszközt tartalmaz. A külső koherencia is megkérdőjelezhető. Az ütemtervnek a nemzeti gazdaság- vagy iparpolitikával való tágabb értelemben vett koherenciájáról nem tartalmaz konkrét részleteket. Ezért előfordulhat, hogy a többi ágazati szakpolitikai céllal, célkitűzéssel, célértékkel és eszközzel nincs összhangban.

2.3.2. Görögország: Nemzeti cselekvési terv a körforgásos gazdaságról 2018

Fitch-Roy et al. (2021) véleménye szerint a körforgásos gazdaságról szóló nemzeti cselekvési terv minőségi elmozdulást jelent a lineáris hulladékgazdálkodástól Görögországban. 2004-ben az Európai Bíróság (EB) megállapította, hogy Görögország megsértette az uniós hulladékokról szóló keretirányelv hulladéklerakók bezárására vonatkozó követelményeiből eredő kötelezettségeit. Az Európai Bizottság ezután ismét a Bíróság elé utalta Görögországot „tartósan rossz hulladékkezelés” miatt. Az EU nyomására Görögország bevezette a 2015-2030 közötti időszakra vonatkozó nemzeti hulladékgazdálkodási tervet, amely azonban elsősorban a meglévő hulladékgazdálkodás javítására, nem pedig a körforgásos hulladékkezelésre összpontosított. Egy kapcsolódó jogalkotási intézkedés, az újrahasznosításról szóló törvény 2017-ben lépett hatályba, a műanyag zacskók díjazásáról szóló miniszteri határozattal együtt. Széles körű konzultációt követően a Görög Gazdaságpolitikai Tanács 2018-ban közzétette a körforgásos gazdaságról szóló nemzeti cselekvési tervét. A cselekvési terv a nemzeti erőforrás- és hulladékgazdálkodási politika hosszú távú céljait, célkitűzéseit és azonnali prioritást élvező intézkedéseit határozza meg. Konkrét cél a „körforgásos gazdasággal kapcsolatos intézkedések felgyorsítása és a potenciális növekedés felszabadítása”.

Ebben az esetben megfigyelhetjük, hogy a tervezés szuboptimális. A 2018-as nemzeti cselekvési terv új eszközöket vegyít a már meglévő eszközök fokozatos kiigazításával vagy „foltozásával”. A kommunikációs stratégiák, a CE-adatbázisok és a CE felé tett előrehaladás értékelésére szolgáló mutatók lényegében újak, csakúgy, mint a tárcaközi végrehajtó titkárság és a megfigyelőközpont. A környezetbarát elveknek a meglévő KHV-, SKV- és környezetvédelmi engedélyezési intézkedésekbe való integrálása azonban jelentős foltozásról tanúskodik. A kormányhivatalokkal és a szélesebb körű kormányzati igazgatással való koordináció szintén prioritást élvez a minisztériumok közötti koordinációért felelős végrehajtó titkárságon, a Megfigyelőközponton és a már létező minisztériumok közötti koordinációs csoportokon keresztül, de kevés részletet közölnek arról, hogyan fog megvalósulni a koherencia.

2.3.3. Dél-Korea: Kerettörvény az erőforrás-forgalomról 2016

Fitch-Roy et al. (2021) kijelentik, hogy Dél-Korea az erőforrások körforgásáról szóló kerettörvény (Framework Act on Resource Circulation, FARC) elfogadásával a CERPP globális innovátorává vált. Dél-Korea folyamatosan haladt előre az erőforrás- és hulladékgazdálkodás lineáris szabályozási módozataitól a körforgásos gazdaság elveinek a nemzeti politikában való jóváhagyása felé. Ez a folyamat 1986-ban kezdődött a hulladékgazdálkodási törvénnyel, amely a háztartási és ipari

hulladékokra egyaránt kiterjedt a hulladékok csökkentésén, újrahasznosításán, ártalmatlanításán és végső kezelésén keresztül. A nagyobb mértékű körforgás irányába történő elmozdulás az erőforrások megtakarításának és újrahasznosításának előmozdításáról szóló törvényben (1992) is látható. A FARC három fő részből áll. Az 1. fejezet a törvény általános rendelkezéseit tartalmazza. A 2. fejezet a politikai célkitűzéseket és az igazgatási szabályokat határozza meg. A 3. és 4. fejezet szabályozási, adóügyi és információs politikai eszközöket vázol fel.

