



OTDK - DOLGOZAT



2025. JANUÁR 1.

Intézmény: IBS International Business School



Cím: Édesvíz helyett tudatosság: A WC-használat újradefiniálása a fenntarthatóság jegyében

Title: Awareness instead of fresh water: Redefining toilet use for sustainability

Név: Seregi Moira Bianka

Konzulensek: Várkonyi László, Bartha-Rigó Márta

Kézirat lezárásának dátuma: 2024.12.08.

Tartalom

Édesvíz helyett tudatosság: A WC-használat újradefiniálása a fenntarthatóság jegyében.....	1
Absztrakt.....	1
Hipotézis.....	2
Módszertan.....	3
Szakirodalmi áttekintés	6
Urbanizáció és a City Blueprint	6
Az urbanizáció kihívásai	8
Vízproblémák a városban	9
Előrejelzések relevanciája mai szemmel – azaz hol állunk ma?	11
Az idő fogy	11
Átmenetek.....	12
WC fejlődésének történelme	13
Innovatív WC	14
A jelenlegi higiéniai gyakorlatok főbb problémái - Túl sok víz és energia felhasználása.....	14
Vizelet és széklet keverése (feketevíz keletkezése).....	15
Környezeti problémák, székletkezelés és a széklet felhasználása	15
Nem megfelelő székletkezelés	15
Barna víz (széklet) kezelése	17
Gyűjtés, tárolás, szállítás és felhasználás	17
Komposztáló WC	17
Az emberi széklet komposztálását befolyásoló tényezők.....	19
Barna víz (széklet) felhasználása	19
Műtrágya.....	19
Biogáz termelése	20
Következtetés.....	21
Undor	22
Hajlandóság kontra cselekvés	23
Műtrágyák.....	26
A műtrágyák fontossága.....	26
Szerves műtrágyák	26
A szerves műtrágyák előnyei.....	27
A szerves műtrágyák hátrányai.....	27
Szervetlen műtrágyák	27
A szervetlen műtrágyák előnyei	27

A szervesetlen műtrágyák hátrányai	28
Emberi szerves trágya a mezőgazdaságban – Valós hatás, vagy ábránd?	29
Szennyvízkezelési módszerek és fenntarthatóság: Új lehetőségek az emberi ürülék hasznosítására.....	31
Összegzés	32
Esettanulmány	34
Svédország	34
Hasznosulás	35
Kína	36
Hasznosulás	37
Haiti.....	38
Hasznosulás	39
A sikeresség kulcsa.....	40
A mezőgazdaság helyzete Magyarországon – általános áttekintés	41
Bevezetés.....	41
Magyarország mezőgazdasági helyzete	42
A talajminőség romlása és talajdegradáció	42
A talajdegradáció hatása a terméshozamokra.....	42
Magyar mezőgazdaság összefoglaló adatai	43
A mezőgazdasági ágazat főbb mutatói (2010–2023)	43
Szerves- és Műtrágyahasználat (2016–2023)	44
A mezőgazdasági termelés volumenének alakulása (2007–2021)	45
Összefoglaló következtetések	46
Perspektíva a magyar megvalósításra.....	47
Google Forms – közvéleménykutatás	50
Interjú Oláh Zsolt közgazdásszal	56
Motivációk és kezdeti kihívások a komposztáló WC használatában	58
A komposztálás folyamata és a komposzt biztonsága	59
A komposzt hatása a talaj minőségére és a növények növekedésére.....	59
A komposztáló WC nagyobb léptékű alkalmazhatósága	59
A komposztáló WC-k hatása a vízhasználatra és a városi környezetben való alkalmazhatóságuk.....	60
Környezeti előnyök és a komposztáló WC-k hozzájárulása a körkörös gazdasághoz	60
A komposztálás és az emberi ürülék felhasználásának társadalmi tabuja	61
Egészségügyi és biztonsági aggályok.....	61
Társadalmi elfogadottság és kommunikációs kihívások.....	61

Tanácsok azoknak, akik fontolgatják a komposztáló WC bevezetését	62
Összegzés	62
Ajánlások.....	62
Javaslatok az alternatív WC-k társadalmi elfogadottságának növelésére.....	62
Technológiai fejlesztési lehetőségek.....	63
Gazdasági ösztönzők és támogatások	64
Oktatási és szemléletformáló programok	65
Politikai és szabályozási ajánlások.....	66
Mezőgazdasági és környezeti hasznosítás	67
Monitoring és értékelés	69
Társadalmi párbeszéd kialakítása	70
Kutatás eredményei.....	72
Irodalomjegyzék	1
Mellékletek	10

Édesvíz helyett tudatosság: A WC-használat újradefiniálása a fenntarthatóság jegyében

Absztrakt

A globális vízhiány és a hagyományos szennyvízkezelési rendszerek által okozott jelentős környezeti terhelés sürgetővé teszi az alternatív megoldások keresését. Kutatásom középpontjában a vízmentes szanitációs rendszerek állnak, különös tekintettel azok magyarországi alkalmazási lehetőségeire. Az ilyen rendszerek, mint például a komposztáló vagy vizeletelválasztó WC-k, nemcsak jelentős édesvíz-megtakarítást tesznek lehetővé, hanem az emberi végtermékek mezőgazdasági hasznosításával hozzájárulhatnak a talaj termékenységének fenntartásához és a szintetikus műtrágyák iránti igény csökkentéséhez. Magyarország számára az alternatív szanitációs rendszerek, például a komposztáló WC-k bevezetése azért lenne hasznos, mert az ország vízhiánnyal küzdő régióiban jelentős édesvíz-megtakarítást eredményezhetnek, miközben az emberi ürülék mezőgazdasági hasznosításával hozzájárulhatnak a talaj termékenységének javításához és a műtrágyahasználat csökkentéséhez. Ezáltal nemcsak a vízgazdálkodás válhat fenntarthatóbbá, hanem a talajdegradáció elleni védekezés is hatékonyabbá válik.

A kutatás során számos nemzetközi példát vizsgáltam, beleértve Svédországot, Kínát, Haitit és Németországot sikeres tapasztalatait. Ezek alapján megállapítottam, hogy az alternatív szanitációs rendszerek sikeres bevezetésének kulcsa a megfelelő technológiai fejlesztés, az infrastruktúra kiépítése, a társadalmi elfogadottság növelése, valamint a gazdasági és kormányzati támogatás megléte. E rendszerek magyarországi alkalmazása jelentős gazdasági és környezeti előnyökkel járhat, például a műtrágyaköltségek csökkentésével, az eutrofizáció mérséklésével és a talajdegradáció elleni védekezéssel.

A kutatásom részeként egy közvélemény-kutatást is végeztem, amely feltárta, hogy a magyar lakosság nyitottsága a vízmentes szanitációs rendszerek iránt mérsékelt, ugyanakkor az emberek többsége fontosnak tartja a fenntartható megoldások keresését. Az eredmények azt mutatják, hogy a sikeres bevezetés érdekében átfogó tájékoztató kampányokra és mintaprojektekre van szükség.

Összességében a kutatás arra hívja fel a figyelmet, hogy a vízmentes szanitációs rendszerek alkalmazása Magyarországon nemcsak környezeti, hanem gazdasági és társadalmi szempontból is ígéretes lehetőség, amely hozzájárulhat a fenntartható fejlődési célok eléréséhez.

Hipotézis

Téma relevanciája – Miért érdemes kutatni a témát?

A világ számos része vízhiánnyal küzd és a fölösleges édesvízfogyasztás csökkentése kulcsfontosságúvá vált a világ fenntarthatósági törekvéseiben (Koop, S.H.A., van Leeuwen, C.J. 2017). Az angol WC-k az egyik legnagyobb vízfelhasználók az épületekben, ami komoly terhet ró a vízkészletekre a fejlett világban. Az alternatív WC-k, melyek víz felhasználása nélkül működnek sokat könnyíthetnek a vízkészletre mért csapáson (un.org, 2024). Majd később az ürülék komposztálásával biomassza-alapú trágyát lehet előállítani, ami megoldást kínálhat a vízkészletünk megőrzésére, valamint a fenntartható mezőgazdasági fejlődés támogatására. Ezzel csökkenthető a vízfogyasztás, minimalizálható a szennyvízkezelés költsége és egyúttal értékes tápanyagok is visszaforgathatók a talajba, akár lokális szinten is (organicbiotech.com, 2021). A kutatás fő feltételezése, hogy az emberi végtermék komposztálásával nyert szerves trágya fenntartható alternatívát kínálhat a hagyományos szennyvízkezeléssel szemben, csökkentve az édesvíz pazarlását és a környezeti terhelést. Az alternatív, víz nélküli komposztáló WC-k bevezetésével az emberi ürülék közvetlenül hasznosulhatna, ezáltal csökkentve a városi szennyvízkezelés és vízfelhasználás költségeit, valamint elősegítve a körkörös gazdaság elveit a mezőgazdaságban. A kutatás hipotézise szerint tehát a komposztált humusztrágya használata a mezőgazdaságban hosszú távon környezeti és gazdasági előnyöket is nyújtana, és csökkentené a hagyományos műtrágyákra való támaszkodást.

Hipotézis

A komposztáló WC-k, amelyek nem használnak vizet az ürülék eltávolítására, jelentős mértékben csökkenthetik a vízfelhasználást, miközben fenntartható módon állítható elő trágya az emberi végtermékből, amely alkalmas lehet mezőgazdasági célokra. Ezen WC-k alkalmazása hosszú távon környezetbarátabb és gazdaságilag is életképesebb lehet, mint a hagyományos angol WC-k. Ugyanakkor az emberi pszichológiai tényezők, különösen az undor érzése, nehezíthetik ezeknek a rendszereknek a széleskörű elfogadását és gyakorlati alkalmazását, ami további szemléletformáló és oktatási programokat igényelhet a társadalmi akadályok leküzdése érdekében.

Kutatási kérdések, avagy milyen specifikus kérdések vezérlik a vizsgálatot?

- Hogyan befolyásolja a vízfelhasználást és a fenntarthatóságot egy olyan WC-rendszer bevezetése, amely nem igényel vizet?
- Mennyire költséghatékony egy ilyen komposztáló WC rendszer telepítése és üzemeltetése a hagyományos WC-kkel összehasonlítva?
- Milyen környezeti előnyökkel jár a komposztálás és a biomassa-alapú trágya előállítása?
- Mennyire elfogadható a lakosság számára egy ilyen technológia használata?
- Hogyan járulhat hozzá ez a megoldás a zöld gazdasághoz és a körkörös gazdaság modelljéhez?
- Milyen lépések szükségesek ahhoz, hogy a vízmentes szanitációs rendszerek bevezethetők legyenek Magyarországon?

Módszertan

A kutatás célja és módszertani megközelítése

Kutatásom célja, hogy átfogóan feltárjam a víz nélküli komposztáló WC-k bevezetésének potenciális hatásait a városi vízhasználatra és a mezőgazdasági alkalmazhatóságra, különös tekintettel a komposzttrágyák előnyeire. Ezzel a vizsgálattal célom hozzájárulni a fenntarthatósági törekvésekhez és a körkörös gazdaság megvalósításához, különösen azokban a városi térségekben, ahol a vízkorlátok vagy infrastruktúrából fakadó nehézségek már most kihívást jelentenek.