A dél-koreai kerettörvény tervezete külső koherenciája és rétegezettsége szempontjából optimálisabbnak tekinthető, de kérdéses, hogy képes-e „erőforrás-körforgásos társadalmat” létrehozni. A termékek szempontjából körforgásos erőforrások termékminőségi védjegyének tanúsítása, a helyi hatóságok speciális költségvetési számlái és az információs központok eszközei a tágabb értelemben vett gazdaságban az „erőforrás-körforgás” előmozdítására irányulnak. A FARC tehát mindenképpen innovatív nemzeti politikai megközelítést jelent a hulladéknak az erőforrás-felhasználás szempontjából történő figyelembevételében. Dél-Koreában azonban a hulladékgazdálkodási díjak és az infrastrukturális kölcsönök nem teljesen újszerűek, és ezért csak fokozatosan bővítik a korábbi szakpolitikai intézkedéseket. A politika „nem integrálja teljes mértékben a termék teljes életciklusát, a termeléstől a fogyasztásig, a hulladékgazdálkodásig, a hulladéktól az erőforrásokig”, sem a hulladékból energiává válást, ami azt jelenti, hogy a külső politikai koherencia nem valósul meg. Valamint a FARC-ban nem említett szempont a párhuzamos stratégiai politikai prioritásokra gyakorolt hatás. Dél-Korea nemzeti politikai kötelezettségvállalásokat tett az alacsony szén-dioxid-kibocsátású zöld növekedésre, amelyek nyíltan támogatják az ökológiai modernizáció perspektíváját, amely a körforgásos gazdasággal analógnak tekinthető, de más politikai célokat határoz meg, elsősorban az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése körül. Az inkoherencia elkerülése érdekében szükségesnek tűnik ezek integrálása a körforgásos gazdaság politikájába.

2.4. A fejlődő országok városi szilárd hulladékgazdálkodása a fenntartható ellátási lánc menedzsment szemszögéből: Brazília legnagyobb nyomornegyedének esettanulmánya

Azevedo et al. (2019) tanulmányukban a braziliai Rochinában levő hulladékgazdálkodás helyzetének változását vizsgálták meg 2 időszak között. A szilárd hulladékgazdálkodás (Solid Waste Management, SWM) helyzete 2008-ban Rocinhában kihívásokkal teli volt. Az útvonalak és gyűjtőpontok tervezése nehézségekbe ütközött a terület meredek lejtői és rendezetlen urbanizációja miatt. A hulladékgyűjtés leginkább 23 központi ponton történt, de a házaktól való távolság akadályozta a hatékony szolgáltatást. Különböző SWM-korlátozó tényezőkre derült fény, mint a forgalomirányító szervek és a megfelelő szélességű, burkolatú utcák hiánya, a lakosság alacsonyabb szintű iskolázottsága vagy az éjszakai műveletek nehézségei a rossz közbiztonság miatt, amik tovább nehezítették a helyzetet. A legtöbb gyűjtőpont nem működött megfelelően, nem voltak tájékoztató táblák, és az összes épület állapota romos volt a korábbi vandál és rablótámadások miatt. A

korlátozó tényezők ellenére a Comlurb (Önkormányzati Takarító vállalat) átlagosan 90 tonna/nap hulladékot gyűjtött össze, beleértve a háztartási és kereskedelmi hulladékot és törmelékét. Az egyik fő probléma, amely a kormányzati részvételben megmutatkozott, az volt, hogy több SWM-csoport vagy intézmény létezett különböző elszigetelt projektekkkel. A holisztikus szemléletű, egységes terv vagy a különböző projektek integrálására irányuló erőfeszítések elmaradása, amelyek lehetővé tennék az optimális kölcsönhatást a feladatok átfedésének és a területek lefedettségének megelőzése érdekében, hozzájárult a javasolt és végrehajtott intézkedések alacsonyabb hatékonyságához. A projektet a városháza finanszírozta, és a lakosok egyesülete irányította. A Comlurb nem volt jól integrálva a Városi Építési és Fejlesztési Titkársággal, ami rávilágít az intézmények közötti integráció hiányára. Bár a nyomornegyedben intenzív helyi kereskedelmi tevékenység folyt, nem voltak olyan intézkedéseket, amelyek az iparnak a közösség hulladékszállításban való részvételére vonatkoztak volna.