A kutatási módszertant kvalitatív és kvantitatív elemek ötvözésére építettem, hogy különböző szempontokból közelítsem meg a komposztáló WC-k bevezetését. A kvantitatív adatgyűjtéshez Google Forms alapú kérdőívet használtam, míg a kvalitatív elemzéshez Oláh Zsolt közgazdással készítettem interjút. Ezzel a két módszerrel lehetőségem nyílt mind a szélesebb közönség általános hozzáállásának felmérésére, mind pedig egy közgazdász részletes szakmai nézőpontjának megértésére, aki maga is alternatív WC-t használ.

Kérdőíves felmérés a lakosság viszonyulásának vizsgálatához

A kérdőíves adatgyűjtést Google Forms segítségével végeztem, amely lehetőséget adott arra, hogy szélesebb körben ismerjem meg az emberek hozzáállását és tudatosságát az alternatív WC-rendszerekkel kapcsolatban. A kérdőív kérdéseit úgy állítottam össze, hogy kiderítsem, mennyire ismerik és támogatják a válaszadók az alternatív, víz nélküli WC-k bevezetését, valamint, hogy milyen mértékben látják fontosnak a víztakarékosságot és annak környezeti előnyeit. A kérdések fókuszáltak arra irányultak, hogy felmérjem a komposztáló WC-k iránti elfogadottságot, a technológia iránti nyitottságot, és hogy milyen tényezők befolyásolják a válaszadók döntéseit ebben a kérdésben.

Ez a kérdőív nemcsak széleskörű adatokkal szolgált a közvélekedésről, hanem arra is rávilágított, hogy milyen társadalmi és kulturális tényezők játszhatnak szerepet a technológia alkalmazhatóságában. A kapott eredmények alapján megismerhettem azokat a sztereotípiákat és fenntartásokat, amelyek akadályozhatják a komposztáló WC-k bevezetését, valamint azokat a szempontokat is, amelyekkel elősegíthető az új technológia elfogadottsága és gyakorlati használata.

Interjú Oláh Zsolt közgazdással – mélyebb betekintés a gyakorlati alkalmazhatóságba

A kérdőív adatait egy interjúval egészítettem ki, amelyet Oláh Zsolt közgazdással készítettem. Oláh Zsolt nemcsak a gazdasági vonatkozásokban, hanem az alternatív WC-rendszerek társadalmi elfogadottságában is megosztotta tapasztalatait, így fontosnak tartottam, hogy meglátásai segítségével bővítssem a kutatás mélységét. Az interjú során olyan kérdéseket tettem fel, amelyek a komposztáló WC-k gazdasági hatékonyságára, fenntarthatósági előnyeire, valamint az ezzel kapcsolatos lakossági attitűdökre irányultak.

Az interjú kérdései a következő területekre fókuszáltak:

- A komposztáló WC-k bevezetésének gazdasági előnyei és költséghatékonysága a hagyományos vízöblítéses rendszerekkel szemben.
- A társadalmi elfogadottság kérdései, amelyek azt vizsgálják, mennyire nyitottak az emberek az ilyen típusú alternatív technológiák használatára.
- Az esetleges szociális, kulturális és pszichológiai tényezők, amelyek befolyásolhatják a technológia bevezetésének sikerét vagy kudarcát.

Ezek a kérdések lehetőséget adtak arra, hogy mélyebb betekintést nyerjek az alternatív WC-k alkalmazásának társadalmi és gazdasági vonatkozásaiba, és egy olyan ember szemszögéből is megérthessem az esetleges akadályokat és támogató tényezőket, aki maga is használja a technológiát. Oláh Zsolt nézőpontja különösen hasznos volt a vízmentes szanitáció gazdasági aspektusainak értékelésében, valamint a társadalmi attitűdök összefüggéseinek elemzésében.

Az alkalmazott módszerek relevanciája és elvárt eredmények

A módszertantól azt várom, hogy részletes és hiteles képet nyújtson a víz nélküli komposztáló WC-k alkalmazásának lehetséges előnyeiről és kihívásairól, különös tekintettel a fenntarthatóság és a társadalmi elfogadottság szempontjaira. A Google Forms kérdőív szélesebb társadalmi mintát lefedve adatokat szolgáltatott az alternatív szanitációs rendszerek társadalmi megítéléséről és elfogadottságáról, míg az Oláh Zsolttal készített interjú mélyebb szakmai rálátást biztosított a gazdasági és társadalmi akadályokra, amelyek befolyásolják a komposztáló WC-k sikeres bevezetését.

Az interjú és kérdőív kombinálása lehetőséget ad arra, hogy mind kvantitatív, mind kvalitatív adatokkal támasszam alá a kutatásom megállapításait. Ezáltal komplexebb megértést nyerhetek arról, hogy a technológia mennyiben felel meg a fenntarthatósági céloknak, és milyen lépésekre lenne szükség ahhoz, hogy a lakosság körében szélesebb körben elfogadottá váljon.

Zárógondolat

A módszertani megközelítés révén remélem, hogy megértem, milyen tényezők segíthetik elő a komposztáló WC-k alkalmazhatóságát, és hogyan illeszkedhet ez a technológia a fenntartható vízgazdálkodás és a körkörös gazdaság céljaihoz. Mind a kérdőív, mind Oláh Zsolt szakértői nézőpontja alapvető szerepet játszik abban, hogy a kutatás gyakorlati és elméleti szempontból is érdemi eredményekkel járuljon hozzá az alternatív szanitációs rendszerek megértéséhez és a társadalmi elfogadottság növeléséhez.

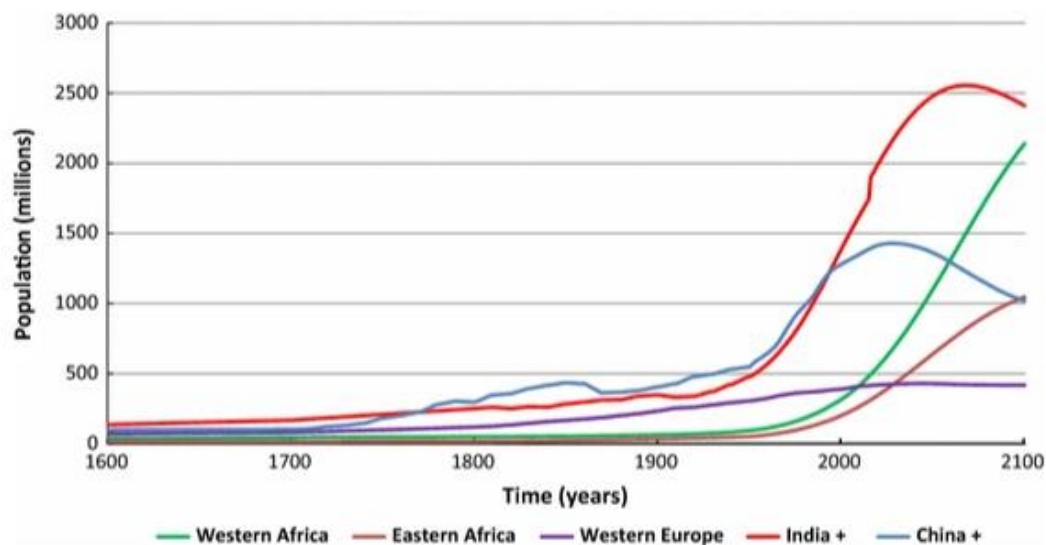
Szakirodalmi áttekintés

Urbanizáció és a City Blueprint

Az urbanizációval kezdem kutatásomat, mivel a városiasodás globális folyamata jelentős hatással van az édesvíz-felhasználásra és a szanitációs rendszerek működésére. A növekvő népesség és a városok terjeszkedése egyre nagyobb nyomást gyakorol az ivóvízkészletekre, miközben az infrastrukturális fejlesztések gyakran nem tartják a lépést ezzel a növekedéssel. Az urbanizáció dinamikájának vizsgálata lehetővé teszi, hogy megértsük, hogyan alakulnak ki ezek a kihívások, és miért elengedhetetlen alternatív megoldásokat találni, például az édesvíz-pazarlás csökkentésére a szanitáció területén. Ez a kontextus teremti meg a kutatásom alapját, hiszen az alternatív WC-k alkalmazása releváns választ jelenthet ezekre a problémákra.

A világ népességének várható növekedését 2015-ben több mint egymilliárd főre becsülték, elérve a 8,5 milliárdot 2030-ra. Majd további növekedést jósoltak, 2050-re 9,7 milliárdra nő a bolygónk népessége, és 2100-ra 11,2 milliárdra.

A népességnövekedés mértéke különböző a világ egyes területein. Sok afrikai országban még mindig gyors, exponenciális ütemű növekedés tapasztalható, ami azt jelenti, hogy az erőforrásigényük is gyorsan nő. Ezzel szemben Nyugat-Európában és az India régióban a népességnövekedés fokozatosan lassul, és logisztikus növekedést mutat. Kínában pedig a növekedés hamarosan csökkenni fog, részben a korábban bevezetett egykepolitika következtében (Koop és van Leeuwen, 2017).



1. ábra: Globális népességnövekedési trendek és regionális különbségek hatása az erőforrás-felhasználásra (1600–2100) (Koop és van Leeuwen, 2017).

Az urbanizáció mind a fejlett, mind a kevésbé fejlett régiókban folytatódik, és várhatóan 2050-re a fejlettebb régiók lakosságának 86%-a, míg a kevésbé fejletteknek 64%-a városokban fog élni. Összességében a világ népességének 67%-a lesz városi lakos 2050-re (UN 2012). Ez azt jelenti, hogy a világ minden területén városok fogják befogadni a teljes népességnövekedést az elkövetkező évtizedekben.

A City Blueprint módszertan kidolgozása 2011-ben kezdődött annak érdekében, hogy felmérjék az integrált vízgazdálkodás fenntarthatóságát a városokban (Koop és van Leeuwen, 2017). A városokban a stratégiai tervezési folyamat részeként alapfelmérést végeztek a SWITCH projekt keretében kidolgozott képzési modulokban leírtak szerint. A módszertant úgy alakították ki, hogy rövid, világos és egyszerű legyen. A City Blueprint mutatói a 3 P-re (People, Planet, Profit) épülnek a vízkörforgás szempontjából. A módszertan több más értékelési keretet is felhasznált, köztük a Green City Index-et.

Az integrált vízgazdálkodás (IWRM) fenntarthatóságát egy interaktív folyamat során értékelik, amelybe bevonják az IWRM legfontosabb szereplőit (Philip et al. 2011). Ezt az interaktív megközelítést alkalmazták a városok többségének értékelésénél.