Tíz év elteltével, 2018-ban egy új utca építése volt a legnagyobb újdonság az SWM tekintetében. Ez a kormány által támogatott úttelepítési projekt azonban el volt zárva a személygépkocsik és a teherautók elől, és nem jelentett javulást a hulladék összegyűjtése és elszállítása szempontjából, mivel csak a gyalogosok és a motorkerékpárok használhatták az utcát. Ez egy újabb példa az ilyen közösségekben megfigyelhető nehézségekre, amely akadályozza a közterületi hulladékgyűjtési programokat. A nyomornegyedben a kormányzati hatóság hiánya további korlátot jelentett a megfelelő hulladékszállítás kialakításában a közösségben. Általánosságban elmondható, hogy az összes gyűjtőhely ugyanaz maradt, néhány kisebb változtatással, mint új konténerek telepítése az automatikus gyűjtéshez nyolc központi ponton; kisebb gyűjtőedények elhelyezése az egyik főutca mentén; kisebb teherautó használata a szűk utcák megközelítésére. A napi hulladékgyűjtés átlagosan 113 tonnára emelkedett (25,5%-os növekedés 10 év alatt). A megelőzésre és a lakosok képzettségi szintjének növelésére irányuló szociális projektek sikeresen segítettek a térség hulladékgazdálkodását. Az SWM területén működő kormányzati intézmények esete más volt. A 2018-ban hivatalosan működő szervezet a Comlurb és a nem kormányzati szervezet, a „Community Garis” volt jelen. A megfigyelt javulás jó példája volt a 2017-ben felavatott „Szemét a szemétkben – Rocinha” projekt. A projektnek 15 elkötelezett ügynöke és körülbelül 30 független társadalmi-környezeti ügynöke volt, akik mind a közösség lakói voltak, valamint volt bűnözők. Az autonóm ügynökök az összegyűjtött anyag mennyisége és típusa szerint kaptak fizetést, míg a hivatalos tagok a havi értékesítési nyereséget osztották fel. A projekt olyan közösségi kezdeményezésekhez is hozzájárult, mint az „Ecomoda”, amely lehetővé teszi a lakosok számára, hogy ruhákat állítsanak elő, és a „Green Funk”, amely hangszereket készít, és célja, hogy az ütőhangszerek tanításán keresztül zenei képzést nyújtson. Ebben az értelemben a kezdeményezés fenntarthatóbb megközelítést alkalmazott, mint a „Community Garis” projekt. Mindazonáltal a program nem támogatott elég projektet annak érdekében, hogy meggyőzze a háztartásokat arról, hogy a saját maguk által szétválogatott hulladékot elvigyék a meghatározott gyűjtőpontokra, és továbbra is a bizonytalan helyzetben levő

hulladékgyűjtők munkájára összpontosított. Annak ellenére, hogy sürgős fejlesztésekre van szükség, főként a megfelelő infrastruktúra biztosítása és a közösség biztonságának garantálása terén, a kormányzat részvétele némi előrelépést eredményezett. A projekt hatékonysága mellett azonban további erőfeszítésekre van szükség a lakosok megfelelő tájékoztatása és a hulladék szelektálásának növelése érdekében. A folyamatok és az intézmények közötti együttműködés továbbra is kihívásokkal teli, de a kormányzati részvétel előrelépést hozott az infrastruktúra fejlesztése és a közösség szociális körülményeinek javítása terén.