A City Blueprint módszertan három fő előnyt kínál a városok számára:

1. egy interaktív és gyors áttekintést ad saját vízkörforgásukról,
2. hozzáférést biztosít más városok taktikáihoz és legjobb gyakorlataihoz,
3. és lehetőséget nyújt egy nemzetközi platformon való részvételre.

A kérdőív kitöltése után elkészítettek egy radar diagramot, amely tartalmazza mind a 25 teljesítménymutatót (a City Blueprintet), valamint a Blue City Indexet (BCI), amelynek értékei 0-tól (aggodalomra okot adó) 10-ig (nem okoz gondot) terjednek. Ez a kezdeményezés az Európai Innovációs Partnerség a Vízért program részeként vált akciótervvé az Európai Bizottság támogatásával az Európai Víz Ütemterv keretében. A City Blueprint egy gyakorlati és átfogó keretrendszert biztosít az önkormányzatok és régiók számára, amely segít meghatározni a fenntarthatóbb és ellenállóbb vízkörforgás megvalósításához szükséges lépéseket a kulcsfontosságú érintettekkel együttműködve (Koop és van Leeuwen, 2017).

Az urbanizáció kihívásai

A lakhatás és a munkahelyek városokba történő koncentrálódása negatív következményekkel is járhat. Jelenleg a városok a Föld területének mindössze 2%-át foglalják el, mégis 60–80%-át adják a globális energiafogyasztásnak, és a szén-dioxid-kibocsátás 75%-áért felelősek. Hasonló arányok jellemzők a nyersanyagfelhasználásra is, beleértve a fémeket, fát, műanyagot, amelyeket infrastruktúrák, lakások, autók és számos egyéb fogyasztási cikkek gyártásához használnak. A városok a termelés, fogyasztás és hulladék keletkezésének központjai. Ökológiai vizsgálatok kimutatták, hogy egyes városok környezeti lábnyomuk akár 10–150-szeresét is meghaladják. Ez hatalmas nyomást gyakorol nemcsak a vízellátásra, a szilárd hulladék újrahasznosítására és a szennyvízkezelésre, hanem a természetre és az épített környezetre is, beleértve a talaj-, levegő- és vízszennyezést (Koop és van Leeuwen, 2017). A vízszennyezés csökkentheti az egészséges víz elérhetőségét. Ennek következtében a városok egyre inkább függenek a vidéki területektől az energia-, víz-, építőanyag- és élelmiszerellátás, valamint a hulladék és szennyezőanyagok eltávolítása szempontjából (OECD, 2015).



2. ábra: Városi megatrendek és kihívások (Koop és van Leeuwen, 2017)

Vízproblémák a városban

A városok ivóvízfogyasztása a teljes vízlábnyom csak kis részét teszi ki. Például Hollandiában egy fő évente körülbelül 2300 köbméter vizet használ, melynek 67%-át mezőgazdasági célokra, 31%-át ipari felhasználásra, és mindössze 2%-át a háztartásokban használják (Koop és van Leeuwen, 2017). Ez azt jelenti, hogy a városok vízproblémáinak megoldása főként a hagyományos vízügyi szektoron kívüli szereplők feladata. Valójában a 100 000 főnél nagyobb népességű városok fele vízhiányos régiókban található. Ezeken a területeken a mezőgazdasági vízfelhasználás a frissvízforrások több mint 90%-át teszi ki (Hunger és Döll 2008; Richter et al., 2013). Richter et al. (2013) elemzése szerint a városi és ipari célú vízfelhasználás szinte teljes egészében visszakerül valamely víztestbe, például a szennyvíz tisztítás után ismét a folyókba jut. Ezért az városi vízfelhasználás csökkentése vagy az újrahasznosítás nem feltétlenül oldja meg a vízhiányt. Összességében a háztartási, ipari és energiatermelési szektorok a globális vízfogyasztás kevesebb mint 10%-át adják. Ugyanakkor a városi vízhasználat és újrahasznosítás, valamint a megfelelő szennyvízkezelés jelentős mértékben hozzájárul a szennyezés csökkentéséhez, a helyi vízellátás növeléséhez és az energiahatékonyság javításához is (Koop és van Leeuwen, 2017).

Proaktív intézkedések szükségessége

A katasztrófák gyakran növelik a tudatosságot, legyen szó akár árvízvédelemről, akár a szárazsággal való megküzdésről (Koop és van Leeuwen, 2017). Azonban ezek az alkalmazkodó intézkedések gyakran reaktívak, ad hoc jellegűek, és gyakran hatástalanok és költségesek (UNEP 2013). A legnagyobb kihívás az, hogy a reaktív intézkedésekről áttérjünk a proaktív megoldásokra és hosszú távú folyamatokra épülő nagyszabású terveket dolgozzunk ki.

A városi vízinfrastuktúra költségei

A városoknak védeniük kell lakosaikat a vízzel kapcsolatos katasztrófák (például aszályok és árvizek) ellen, garantálniuk kell a víz rendelkezésre állását, valamint a magas minőségű talajvíz, felszíni víz és ivóvíz elérhetőségét. Emellett a városoknak megfelelő infrastruktúrát kell kiépíteniük, amely képes reagálni az éghajlati, demográfiai és gazdasági trendekre (OECD 2015). A városi infrastruktúra kiépítése azonban rendkívül költséges. A UNEP (2013) becslése szerint a 2005 és 2030 közötti időszakban mintegy 41 billió amerikai dollár van szükség a régi infrastruktúra felújítására (főleg fejlett országokban), valamint új infrastruktúrák építésére (elsősorban fejlődő országokban). A vízinfrastuktúra költségei (22,6 billió dollár) magasabbak, mint az energia, utak, vasút, légikikötők és tengeri kikötők együttes költségei. Ennek a 22,6 billió dollárnak a legnagyobb részét a szennyvízinfrastuktúra teszi ki. A jelentés figyelmeztet arra is, hogy előbb vagy utóbb a szükséges pénzt el kell költeni a világ városi infrastruktúrájának modernizálására és bővítésére. A kereslet és az igény túl nagy ahhoz, hogy figyelmen kívül hagyjuk. A megoldásokat lehet reaktív, ad hoc és hatástalan módon is alkalmazni, ahogyan a múltban történt, de ebben az esetben az ár valószínűleg meghaladja a 40 billió dollárt.

A vízzel kapcsolatos célok nagy költségekkel járnak, de jelentős megtérülést is hoznak. A fenntartható fejlődési és növekedési célokhoz kapcsolódó globális vízügyi beruházások konzervatív becslései szerint a globális GDP 1,8–2,5%-ára lenne szükség a 2015 utáni időszakban. Ez évente minimum 3108 milliárd dollárnyi gazdasági, környezeti és társadalmi hasznot hozna, ami évente nettó 734 milliárd dolláros előnyt jelentene (UNU és UNOSD, 2013).

Az urbanizáció és a vízhiány problémái, különösen a gyorsan növekvő populációjú régiókban, még mindig súlyos gondot jelentenek világszerte. A legfrissebb 2023-as jelentések szerint a globális vízellátás terén hatalmas kihívások várhatók, mivel a víz iránti kereslet 2030-ra várhatóan 40%-kal meghaladja majd a kínálatot. Ezt főként az urbanizáció gyors üteme, a

klimaváltozás és a vízminőség romlása okozza, és mindezek következtében több országban kritikus szintet érhet el a vízhiány. Jelenleg 25 ország, köztük Bahrein és Katar, extrém vízhiányban szenved, ahol a rendelkezésre álló vízkészletek több mint 80%-át már felhasználják, ami különösen veszélyeztetetté teszi őket a szárazságok és az időjárás-ingadozások tekintetében. E probléma kezelése érdekében nemcsak a víz infrastruktúrába való befektetésekre, hanem jobb vízgazdálkodásra és hatékonyabb kormányzati szabályozásra is szükség van (Koop és van Leeuwen, 2017).

Előrejelzések relevanciája mai szemmel – azaz hol állunk ma?

A vízgazdálkodásra vonatkozó beruházási igények szintén drámaian nőttek. A World Bank és a World Resources Institute 2023-as elemzései szerint a globális GDP mintegy 31%-a (kb. 70 billió dollár) lehet kitéve a magas vízhiány kockázatának 2050-re, szemben a 2010-es 15 billió dollárral (World Bank, 2023). Ez különösen jelentős következményekkel járhat az olyan ágazatokra, mint a mezőgazdaság és az ipar, amelyek világszerte a vízfelhasználás nagy részét teszik ki. A COP28 klímacsúcs és a Water Action Agenda is elősegítheti a vízgazdálkodási megállapodások létrejöttét, azonban a jelenlegi kötelezettségvállalások mindössze 22%-a rendelkezik számszerűsíthető célkitűzésekkel, így a hatékony vízkezelés felgyorsítása érdekében sokkal szigorúbb, együttműködésen alapuló intézkedések szükségesek (Fernandes és Banerjee, 2023).

A vízhez kapcsolódó kihívások és gazdasági kockázatok mérséklésére tett lépések közé tartozik a fenntartható vízgazdálkodás és az infrastruktúrába való fokozott beruházás, ami világszerte komoly gazdasági hasznot hozhat, miközben csökkenti az extrém vízhiány és szennyezés kockázatát, különösen az erőforrás-szegény régiókban, mint Afrika és Dél-Ázsia. További részletek az UN World Water Development Report 2023 és a World Resources Institute jelentéseiben érhetők el (World Bank, 2023).

Az idő fogy

Számos országban még mindig alacsony a városok kihívásait illető tudatosság. Ennek ellenére vannak olyan fejlődési irányok, amelyeket nem lehet figyelmen kívül hagyni:

- Az ENSZ becslései szerint 2025-re körülbelül 2 milliárd ember fog szembesülni abszolút vízhiánnyal, és a világ népességének kétharmadát érinti majd a vízszűkösség. A 2030-ra vonatkozó becslések szerint 40%-kal nagyobb lesz a vízigény, mint amennyi ténylegesen rendelkezésre áll (2030 Water Resources Group, 2009).

- A világ népességnövekedése és a migráció főként a városokban fog lezajlani (Koop és van Leeuwen, 2017).
- Nagy területeken, ahol termékeny mezőgazdasági földeket öntöznek, a talajvíz készletei egyre inkább kimerülnek (UNEP 2007).
- A tengervíz beszivárgása, az öntözött földek sótartalmának növekedése, az erózió és a sivatagosodás egyre súlyosabb problémák, amelyek a globális víz- és élelmiszerbiztonságot fenyegetik (FAO 2011; UNESCO 2015).
- Ázsiában és Afrikában a szennyvízkezelés ritka, és a tápanyag-kibocsátás a gyors urbanizáció következtében 40 éven belül várhatóan kétszeresére, sőt háromszorosára nő. Ez jelentősen fokozza az eutrofizációt, a biodiverzitás csökkenését, és veszélyezteti a halászatot, az akvakultúrát, a turizmust és a tiszts ivóvizet (Koop és van Leeuwen, 2017).
- A megfelelő szennyvízelvezetés továbbra is kihívást jelent 2,5 milliárd ember számára, és ennek a hiánya a jövőben is halálozást okoz, különösen a gyermekek körében (WHO 2008).