2.5. A digitális átalakulás elősegítése a hulladékgyűjtési szolgáltatásban és a hulladék újrahasznosításában Moszkvában: A körforgásos gazdaság paradigmájának alkalmazása az éghajlatváltozás környezeti hatásainak mérséklésére

Maiurova et al. (2022) tanulmányukban olvashatjuk, hogy Oroszországban a népességnövekedése és az iparosodás hatalmas mennyiségű hulladék keletkezéséhez vezetett. Bár az urbanizáció önmagában nem jelent problémát, a nem tervezett növekedés a települési szilárd hulladék (Municipal Solid Waste, MSW) keletkezésének túlzott megnövekedéséhez vezetett. Ez kihívások elé állítja Oroszországot a fogyasztás utáni szilárd hulladék keletkezésével és kezelésével kapcsolatban. Oroszországban 2020-ban az évente keletkező szilárd hulladék mennyisége elérte a négy milliárd tonnát. Oroszország fokozta az intelligens városok irányába történő átalakulását, amely az információs és kommunikációs technológia (IKT) olyan keretrendszere, ami a fenntartható legjobb gyakorlatokat fejleszti, alkalmazza és népszerűsíti az éghajlati kihívások kezelése érdekében a mesterséges intelligencia és/vagy a gépi tanulás segítségével. Ez az intelligens hálózat a vezeték nélküli technológia és a felhő alapú rendszerek segítségével történő adattovábbítás révén összekapcsolja a tárgyakat és a gépeket városszerte. Ehhez az orosz városoknak az erőforrás-hasznosítási paradigmát kell alkalmazniuk, hogy digitális megoldások segítségével javítsák a hulladék szétválogatását és újrahasznosítását. Ha az újrahasznosítható és a nem újrahasznosítható anyagokat a forrásoknál szétválasztják, a fel nem használt, biológiailag nem lebomló hulladék nyersanyagforrásként szolgálhat, ami csökkenti a természetes anyagok kitermelését. Jelenleg az oroszországi hulladékgazdálkodási gyakorlatok nem hatékonyak az erőforrások szempontjából, és ezt súlyosítja a helyi hulladékgazdálkodási rendszer nem megfelelő működése. A lakosok számára nincsenek gazdasági ösztönzők a hulladékok újrahasznosítására. A hulladékártalmatlanítás alacsony költsége torzítja az önkormányzatok ösztönzőit, amikor a hulladéklerakás vagy az újrahasznosítás mellett döntenek. Moszkva példátlan nyomással szembeül, mivel lakossága növekszik, miközben infrastrukturális rendszerei túlterheltek. Az elmúlt években az oroszországi városok korlátozott erőforrásokkal nem tudták összegyűjteni és ártalmatlanítani a szilárd hulladékot. Oroszországban a települési szilárd hulladék kezelését az 1998. június 24-i 89-FZ számú, „A termelési és fogyasztási hulladékról” szóló szövetségi törvény szabályozza. A törvény értelmében az önkormányzatok felelősek a lakosságnak nyújtott városi tisztítási szolgáltatásért és a települési szilárd hulladék kezeléséért, mint például a hulladékgyűjtés, -szállítás és -kezelés. Moszkva

jelenleg nyílt lerakási rendszert alkalmaz a települési szilárd hulladék ártalmatlanítására. Bár Oroszországban a hulladékgazdálkodás központi hatóság hatáskörébe tartozik, azt több felelősségi kör szabályozza. Ezért a különböző jogalanyok ugyanúgy jogosultak egyedi megállapodásokat kötni a hulladékgyűjtési szolgáltatókkal a hulladékgyűjtési szolgáltatásokról. Mivel nincs egyetlen szerv, amely a nemzeti hulladékgazdálkodási stratégiát érvényre juttatná és felügyelné, a versengő prioritások, a korlátozott erőforrások és a tervezési kapacitások miatt a helyi hulladékgazdálkodás bonyolulttá válik. Ennek eredményeként Moszkva az elmúlt években küzdött azzal, hogy hogyan működtesse hatékonyan ezt az alapvető közszolgáltatást. Az orosz főváros különböző akadályokkal is szembesül a települési szilárd hulladékgazdálkodás javításának útjában, mint például a hulladéktulajdonlás meghatározatlan rendszere és a felelőségek nem egyértelmű elosztása, a magánszektor részvételének hiánya a hulladékgazdálkodásban, valamint a települési szilárd hulladék újrahasznosítására irányuló gazdasági ösztönzők hiánya. A hulladékágazat átalakításához nemcsak technológiai változásokra és gazdasági ösztönzőkre van szükség, hanem a fogyasztók fogyasztási magatartásának megváltoztatására is. A hulladékágazat reformjának fontos eszközei a nyilvános kampányok. A következő 10-15 évben Moszkvának át kell térnie a hulladéklerakókban történő ártalmatlanításról a hulladékok újrahasznosítására és hasznosítására. A kiegyensúlyozott hulladékgazdálkodási rendszer előmozdítása érdekében olyan hosszú távú célokat kell kitűzni, amelyek elősegítik az anyagok hatékony felhasználását. Moszkva 2023-ig szeretné kihasználni a digitalizáció nyújtotta lehetőségeket. A lakosok fejlett digitális infrastruktúrához fognak hozzáférni. A digitális átalakulás az intelligens városok esetében időt vesz igénybe, mivel a digitális infrastruktúrák hulladékgazdálkodásban való hasznosítása stratégiai tervezést igényel a fejlesztési folyamat zökkenőmentesítése érdekében. Az intelligens hulladékgazdálkodás további előnyei közé tartozik a szemetesek állapotáról való valós idejű tájékoztatás, a vezető nélküli teherautók tényleges igényeken alapuló hatékony bevetése, a költségek csökkentése és az erőforrások optimalizálása, a hulladékgyűjtés költségeinek csökkentése, az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése és a tisztább városok. Az IKT várhatóan elősegítené a moszkvai szolgáltatások intelligens irányítását. Mivel az intelligens hulladékgazdálkodás olyan automatikus és összekapcsolt rendszereket mutat be, amelyek az útvonal-optimalizálás révén lehetőséget biztosítanak a hulladékgyűjtésben, a moszkvai szilárd hulladékgazdálkodás reformja az időhatékony hulladékgyűjtésből indulhat ki. A felhőalapú hulladékgazdálkodással Moszkva hatékonyan tudja kezelni a települési szilárd hulladékot a hulladékgyűjtő pontoknál azáltal, hogy városszerte érzékelőket telepít a szemetesekbe a hulladékszintek valós idejű nyomon követésére, és jelzéseket küld a hulladék mennyisége és típusa alapján a megfelelő gyűjtési módszerek azonosítására.

A digitális technológiák, különösen a mesterséges intelligencia és gépi tanulás, alapvető fontosságúak lehetnek Oroszország városi hulladékgazdálkodásának hatékonyabbá és fenntarthatóbbá tétele érdekében. Az áttérés a digitális megoldásokra, beleértve a hulladékgyűjtés és -újrahasznosítás digitalizációját,

hozzájárulhat a hulladéklerakókba kerülő mennyiség csökkentéséhez, a hulladékfolyamatok optimalizálásához, és a szilárd hulladékgazdálkodási rendszerek hatékonyságának növeléséhez. A digitalizáció bevezetése gazdasági előnyökkel is járhat, például új munkahelyek teremtésével és a város munkanélküliségi rátájának csökkentésével.

3. Következtetés

Az esettanulmányok megmutatták, hogy mennyire eltérő hulladékkezelési módokat alkalmaznak a világ különböző országaiban. Ezáltal különböző jó gyakorlatokat láthattunk, melyek eltérő körülmények között nyújthatnak segítséget a hulladékgazdálkodási problémák kezeléséhez, enyhítéséhez. Az 1. táblázat összegzi ezeket a jó gyakorlatokat.