A fenntartható vízgazdálkodás hatalmas kihívást jelent. Valószínűleg ez az oka annak, hogy a Világgazdasági Fórum a vízválságot és a vízhez kapcsolódó kockázatokat az egyik legfontosabb globális kockázatként rangsorolta, mind valószínűség, mind hatás tekintetében. A víz az OECD, az ENSZ, a WHO és az FAO napirendjén is előkelő helyen szerepel.

Átmenetek

2100-ra a világ népességét 11 milliárdra becsülik, amelynek körülbelül 80%-a városokban fog élni. Ez komoly kérdéseket vet fel a városok fenntarthatóságának és ellenállóképességének jövőbeli lehetőségeiről, különösen a vízzel kapcsolatban. Hogyan alakíthatjuk át sikeresen városainkat úgy, hogy a jövő generációira (gyermekeinkre és unokáinkra) is gondoljunk? Az átmeneteket több szinten és több szakaszban zajló folyamatokként értelmezzük, amelyek társadalmi rendszerek szerkezeti változásához vezetnek; ezek akkor valósulnak meg, amikor a társadalom domináns struktúrái (rezsimek) nyomás alá kerülnek a külső változások és a belső innovációk révén (Koop és van Leeuwen, 2017). Gleick (2003) „soft-path” megoldásokról beszélt és három fontos megfontolást említ:

1. Minden társadalmi szereplő befolyásolja és irányítja a társadalmi változásokat, tudatában lévén a lehetőségeknek és a korlátoknak is;
2. A felülről lefelé irányuló tervezés és a piaci dinamika csak egy részét teszi ki a társadalmi változásoknak; a hálózati dinamika és a reflexív viselkedés másik részt képez;
3. A társadalmi változások irányítása egy reflexív keresési, tanulási és kísérletezési folyamat.

Az urbanizáció az emberiség történelmének egyik legmeghatározóbb folyamata, amely az iparosodással együtt jelentős hatást gyakorolt a városi környezetek kialakulására és fejlődésére. Az urbanizációval párhuzamosan a városok energia- és vízfogyasztása robbanásszerűen megnőtt, míg az erőforrások felhasználásának hatékonysága továbbra is kihívásokkal küzd. Az infrastruktúra fejlesztésére és fenntarthatóságának biztosítására globális szinten milliárdos befektetések szükségesek. A városok ivóvíz-felhasználása – bár nem a legnagyobb, mégis jelentős – közvetlenül hozzájárul a szűkös édesvízkészletek kimerüléséhez. Ez különösen olyan vízigényes rendszerek, mint a vízöblítéses WC-k révén válik hangsúlyossá.

A következő fejezet egy rövid történeti áttekintésre hívja az olvasót, amely bemutatja a szanitációs rendszerek fejlődését az ókori Róma közösségi illemhelyeitől a modern vízöblítéses megoldásokig. E fejlődési folyamat nemcsak a higiéniai gyakorlatok alakulását tükrözi, hanem az emberi találékonyságot és a fenntarthatósági szempontok egyre hangsúlyosabbá válását is. Miként szolgálhatnak a múlt tanulságai a jelen és a jövő fenntartható szanitációs rendszereinek megalkotásában? E kérdés megválaszolására vállalkozik a fejezet.

WC fejlődésének történelme

Az urbanizációval együtt fejlődtek a szanitációs rendszerek is, amelyeket a higiéniai szempontok és a közegészségügyi szükségletek vezéreltek. A modern vízöblítéses WC-k elterjedése kényelmi szempontból nagy előrelépést jelentett, ugyanakkor komoly édesvíz-felhasználási problémákat is eredményezett. Az urbanizáció és a fenntarthatóság szempontjából elengedhetetlen, hogy megvizsgáljuk, miként alakultak ki a különböző szanitációs rendszerek, és hogyan vezethetnek alternatív megoldások – például a komposztáló WC-k – az édesvíz-pazarlás csökkentéséhez. Ezzel a kutatás következő fejezete rávilágít a szanitáció fejlődésének

történetére, annak érdekében, hogy megértsük, miként válhatnak a modern technológiák fenntarthatóvá a jelenlegi vízügyi válság kontextusában.

A történelem során a WC-k mindig is fontos szerepet játszottak az emberek életében. A WC-k vidékenként és évszázadonként eltérőek voltak. Ma leginkább a higiénia miatt használjuk őket, de az ókori római nyilvános illemhelyeken az emberek közösségi életet is éltek. Régészeti feltárások során számos bizonyíték látott napvilágot az ókori tisztálkodási szokásokról és WC-kről is. Lassan, a WC-k feltalálása után az emberek csatornarendszereket, vízelvezető rendszereket és vízcsatornákat építettek, hogy elvezessék a szennyvizet és javítsák a higiéniai tényezőket. Ebben a részben a WC-k fejlődése a történelmi tények és régészeti felfedezések alapján kerül bemutatásra.

Az idők során számos civilizáció talált megoldást az emberi végtermék eltávolítására. Ezek a civilizációk egymástól eltérő és nagyban különböző módszereket fejlesztettek ki erre. A kulturális különbségek, hiedelmek, szükségletek és a higiénia alakították a WC-k kialakítását legfőképpen régióként, így világszerte különféle típusú WC-k jelentek meg, beleértve a vízöblítéses és a guggolós WC-eket is. Míg a guggolós WC-eket Ázsiában, a Közel-Keleten, Afrikában, valamint Európa néhány területén, például Görögországban és Olaszországban fedezték fel és használták, addig a vízöblítéses WC-k a nyugati országokban terjedtek el. A vízöblítéses WC-k kialakítása jelentős változásokon ment keresztül a történelem során. Az ókorban, a rómaiak idején a vízöblítéses WC-k fejlesztése és használata elérte csúcspontját, ám a középkorban a higiénia iránti csökkent figyelem és igény miatt visszaesés következett. Azonban Európa középkor utáni újjáéledése és az egyre növekvő felvilágosodás megnyitotta az utat a WC-tervezés új korszakának felemelkedéséhez. Ez a felemelkedés az 1500-as és 1700-as években folytatódott, amikor olyan fejlesztések születtek, amelyek elvezettek a modern WC-k kialakításához (Melda, 2019).

Innovatív WC

A jelenlegi higiéniai gyakorlatok főbb problémái - Túl sok víz és energia felhasználása

A jelenlegi higiéniai gyakorlatok magas víz- és energiafogyasztással járnak. Egy átlagos WC egy öblítés során 13 és 15 liter vizet fogyaszt. Ezen információk alapján egy egyszerű számítás azt mutatja, hogy egyetlen WC 20 éves élettartama alatt körülbelül 10 000 m³ édesvizet fogyaszt

el. Továbbá, ha figyelembe vesszük azt az energiát, amely a WC-k öblítéséhez szükséges víz előállításához szükséges – például a víztisztításhoz gátnál, sótalanításhoz és szennyvízkezeléshez –, valamint az öblített víz kezelésének energiaköltségeit, körülbelül 3–15 kWh energia szükséges 1 m³ öblítővíz kezeléséhez (Han és Kim 2014)

Vizelet és széklet keverése (feketevíz keletkezése)

A vizelet magas tápanyagtartalma miatt a vizelet és széklet keverése a higiéniai gyakorlatban pazarló eljárás. A vizelet és széklet keverékének szennyvíztisztító telepekre történő eljuttatása nemcsak olyan fontos tápanyagok, mint a nitrogén és a foszfor elpazarlását eredményezi, hanem algaszenny túlburjánzáshoz is vezethet a tisztítótelepeken (Hashemi, 2015). Ezenkívül a feketevíz visszajuttatása a természetbe szennyező anyagokat, például mikroszennyeződések juttathat más vízforrásokba (Han és Kim 2014).

Ahogy a higiéniai rendszerek fejlődése új lehetőségeket teremtett, úgy a székletkezelés és -felhasználás kérdése is kulcsfontosságúvá vált a fenntarthatóság szempontjából. A következő fejezet azt vizsgálja, hogy a megfelelő kezelés hogyan csökkentheti a környezeti terhelést, miközben értékes erőforrásokat is nyerhetünk az emberi végtermékből.

Környezeti problémák, székletkezelés és a széklet felhasználása

Nem megfelelő székletkezelés

A környezeti higiénia célja egy tiszta, egészséges és működőképes fizikai és természetes környezet kialakítása és fenntartása. A szeptikus tartállyal rendelkező WC-k és a gödrös latrinák olyan OSS rendszerek példái, amelyek létfontosságúak a WC-k hozzáféréseinek biztosításához mind vidéki, mind városi területeken. A mikrobiális szennyezés egyre növekvő környezeti probléma, amely veszélyt jelent az emberi egészségre. Az emberi egészség fenntartása érdekében létfontosságú a jobb higiéniai körülményekhez való hozzáférés. A személyes és magán higiénia alapvető emberi jog, ennek ellenére az egyetemes hozzáférés sok nemzetben jelentős problémát jelent. Annak ellenére, hogy az elmúlt évszázadban jelentős előre lépések történtek a szennyvízelvezetés terén a nyugati kultúrákban, a szennyvíz továbbra is számos káros hatást gyakorol a környezetre. A túlzott víz-, erőforrás- és pénzfelhasználás károsíthatja a vízi ökoszisztémákat, és a szennyvíziszap mikroorganizmusok általi szennyeződéséhez

vezethet. A nem higiénikus szennyvízrendszerrel kapcsolatos problémák a következők lehetnek:

Problémák az emberi és állati egészségben

Az emberi hulladék helytelen feldolgozása és tárolása veszélyes betegségek jelentős forrása. Ezek a betegségek embereket, növényeket és állatokat is érinthetnek. A kezeletlen emberi hulladék veszélyt jelent minden élőlény egészségére a bolygón, és állatok pusztulásához vezethet. Az alacsony és közepes jövedelmű országokban az emberek közelében élő állatok gyakran olyan vírusokat hordoznak, amelyek megfertőzhetik az embereket, és a székletükön keresztül terjedhetnek. Az emberi hulladékkal való szabályozatlan és helytelen érintkezés jelentős kockázatot jelent az emberi egészségre (Bidira et al., 2024).

Felszíni víztestek szennyezése

A víz elengedhetetlen az élethez; azonban sok ember nem fér hozzá tiszta, biztonságos ivóvízhez, és víz által terjedő betegségek következtében hal meg. A nyílt székletürítés veszélyezteti a vízellátás biztonságát, mivel az emberi hulladék az esőzések során bekerülhet a víztestekbe. Ezek a víztestek az emberek és az állatok ivóvizének fő forrásai. Egy Etiópiában végzett kutatás szerint a nem ellenőrzött hulladékkezelési gyakorlatok, az elégtelen higiéniai szolgáltatások és a helytelen műtrágyakezelés mind hozzájárulnak a víztartó rétegek szennyezéséhez. Számos protozoa, baktérium, vírus és parazita található az emberi székletben és az egyik legnagyobb globális kihívás a vízi környezet számára a mikroorganizmusok által okozott vízszennyezés. A baktériumterhelés növekedését a víztestekben a széklet, a kórházak, az ipari tevékenységek és a szarvasmarha-farmok okozzák túlsúlyban. A koliform baktériumcsoportokat hagyományosan a közegészségügyi biztonsággal társítják, és régóta használják őket a víz mikrobiális szennyezésének indikátoraként. A székletszennyezés, amely elsősorban emberi hulladékból vagy melegvérű állatok ürülékéből származik, betegségek kórokozókat juttat a rekreációs vizekbe (Bidira et al., 2024).

Talajszennyezés

A "talajszennyezés" kifejezés olyan kémiai anyag vagy anyag jelenlétére utal a talajban, amely nem a megfelelő helyen van, a normálisnál magasabb koncentrációban van jelen, és negatív hatással van bármely nem célzott élőlényre. A talajszennyezés egy rejtett veszély, mivel gyakran nehéz mérni vagy kimutatni. Az emberi székletből származó mikrobákat nagy számban találták meg a talajban és a tárolt vízben, de nem a forrásvízben (Bidira et al., 2024).

Barna víz (széklet) kezelése

Gyűjtés, tárolás, szállítás és felhasználás

A higiéniai létesítményekhez való hozzáférés hiánya az egyik tényező lehet a környezetszennyezés és annak társadalmi hatásai mögött. Az emberi ürülék felhalmozódhat a lakóépületek körül, a környező csatornában és a hulladéklerakókban nem higiénikus körülmények között, ezáltal szennyezve a környezetet. A székletszenny kezelése magában foglalja a székletszenny biztonságos felhasználását vagy ártalmatlanítását, miután azt tárolták, begyűjtötték, szállították és kezelték. Ezt nevezzük értékláncnak, vagy szolgáltatási láncnak.

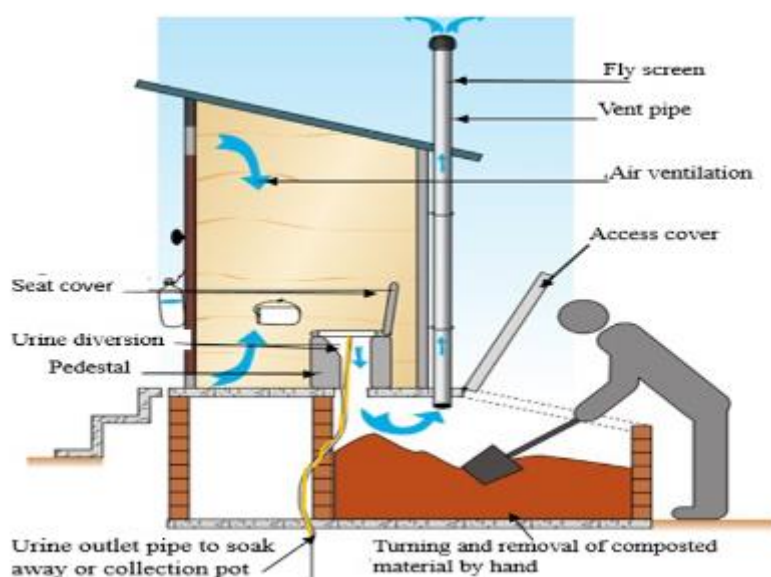
A legjobb gyakorlatok a széklet tárolására, gyűjtésére és szállítására különböző szolgáltatók számára elérhetők, legyen szó akár egyetlen kocsival rendelkező kisvállalkozásokról, vagy több szállítójárművet működtető nagyvállalatokról a sűrűn lakott városi területeken. A széklet kezelésére használt eljárás típusától függően többféle terméket lehet előállítani a kinyert anyagokból. A széklet újrahasznosítása növeli a kezelés értékét, és jövedelemtermelési lehetőséget is kínálhat azáltal, hogy hasznosítja a hulladéknak nevezett székletben rejlő erőforrásokat. Az újrahasznosítható anyagok regenerálása kulcsfontosságú annak biztosításához, hogy a hulladék távol maradjon az emberektől és a környezettől, így az újrahasznosított belső erőforrások, például a tápanyagok, az elektromosság és a víz, mind-mind értékkel bírnak és pénzügyi haszonnal járhatnak (Sun és Han, 2021).

Komposztáló WC

A komposztáló WC egy olyan száraz WC, amely az emberi hulladék kezelésére a komposztálás biológiai folyamatát használja. A komposztáló WC a fizikai, biológiai és kémiai folyamatok kombinációjával működik. Míg a fő hangsúly az organikus hulladék lebontásán van, a kémiai reakciók is jelentős szerepet játszanak a hulladék lebontásában és az anyagok átalakításában a komposztáló WC rendszerén belül. A komposztáló WC-ben előforduló fő kémiai reakció az aerob lebontás vagy aerob emésztés. Ez a folyamat az organikus anyagok oxigén jelenlétében történő lebontását jelenti. Amikor hulladék, például emberi ürülék kerül a komposztáló WC-be, az aerob baktériumok és más mikroorganizmusok elkezdik lebontani az organikus anyagot és a

mikroorganizmusoknak, amelyek főként baktériumok, oxigénre van szükségük az élethez és a hulladék lebontásához. A komposztálási folyamat révén keletkezett komposzt szerves trágyaként használható fel, és megkönnyíti a tápanyagkörforgást. Fontos megjegyezni, hogy a komposztáló WC-k adalékanyagokat is használhatnak a komposztálási folyamat elősegítésére. Ezek az adalékanyagok lehetnek például fűrészpor, tőzegmoha vagy kókuszshéj, amelyek segítenek fenntartani a megfelelő szén-nitrogén arányt, és további szerves anyagforrásokat biztosítanak a mikroorganizmusok számára. Összességében a komposztáló WC-ben zajló kémiai reakciók kulcsszerepet játszanak az organikus hulladék lebontásában és átalakításában használható komposzttá. Az oxigén, az organikus anyagok és a mikroorganizmusok megfelelő egyensúlya lehetővé teszi a hulladék hatékony lebontását és a tápanyagban gazdag komposzt előállítását kertészkedéshez vagy más célokra. Az emberi hulladék komposztszerű anyaggá alakul a folyamat során. A komposztáló WC-eket úgy népszerűsítik, mint vízmentes rendszereket az emberi végtermék kezelésére, valamint a legtöbb komposztáló WC-készítő célja, hogy az emberi ürülék lebomlását a környező talajoktól függetlenül tegye lehetővé, és hogy a végtermékeket biztonságosan lehessen helyben ártalmatlanítani, további kezelés nélkül (Bidira et al., 2024).

A következő ábra a komposztáló WC kulcsfontosságú elemeit mutatja, amelyek magukban foglalják a WC-csészét, a szellőzőrendszert, a komposztáló kamrát, az elválasztót, a komposzt lefolyórendszerét, valamint a szétválasztás, lebomlás, hőmérséklet- és nedvességszabályozás, valamint a komposzt érlelésének működési mechanizmusait.



3. ábra: Komposztáló WC működési elve (Bidira et al., 2024).

Az emberi széklet komposztálását befolyásoló tényezők

Az emberi széklet komposztálása olyan folyamat, amely magában foglalja az organikus anyagok lebontását egyszerűbb formákká a mikroorganizmusok aktivitásán keresztül. A komposztálás ideális hőmérséklete 40-60°C közötti, ami elősegíti a hasznos mikroorganizmusok növekedését és felgyorsítja az organikus anyag lebontását. A megfelelő nedvességtartalom elengedhetetlen a komposztáláshoz, és az optimális arány 25-30% között van. A komposztálási folyamat időt igényel, általában több hónapra vagy egy évre van szükség ahhoz, hogy teljesen megérjen. A komposzt rendszeres forgatása vagy levegőztetése néhány hetente segít az anyagok keverésében, a levegőztetés javításában és a lebontás felgyorsításában. A megfelelő komposztálás elengedhetetlen a kórokozók megsemmisítéséhez, amelyek az emberi székletben találhatók. Ez magában foglalja a komposzt kupac legalább 55°C-os hőmérsékleten történő fenntartását minimum három napig. Az idő fontos szerepet játszik a széklet komposztálásában, mivel a mikroorganizmusok tevékenysége során a komplex organikus vegyületek egyszerűbb formákká bomlanak le. Ez a lebontás elengedhetetlen a széklet tápanyagban gazdag komposztta való átalakulásához. Hosszabb idő elteltével a székletben lévő tápanyagok jobban hozzáférhetővé válnak a növények számára, ami az organikus anyag lebomlásához vezet nitrogénben, foszforban és káliumban gazdag vegyületekké (Bidira et al., 2024).

Barna víz (széklet) felhasználása

Mútrágya

Az emberi széklet trágyaként való felhasználása növelheti a mezőgazdasági termelékenységet. Az emberi ürülék kiváló szerves trágya. Nagyobb tápanyag-visszapótló képességgel rendelkezik, mint az állati ürülék. A talaj szerves és humusz komponensének javítása, a nedvesség megőrzése és a levegőztetés szabályozása, valamint a tápanyagok tárolásának és felszabadításának növelése mind hosszú távú előnyei az emberi végtermék felhasználásának. Azonban ajánlott, hogy ezt legalább egyszer kezeljék, mielőtt a mezőgazdaságban alkalmazzák (22). Az emberi ürülék szerves anyagot tartalmaz, amely javíthatja a tápanyagszegény talajok biológiai és fizikai tulajdonságait, például a vízmegtartó képességét. A széklet trágyaként történő felhasználásának mechanizmusai (eljárásai) a gyűjtés, kezelés, komposztálás, vermikomposztálás (gilisztás komposztálás) és érlelés. A helyes higiénia kulcsfontosságú az

emberi széklet, más néven "éjszakai föld" gyűjtése során, hogy megakadályozzák a szennyeződést és a veszélyes baktériumok terjedését. Az emberi hulladék megfelelő kezelése megszünteti a kórokozókat és szennyeződéseket. A komposztálás során a székletet szerves anyagokkal, például szalmával, levelekkel vagy faforgáccsal kell keverni, amelyeket adott hőmérsékleten és nedvességtartalommal kell kezelni és fenntartani. Az anaerob lebontás oxigénmentes környezetben bontja le a hulladékot, melléktermékként biogázt (CH_4 és CO_2) hozva létre. A fennmaradó iszapot további komposztálásra lehet használni vagy szerves trágyaként alkalmazni. A vermikomposztálás során földigiliszták bontják le a hulladékot, ami tápanyagban gazdag vermikomposztot eredményez, amely talajműtrágyaként használható. A kezelés után az emberi hulladék érési fázison megy keresztül a teljes kórokozó-eltávolítás érdekében. A trágyázási folyamat időtartama változó, de ajánlott több hónapig vagy egy évig tartani, hogy elpusztítsák a káros mikroorganizmusokat és biztosítsák a biztonságot. A széklet érlelése és tápanyagban gazdag trágyaként való felhasználása a mezőgazdaságban nagy sikerekhez vezethet. A következő ábra bemutatja, hogy az emberi széklet biztonságos felhasználása trágyaként csökkenti az egészségügyi kockázatokat, javítja a higiéniai feltételeket és elősegíti a megfelelő technológiák alkalmazását (Bidira et al., 2024).