Finnország, Görögország és Dél-Korea esetében azt láttuk, hogy a szabályozások bevezetése és integrációja milyen nehézségeket rejthet magában. Finnország integrált körforgásos gazdaságpolitikája az évek során számos kezdeményezést foglalt magában. Az ország célja a nemzeti gazdasági versenyképesség növelése, az alacsony szén-dioxid-kibocsátású energia felhasználására való áttérés, a természeti erőforrások fenntartható használatának előmozdítása és az egyéni szénlábnyom csökkentése. Ugyanakkor még sok kritika éri a körforgásos gazdaság felé vezető finn úttervet, mivel kevés a ténylegesen új eszköz és hiányzik a külső koherencia. A görög körforgásos gazdasági cselekvési terv jelentős előrelépést képvisel a korábbi lineáris hulladékgazdálkodáshoz képest. Azonban a 2015-2030 közötti nemzeti hulladékgazdálkodási terv elsősorban a meglévő hulladékgazdálkodás javítására fókuszál, és nem kizárólag a körforgásos gazdálkodásra. A hosszú távú célok között szerepel a hulladékhierarchia alkalmazása, a körkörös vállalkozói tevékenység támogatása, a körkörös fogyasztás előmozdítása, partnerségek kialakítása és a fejlődés nyomon követése. Bár kritikaként merült fel, például a szuboptimális tervezés és a koherencia hiánya, a terv lépéseket tesz a körforgásos gazdaság felé. Dél-Korea az erőforrások körforgásával kapcsolatos kerettörvény (FARC) elfogadásával és az ahhoz kapcsolódó politikáival globális innovátornak számít. A FARC alapelvei között szerepel a fenntartható erőforrás-körforgásos társadalom kialakítása. A tervezet külső koherenciája és rétegezettsége szempontjából jól kidolgozottnak tűnik, de kérdéses, hogy képes lesz-e elérni a kívánt célt. Bár innovatív elemeket tartalmaz, mint például a termékánusítás, a helyi hatóságok speciális költségvetési számlái és az információs központok, néhány intézkedés csupán fokozatosan bővíti a korábbi szakpolitikai intézkedéseket. Kritikája a termék teljes életciklusát érintő átfogó integráció elmaradása, valamint a hulladék energiaforrásként való felhasználásának hiánya.

1. táblázat: Jó gyakorlatok összegzése a hatékony hulladékgazdálkodás érdekében

Cikk	Ország	Jó gyakorlat	Év
Romano et al. (2020)	Olaszország, Toszkána régió	A kevésbé sűrűn lakott területeken a hulladékgazdálkodási szervezetek jellemzőinek fejlesztése segíthet a hatékonyság javításában.	2015
Fernández-Braña és Dias-Ferreira (2023)	Afrika, São Tomé	A kisléptékű háztól-házig hulladékgyűjtési modell, amelyet motoros tricikkel hajtottak végre, segít a területek elérésében, ahol a nagyobb járművek nem alkalmazhatók.	2021
(Fitch-Roy et al., 2021)	Finnország	2017-ben bevezették a 2016-2030-as nemzeti hulladékgazdálkodási tervet és hulladék megelőzési programot.	2018-2019
(Fitch-Roy et al., 2021)	Görögország	A hosszú távú célok között szerepel a hulladék hierarchia alkalmazása, a körkörös vállalkezési tevékenység támogatása, a körkörös fogyasztás előmozdítása, partnerségek kialakítása és a fejlődés nyomon követése.	2018-2019
(Fitch-Roy et al., 2021)	Dél-Korea	A FARC mindenképpen innovatív nemzeti politikai megközelítést jelent a hulladéknak az erőforrás-felhasználás szempontjából történő figyelembevételében.	2018-2019
(Azevedo et al., 2019)	Brazília, Rocinha	Az infrastruktúrafejlesztésnek és szociális projekteknek köszönhetően a hulladékkezelés 10 év alatt javult.	2008-2018
(Maiurova et al., 2022)	Oroszország, Moszkva	Az intelligens városok fejlesztése, az IKT és a digitális technológiák bevezetése kulcsfontosságú lehet a hulladékgazdálkodás hatékonyabbá és fenntarthatóbbá tételében.	2022

Forrás: a szerző szerkesztése.

São Tomé és Rocinha példája megmutatta, hogy a fejlődő országokban a helyi közösségi összefogás segítheti a fejlődést. São Tomé város Boa Morte közösségének szilárd hulladékkezelése megmutatta, hogy a közösség kreatív és önfenntartó megoldása jó példa a rendszeres hulladékgyűjtésre. Ezt a Bairro Limpo projekt keretében valósították meg, amely teljes mértékben a közösség által irányított és pénzügyi szempontból önálló rendszer. A helyi kezdeményezés nemcsak a hulladékkezelési problémát oldja meg, hanem a közösség fejlődését is elősegíti,

vonzhat új gazdasági tevékenységeket és növelheti a látogatók számát. Rocinha 2008-ban hulladékkezelési kihívásokkal küzdött, beleértve az útvonaltervezés nehézségeit és a szervezetlenséget. A kormányzati részvétel hiánya és az elszigetelt projektek további nehézségeket okoztak. 2018-ra a helyzet javult, részben az infrastruktúrafejlesztésnek és szociális projekteknek köszönhetően. Azonban az intézmények közötti együttműködés és a szelektív hulladékgyűjtés népszerűsítése további kihívásokat jelent. A helyi közösség kezdeményezései sikeresek voltak, de még szükség van az összehangolt erőfeszítésekre a hulladékprobléma teljes körű megoldásához.