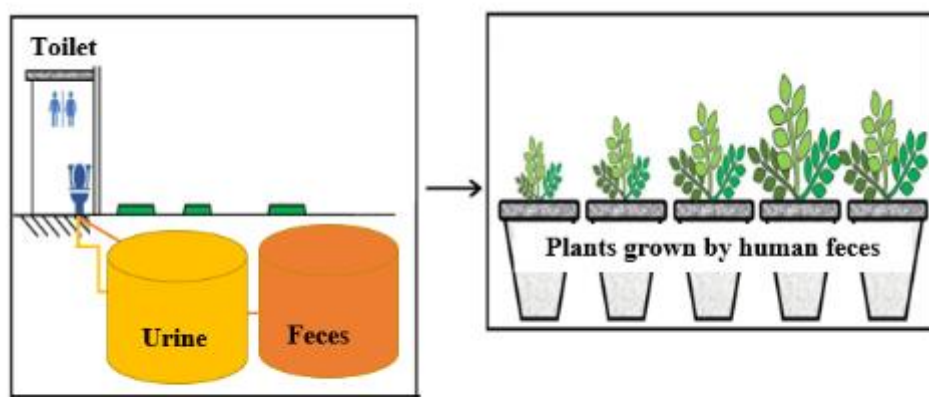


Figure 7. Uses of human feces as fertilizer (29,30)

4. ábra: Emberi ürülék felhasználása műtrágyaként (Bidira et al., 2024).

Biogáz termelése

A fosszilis tüzelőanyagok növekvő költségei és a környezetszennyezés veszélyei alternatív energiaforrások iránti igényt teremtettek. Különösen a HN_3 - amely az alacsony C:N arány miatt üvegházhatású gáz - keletkezését kell csökkenteni az emberi hulladékból biogáz előállítására irányuló tanulmányok révén. Az emberi hulladékból származó metángáz összegyűjthető és biogáz előállítására használható. Az Adjama et al. (2022) tanulmány szerint

a biogázt energia előállítására, víz melegítésére háztartási vagy kereskedelmi felhasználásra, valamint élelmiszerek főzésére lehet használni. Ezt egy olyan eljárással végzik, amely során metánt gyűjtenek egy zárt, oxigénmentes tartályban. A szerves anyag magas hőmérsékleten könnyebben lebomlik és amikor a biogáz oxigén jelenlétében elégetik, reakcióba lép, ezzel energiát felszabadítva. Az eljárás részletes bemutatása az alábbiakban található:

Az emberi székletből történő biogáz termelését olyan tényezők befolyásolják, mint a hőmérséklet, a pH, a visszatartási idő és a táplálék összetétele. Ez hozzájárul a hulladékgazdálkodáshoz azáltal, hogy csökkenti a székletszenny mennyiségét és megújuló energiaforrásokat hasznosít. A 8. ábra bemutatja a biogázkamra összetevőit és részeit. Megújuló energiaforrásként a biogáz számos előnnyel jár, például csökkenti az erdőirtást az energiatermeléshez, és minimalizálja a környezetszennyezést. A biogáz befogásával, amely egyébként a légkörbe kerülne, segíthetünk mérsékelni a környezeti hatásokat.

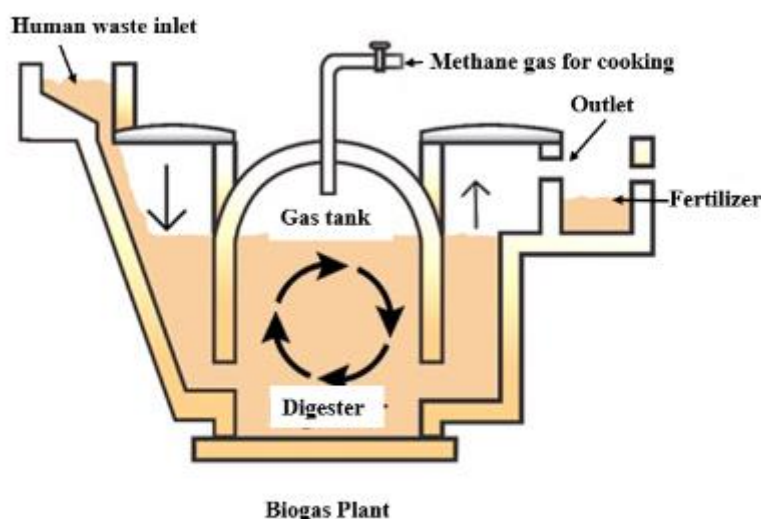


Figure 8. Biogas production from human waste (31,32)

5. ábra: Biogáz előállítása emberi hulladékból (Bidira et al., 2024).

Következtetés

Összefoglalva, a száraz WC-k bevezetése és a hatékony székletkezelés a fejlődő országokban számos előnnyel jár. Ezek közé tartozik a fenntartható higiéniai gyakorlatok előmozdítása, a vízfogyasztás csökkentése, valamint értékes komposzt előállítása a mezőgazdaságban, a környezetvédelemben és az energiatermelésben történő felhasználásra. Végül ezek az intézkedések javítják a higiéniai feltételeket, fokozzák az élelmiszerbiztonságot és ösztönzik a gazdasági fejlődést. Mindazonáltal elengedhetetlen a meglévő kihívások kezelése. Ezeknek a

problémáknak a megoldása átfogó megközelítést igényel, amely magában foglalja az oktatási és tudatosságnövelő kampányokat, a higiéniai infrastruktúrába és technológiákba történő beruházásokat, a fejlettebb hulladékkezelési technikákat és a közösségi részvételt.

Az emberi ürülék kezelése nem csupán technológiai, hanem mélyen pszichológiai kérdés is. Az undor, mint alapvető emberi érzélem, jelentős hatással van arra, hogy miként viszonyulunk az alternatív megoldásokhoz, és hogyan alakul a hajlandóságunk a cselekvésre. A következő fejezetek ennek a komplex érzelmi és viselkedési dinamikának a mélyére ásnak, feltárva az undor szerepét és annak hatását a fenntartható gyakorlatok elfogadására.

Undor

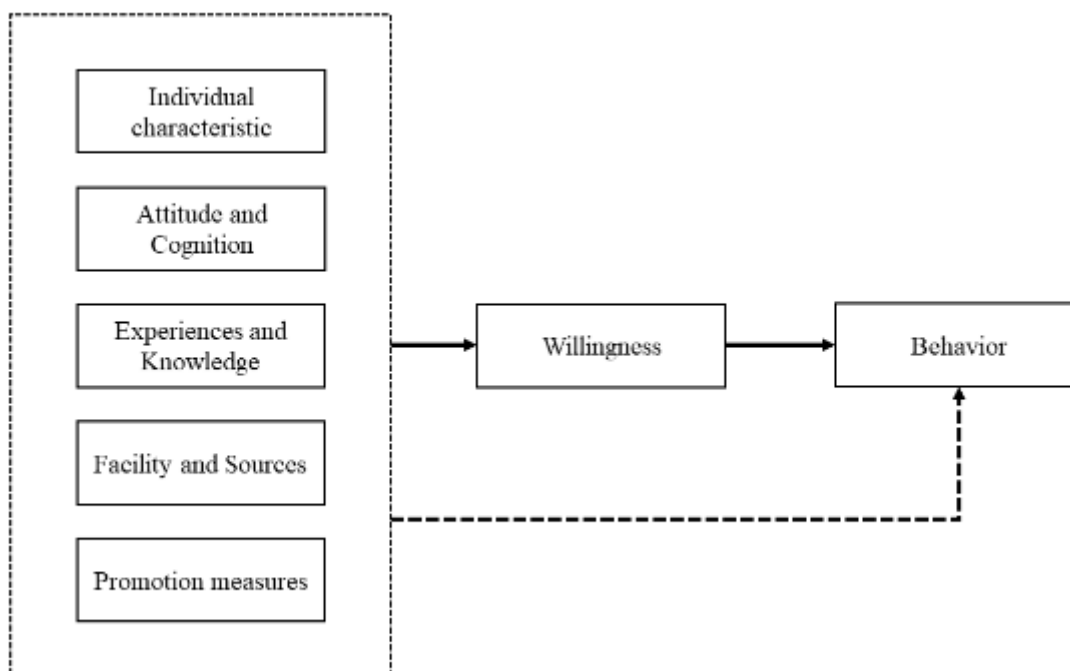
A széklet minden kultúrában az undor egyik fő kiváltó tényezője. Az undor érzését elsősorban az érzékek váltják ki. A széklet bűzlik, és ezzel hat a szaglásra. Ahogy elhagyja a beleket, a széklet jellegzetes zajokat is kelt, amelyek undort, de akár más érzelmeket is kiválthatnak. Azonban már Darwin óta az undort elsősorban az ízleléshez kapcsolják. Az undor arra készíteti az egyént, hogy elkerülje az emberi és állati salakanyagok (széklet, hányás, menstruációs vér, verejték stb.) lenyelését. Az undort az érzelmeiként úgy értelmezik, hogy az mindenevő Homo sapiens által szerzett reakció a betegségek elleni védelem érdekében. Továbbá, más viselkedések is szerepet játszanak; például az undor azt feltételezi, hogy még rövid érintkezés is tartós szennyeződést okoz (Frazer fertőzés törvénye), és hogy egy tárgy, amely hasonlít egy fertőzés forrására, gyakran fertőzőnek tekinthető (Frazer hasonlóság törvénye) (T.J. Cepon-Robins et al., 2021). Ez a mélyen gyökerező undor és a vele összefüggő viselkedési minták jelentik a legnagyobb kihívást a komposztáló WC-k és más hasonló fenntarthatósági megoldások széleskörű elfogadása és alkalmazása előtt. Bár ezek az eszközök jelentős környezeti és gazdasági előnyöket kínálnak, az undor által keltett pszichológiai akadályok megnehezítik a társadalmi szinten történő implementációt.

A széklet és az undor közötti szoros kapcsolat mélyen gyökerezik az emberi evolúcióban és a társadalmi normákban. Az undor érzelme, amelyet elsősorban az érzékszervekre ható ingerek váltanak ki, alapvetően a kórokozók elkerülésére és a betegségekkel szembeni védekezésre szolgál. Az emberi társadalmakban ez az érzélem kultúránként különböző tabu jelenségeket eredményezett, ahol a széklethez kapcsolódó dolgokat gyakran szégyen övezi, és ezekről nehezen beszélnek az emberek nyíltan.

Ez a társadalmi és evolúciós háttér magyarázza, hogy a széklet miért válik tabutémává, és miért okoz ellenállást, amikor új, alternatív vécéhasználati módokat kellene elfogadni. Az emberekben mélyen gyökerezik az a félelem, hogy a széklet fertőző, és érintése vagy annak közelsége szennyezést okoz. Ennek következtében a közösségek gyakran tartanak minden olyan változástól, amely eltér a jól ismert, modern vécék nyújtotta higiéniai normáktól.

A széklet tabu jellege tehát befolyásolhatja az emberek hajlandóságát az alternatív vécék használatára, mivel ezek az újítások gyakran olyan helyzeteket teremthetnek, amelyek az undor érzését erősítik. Ahhoz, hogy sikeres legyen az alternatív vécék bevezetése, elengedhetetlen az emberek kulturális érzékenységének figyelembevétele és a széklethez kapcsolódó tabuk fokozatos lebontása. Mindez megfelelő tájékoztatással, a higiéniai előnyök hangsúlyozásával és a kulturális normák figyelembevételével érhető el (McGinn, 2011).

Hajlandóság kontra cselekvés



6. ábra: Egyéni jellemzők hatása a viselkedésre (Yizhe et al. 2022)

A következő kutatás egy kérdőíves felmérésen alapul, amelyet 2021 júniusa és augusztusa között végeztek Peking városában. A kutatás célja az volt, hogy felmérje a lakosság hajlandóságát és viselkedését a háztartási vécéöblítéshez használt újrahasznosított vízzel

kapcsolatban. A kérdőív tartalmazta az emberek véleményét és attitűdjeit az újrahasznosított víz használatáról, illetve azokat a tényezőket, amelyek befolyásolják a hajlandóságukat és viselkedésüket.

A tanulmány a vizsgálat helyszínéül azért választotta Pekinget, mert a város jelentős vízhiánnyal küzd, és a természetes vízforrások nem elegendők a lakosság vízellátásához. Emiatt az újrahasznosított víz használata kiemelten fontos a városban, amely már 2003 óta nagy léptékben alkalmazza ezt a megoldást. Peking újrahasznosított vízfogyasztása eléri az éves vízellátás közel 30%-át, és a város más kínai városok számára is példát mutathat ezen a téren és hosszútávon akár más európai országoknak is.

A kutatás során végül 1195 érvényes adatot dolgoztak fel. A minta demográfiai jellemzői – mint a nem, életkor, iskolázottság és jövedelem – nagyjából megfeleltek Peking lakosságának általános összetételének, és ezzel biztosították a válaszadók társadalmi sokféleségét. Ez a kutatás alapvetően Peking példáját mutatja be az újrahasznosított víz háztartási felhasználásának terén, és különösen releváns lehet számomra, mivel átfogó képet nyújt a vízhiány kezelésének egyik hatékony módszeréről.

A felmérési adatok szerint az 1195 résztvevő 92,0%-a azt mondta, hogy hajlandó lenne újrahasznosított vizet használni a WC-öblítéshez, de a gyakorlatban csak 35,2% használta valójában. Az újrahasznosított víz használatára való magas hajlandósághoz képest a tényleges használat aránya viszonylag alacsony, és van egy szakadék a hajlandóság és a gyakorlatban való cselekvés között. A gyakorlatban a nők nagyobb valószínűséggel használnak újrahasznosított vizet a WC-öblítéshez, és hajlandóbbak is erre, mint a férfiak, de a különbség nem szignifikánsan meghatározó. A férfiak 33,1%-a használta ténylegesen az újrahasznosított vizet WC-öblítésre, míg a nők esetében ez az arány 36,9%.

Az életkor nem befolyásolja jelentősen az újrahasznosított víz használatára való hajlandóságot, de a viselkedésre gyakorolt hatás szignifikáns. Minél idősebbek az emberek, annál kevésbé valószínű, hogy újrahasznosított vizet használnak WC-öblítésre. Minél idősebbek az emberek, annál nagyobb a hajlandóság és a viselkedés közötti különbség, talán azért, mert nem tudják, hogyan kell felszerelni az újrahasznosított vízzel öblítő berendezést, vagy mert nem kényelmes az életkorukból adódó korlátok miatt megváltoztatni ténylegesen a szokásaikat.

Az iskolai végzettség nem befolyásolja jelentősen a hajlandóságot vagy a viselkedést, de mindkét esetben azonos irányba mozdulnak. Az eredmények azt mutatták, hogy minél magasabb az iskolai végzettség, annál nagyobb a hajlandóság és a tényleges cselekvés. A havi

egy főre jutó jövedelem hatása a használati hajlandóságra és viselkedésre nem szignifikáns. A statisztikák szerint a magasabb jövedelemmel rendelkezők nagyobb hajlandóságot mutatnak, mint az alacsonyabb jövedelműek, azonban a közepes jövedelemmel rendelkezők mutatják a legnagyobb tényleges használati arányt, szemben a magas vagy alacsony jövedelműekkel.

Az újrahasznosított vízzel öblítő berendezések otthoni telepítésének kényelme jelentős hatással van mind a hajlandóságra, mind a tényleges használatra. Azoknak a résztvevőknek, akik úgy vélték, hogy a telepítés kényelmes és nem okoz gondot, a hajlandósága 3,81-szerese volt azokénak, akik szerint nem volt komfortos a beszerelés. A résztvevők, akik kényelmesnek találták a berendezések telepítését, 15,71-szer nagyobb valószínűséggel használták az újrahasznosított vizet, mint azok, akik nem így gondolták. Minél kényelmesebb a telepítés, annál erősebb a hajlandóság és a tényleges használat. Ezt a kutatást nagyon hasznosnak tartom, mivel az újrahasznosító WC-k bevezetése is hasonló attitűdöt mutathat véleményem szerint. (Yizhe et al. 2022)

A társadalmi hajlandóság és a cselekvés közötti szakadék áthidalása kulcsfontosságú a fenntartható megoldások sikeres bevezetéséhez, különösen a vízmentes szanitációs rendszerek esetében. Az alternatív szanitációs technológiák, például a komposztáló WC-k alkalmazásának egyik legfontosabb előnye, hogy csökkenti a hagyományos műtrágyák iránti igényt. A kutatásom során külön figyelmet szenteltem a magyarországi helyzet feltérképezésére, hiszen a hazai társadalmi, gazdasági és kulturális sajátosságok nagyban befolyásolják az ilyen rendszerek elfogadhatóságát és alkalmazhatóságát.

Az adatgyűjtés során végzett magyar kutatás lehetővé tette számomra, hogy konkrét helyi tapasztalatok alapján elemezzem a komposztáló WC-k elfogadását és hatásait. Ezzel párhuzamosan a nemzetközi példák, különösen a kínai megoldások részletes vizsgálata során összehasonlítottam a két ország helyzetét. A nemzetközi és a magyar példa között számos különbség és hasonlóság rajzolódott ki, amelyek rávilágítanak a kulturális és gazdasági tényezők jelentőségére a fenntarthatósági megoldások bevezetésében. A következő fejezetben a műtrágyák környezeti és gazdasági hatásainak vizsgálata szorosan kapcsolódik ehhez a kérdéskörhöz, hiszen azok közvetlen hatással vannak a mezőgazdasági rendszerek fenntarthatóságára, és ezekre a magyar és nemzetközi példák tapasztalatai alapján is reflektálok.

Miután feltártuk az érzelmek és viselkedés közötti összefüggéseket, a következő fejezet új perspektívát kínál: hogyan alakítható át az emberi végtermék értékes erőforrássá? A műtrágyák

elemzése rávilágít arra, miként járulhat hozzá a hulladék átalakítása a mezőgazdaság fenntarthatóságához és a természeti körforgás helyreállításához.

Műtrágyák

A műtrágyák fontossága

A műtrágyák célja, hogy javítsák a talaj tápanyagszintjét és minőségét, így pótolva azokat a tápanyagokat, amelyek hiányoznak belőle. A növényeknek nitrogénre, foszforra és káliumra van szükségük a normál sejtműködés fenntartásához. Ahogy a forrás leírja, a nitrogénhiány gyenge növekedést eredményez, míg a túlzott mennyiség késlelteti az érést és csökkenti a termés minőségét. A műtrágyák a növények számára szükséges anyagokat tartalmazzák, és javítják a talaj fizikai, biológiai és kémiai tulajdonságait. A fizikai tulajdonságok közé tartozik a talaj porhanyóssága, porozitása és vízfelvevő képessége. A biológiai tulajdonságok a talajban élő mikroorganizmusokra vonatkoznak, míg a kémiai tulajdonságok a talaj pH-értékére és a növények számára elérhető tápanyagokra. Korábban kimutatták, hogy mind a szerves, mind a szervetlen műtrágya növeli a terméshozamot és fenntartja a talaj termékenységét (Sharma és Chetani, 2017). Számos szerves anyag, például szarvasmarha-trágya, baromfitrágya és istállótrágya használata elősegíti a termelés növelését. A műtrágyák pótolják a terméssel megfogyatkozó tápanyagokat, és hozzájárulnak a terméshozam növeléséhez (Asadu és Unagwu, 2012).

Szerves műtrágyák

A szerves műtrágyák biológiai eredetűek, azaz élő anyagokból származnak, és hosszabb idő alatt szabadítják fel a tápanyagokat a talajban. Ezzel szemben a szervetlen (vagy mű) trágyák mesterségesen előállítottak vagy nem élő anyagokból származnak, azonban a növények gyorsabban fel tudják venni és beépíteni a benne rejlő anyagokat. A szerves műtrágyák több formában léteznek:

- Állati trágyák (pl. szarvasmarha, csirke, kecske),
- Zöldtrágya (fiatal növények, főként hüvelyesek),
- Komposzt (szerves mezőgazdasági hulladékból, pl. szalma, kukoricaszár).

A szerves műtrágyák előnyei

A szerves gazdálkodás az egyik leggyorsabban növekvő ágazat világszerte, fő célja a talaj, a növények, az állatok és az emberek közötti egyensúly megteremtése. A szerves műtrágyák támogatják a növények növekedési folyamatait és lecsökkentik a kártevők számát. Emellett növelik a talajban élő mikroorganizmusok aktivitását, a kation- és anioncserélő képességet, valamint a talaj szervesanyag- és szénttartalmát. Bár a szerves műtrágyák hasonlóan növelik a termés mennyiségét, mint a műtrágyák, nem okoznak környezeti szennyezést. Fő előnyeik közé tartozik a talajszerkezet javítása, vízmegtartás és az erózióval szembeni ellenálló képesség növelése. A szerves trágyák biztonságos nitrogént biztosítanak, amely nem égeti meg a növények gyökereit és nem károsítja a talajban lévő hasznos mikroorganizmusokat. Ezenkívül csökkentik a betegségek előfordulását és kialakulását, mivel segítik a növényeket tápanyagszükségletük kielégítésében és növelik azok ellenálló képességét (Sharma és Chetani, 2017).