Az olaszországi esettanulmányból levonható következtetésként, hogy a gazdagabb településeken az alacsonyabb szelektív hulladékgyűjtési arány és a „nulla hulladék” stratégia elfogadása kapcsolódik a hatékonyabb szolgáltatáshoz. A kevésbé sűrűn lakott területeken a szervezeti jellemzők fejlesztése, például logisztikai intézkedések és hatékonyabb hulladékszállító útvonalak, segíthetnek a hatékonyság javításában. Kiderült az is, hogy a leggazdagabb területeken az állami biztosítású hulladékgazdálkodási szolgáltatások hatékonyabbak lehetnek a magán szolgáltatásoknál.

Oroszország számára az iparosodás és népességnövekedés miatt keletkezett óriási mennyiségű szilárd hulladék kezelésének problémája kihívást jelent. Az előrelépéshez szükség van az önkormányzatok, vállalatok és lakosság szoros együttműködésére. A digitális technológiák lehetőséget teremtenek a hulladék optimalizált gyűjtésére, újrahasznosítására és a városi szilárd hulladék hatékony kezelésére. A digitalizáció hozzájárulhat a fenntarthatóság előmozdításához, de a változásokhoz való alkalmazkodáshoz szükség van az integrált infrastruktúrára és a közösség részvételére.

Szabályozást tekintetében megállapítható, hogy a körforgásos gazdaság előre mozdításához elengedhetetlen a szervezetek közötti koherencia. A digitalizáció is hozzájárulhat a fenntarthatósághoz, ehhez pedig infrastrukturális átalakulásra van szükség. Az viszont mindenhol elmondható, hogy a közösségi összefogás és a fogyasztók tudatossága a kulcs pontja a haladásnak. Ezen kívül elengedhetetlen a hatékony és sikeres hulladékkezeléshez az önkormányzatok és a hulladékgazdálkodási szervezetek együttműködése.

Irodalomjegyzék

- Azevedo, B. D., Scavarda, L. F., Caiado, R. G. G. (2019): Urban solid waste management in developing countries from the sustainable supply chain management perspective: A case study of Brazil's largest slum. *Journal of Cleaner Production*, 233: 1377–1386. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.162>
- Fernández-Braña, Á., Dias-Ferreira, C. (2023): Evaluating and modelling a decentralised community-based waste collection system in developing são tomé city. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 31: 100914. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100914>
- Fitch-Roy, O., Benson, D., Monciardini, D. (2021): All around the world: Assessing optimality in comparative circular economy policy packages. *Journal of Cleaner Production*, 286: 125493. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125493>

- Fogt Jacobsen, L., Pedersen, S., Thøgersen, J. (2022): Drivers of and barriers to consumers' plastic packaging waste avoidance and recycling – A systematic literature review. *Waste Management*, 141: 63–78. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.01.021>
- Maiurova, A., Kurniawan, T. A., Kustikova, M., Bykovskaia, E., Othman, M. H. D., Singh, D., Goh, H. H. (2022): Promoting digital transformation in waste collection service and waste recycling in Moscow (Russia): Applying a circular economy paradigm to mitigate climate change impacts on the environment. *Journal of Cleaner Production*, 354: 131604. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131604>
- Romano, G., Ferreira, D. C., Marques, R. C., Carosi, L. (2020): Waste services' performance assessment: The case of Tuscany, Italy. *Waste Management*, 118: 573–584. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.057>
- Sondh, S., Upadhyay, D. S., Patel, S., Patel, R. N. (2024): Strategic approach towards sustainability by promoting circular economy-based municipal solid waste management system – A review. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 37: 101337. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101337>