A szerves műtrágyák hátrányai

A szerves műtrágyák javítják a talaj szerkezetét, kémiai összetételét és biológiai aktivitását, de lassan bomlanak le, és a tápanyag-felszabadulás gyakran nem igazodik a növény igényeihez. A bomlás sebessége hőmérséklet- és nedvességfüggő, így előfordulhat, hogy a tápanyagok akkor szabadulnak fel, amikor a növények nem igénylik azokat. Mivel alacsony a tápanyagtartalmuk, és korlátozott mennyiségben állnak rendelkezésre, nehéz teljes mértékben fedezni a növények tápanyagigényét kizárólag szerves műtrágyákkal. Ez kezdeti tápanyaghiányhoz vezethet, mivel a tápanyagok mineralizáció előtt immobilizálódnak. Nagy mennyiségre van szükség belőlük, ami a kisgazdaságok számára nehezen elérhető lehet (Sharma és Chetani, 2017).

Szervetlen műtrágyák

A szervetlen műtrágyák előnyei

A szervetlen műtrágyáknak számos előnye van, ami alkalmassá teszi őket a mezőgazdasági termelékenység növelésére. A főbb előnyök a következők:

- Nem szükséges közvetlen lebomlás, mivel a szervetlen műtrágyák magas tápanyagtartalmúak, és ezek a tápanyagok gyorsan felszabadulnak.

- A szerves műtrágyák gyorsabban növelik a növények növekedési ütemét és termőképességét.
- Számos bizonyíték igazolja, hogy a szerves műtrágyák jelentősen növelhetik a termés hozamot (Ojeniyi, 2002). Cooke (1982) szerint a műtrágyák növelik a talaj termékenységét, így a termés hozamot már nem korlátozzák a növényi tápanyagok hiányos mennyiségei.

A szerves műtrágyák hátrányai

Annak ellenére, hogy számos előnnyel bírnak, a szerves műtrágyáknak súlyos hátrányai is vannak, amelyek csökkentik vonzerejüket. A főbb hátrányok a következők:

- **Rákkeltő hatás:** A legtöbb növényvédő szer olyan összetevőket tartalmaz, amelyek rákkeltőek. A szerves műtrágyák garantáltan biztonságosak a környezetre és az emberi szervezetre, mentesek a növényvédő szerektől.
- **Vízszennyezés:** A szerves műtrágyák sokat halmoznak fel, amelyek fokozott vízfelvételt igényelnek a talajból, ami a növényeket fonnyadtnak vagy száradtnak láttathatja. Ha röviddel a műtrágyázás után esik az eső, a műtrágyák lemosódhatnak, és szennyezhetik a patakokat, tavakat és más víztesteket. Az is előfordulhat, hogy a gyökérzónából kimosódva bejutnak a növényekbe, így bekerülnek az élelmiszerláncba, és kárt okozhatnak (Sharma és Chetani, 2017).
- **Tápanyag-egyensúlyhiány:** A szerves műtrágyák mértéktelen használata tápanyag-egyensúlyhiányt okozhat, amely korlátozza más fontos tápanyagok felvételét, talajsavasodáshoz vezethet, ami alacsonyabb termés hozamot eredményezhet. Ojeniyi, 2002) szerint a folyamatos szerves műtrágyázás problémákat okoz, mivel a gazdák gyakran talajvizsgálat nélkül alkalmazzák a műtrágyákat. Ha csak a szokásos műtrágyát használják, hiány alakulhat ki a másodlagos és mikrotápanyagok tekintetében a talajban és a növényekben. A szerves műtrágyákra való teljes támaszkodás csökkenti a talaj szervesanyag-tartalmát, növeli a talaj savasságát, károsítja a talaj szerkezetét és fizikai tulajdonságait, valamint fokozza az eróziót.
- **Fosszilis tüzelőanyagoktól való függés:** A mezőgazdasági vegyszerek szennyezik a felszíni és felszín alatti vizeket, mérgezik a halakat és a vadon élő állatokat, valamint nagyban növelik a mezőgazdasági függőséget a fosszilis tüzelőanyagoktól. Szükség van

alternatív módszerek kidolgozására, amelyek csökkenthetik a vegyszerek használatát (Sharma és Chetani, 2017).

Akkor most nézzük meg, hogy az emberi szerves trágya hogyan alkalmazható a mezőgazdaságban, és milyen előnyei lehetnek a hagyományos műtrágyákkal szemben. Ebben a fejezetben részletesen áttekintem, hogy a komposztált emberi végtermékek hogyan járulhatnak hozzá a talaj termékenységének fenntartásához, a szintetikus műtrágyák iránti kereslet csökkentéséhez, valamint a fenntartható mezőgazdasági rendszerek kiépítéséhez. Vizsgálom a szerves anyagok tápanyag-visszapótló képességét, a talajminőség javítására gyakorolt hatásukat, és azok környezeti előnyeit, például a hulladék csökkentését és a szénkörforgás támogatását. A fejezet célja, hogy bemutassa, hogyan válhat az emberi szerves trágya a körkörös gazdaság egyik kulcselemévé a mezőgazdaságban (Sharma és Chetani, 2017).

Miután megvizsgáltam a műtrágyák általános szerepét, itt az ideje mélyebben megvizsgálni egy különleges kérdést, azaz az emberi szerves trágya mezőgazdasági alkalmazhatóságát. Vajon valóban valós hatással bír, vagy csupán egy idealisztikus elképzelés? A következő fejezet ezen izgalmas dilemmát járja körül, tudományos és gyakorlati szempontok alapján.

Emberi szerves trágya a mezőgazdaságban – Valós hatás, vagy ábránd?

A vízöblítéses toalett alapú vízinfrastruktúra, amely a feketevizet és a szürkevizet együttesen kezeli, számos környezeti problémát okoz. Ezek közül az emberi ürülék (széklet és vizelet) értékes szerves anyagainak és tápanyagtartalmának elvesztése még nem kap elegendő hangsúlyt a mai világban. Az emberi ürülék mezőgazdasági hasznosítása a szürkevíz és az emberi ürülék külön gyűjtésén alapul. Mivel a vizelet tartalmazza az emberi ürülék tápanyagainak nagy részét, a kutatások főként a vizelet kezelésére és mezőgazdasági felhasználására koncentrálnak. Ebben a részben áttekintem az irodalomban található adatokat az emberi ürülék tápanyagtartalmáról. Bemutatom az emberi vizelet makro- és mikroelemeinek tartalmát, hogy rávilágítsak annak potenciális értékére, mint szerves trágya. Annak megerősítése érdekében, hogy miért szükséges a vizeletet mezőgazdaságban hasznosítani a hagyományos szennyvízkezelési módszerekkel történő kezelés helyett, összegyűjtöttem és összehasonlítottam a hagyományos szennyvízkezelés, a szürkevíz és az ürülék külön

kezelésének, valamint az emberi vizelet mezőgazdasági felhasználásának legfontosabb előnyeit és hátrányait J. Nagy és A. Zseni kutatását alapul véve.

J. Nagy és A. Zseni (2017) meglátásai szerint ésszerűbb lenne az emberi ürüléket mezőgazdasági célokra felhasználni, nem csupán a nem megfelelő szennyvízkezelés édesvizekre gyakorolt káros hatásai miatt, hanem azért is, mert a műtrágyák alapanyagai a jövőben kimerülnek. Az emberi ürülék mezőgazdasági felhasználása nem új ötlet, inkább a mindennapi élet része volt – és egyes helyeken még ma is az. A hasznosítás módja alapvetően két típusú lehet: a székletet és a vizeletet együtt gyűjtik és használják fel, vagy külön kezelik őket. A megfelelő használat feltétele, hogy az összegyűjtött ürüléket elválasszák a vízellátó hálózattól. Számos megoldás létezik, amely ezt a célt szolgálja, például a hagyományos latrinák, modern szárazvécék vagy elválasztó vécék (Nagy és Zseni, 2017).

Table 1. Calculated average macro element content of urine (g person⁻¹ year⁻¹)

Urine	Based on Tanguay (1990)	Based on Jönsson et al. (2005)	Based on Vinnerås et al. (2006)	Based on Malkki (1995)
C	2,008–4,344	no data	no data	no data
N	2,738–4,855	4,015	3,687–3,833	5,600
P	201–559	329	248–339	400
K	453–953	876	821–1,190	1,000
S	no data	256	no data	no data
Ca	588–1,095	no data	no data	no data

7. ábra: A vizelet makroelem-tartalmának becsült átlagértékei (Nagy és Zseni, 2017).

Mivel nincs mérhető és publikált magyar adat a magyar emberek ürülékének pontos tápanyagtartalmáról, a számításait Tanguay (1990) alapján végezték. Meglátásuk szerint a szélső értékek jobban tükrözik az emberek különböző étkezési szokásait. A maximális értékek egy nagy mennyiségű húst fogyasztó emberre jellemzőek, míg a minimális értékek a keveset evő, vegetáriánus emberek ürülékének tápanyagtartalmát mutatják. Magyarország lakossága közel 10 millió fő. Ez azt jelenti, hogy a magyar emberek vizelete évente hozzávetőlegesen 20–43 ezer tonna szenet (C), 27–49 ezer tonna nitrogént (N), 2–5,6 ezer tonna foszfort (P), 4,5–9,5 ezer tonna káliumot (K) és 6–10 ezer tonna kalciumot (Ca) tartalmaz. Összehasonlításképpen, Magyarországon az évente eladott műtrágyák hatóanyag-tartalma: 358 ezer tonna nitrogén, 81 ezer tonna foszfor és 80 ezer tonna kálium (Központi Statisztikai Hivatal, 2016).

Ezen adatok alapján az emberi vizeletből származó tápanyagok a jelenlegi műtrágya-felhasználásnak a nitrogén esetében 7,5–13,7%-át, a foszfor esetében 2,5–6,9%-át, míg a

kálium esetében 5,6–11,9%-át fedezhetnék. Bár ezek az arányok nem elegendőek a teljes műtrágya-felhasználás kiváltására, jelentős mértékben hozzájárulhatnak a szintetikus műtrágyák iránti igény csökkentéséhez (Nagy és Zseni, 2017).

Az emberi vizelet mezőgazdasági felhasználása számos előnnyel járhat. Például a környezetvédelem tekintetében csökkenti a szennyvízkezelés terhelését és a víztestek tápanyagterhelését, ezáltal mérsékelve az eutrofizáció kockázatát. Fenntarthatóság kérdéskörében a tápanyagok körforgásának biztosításával hozzájárul a körkörös gazdaság megvalósításához. Gazdasági előnyökei között említhető, hogy csökkentheti a műtrágya-import függőségét és a mezőgazdasági termelés költségeit.

A vizelet mezőgazdasági alkalmazása előtt azonban szükséges a megfelelő kezelési és higiéniai eljárások kidolgozása, valamint a társadalmi elfogadottság növelése. További kutatások és pilot projektek segíthetnek a technológia hatékonyságának és biztonságának igazolásában (Agroforum.hu, 2023)

Szennyvízkezelési módszerek és fenntarthatóság: Új lehetőségek az emberi ürülék hasznosítására

A hagyományos szennyvízkezelési rendszerek előnyei között szerepel, hogy jól ismert és széles körben alkalmazott technológiák, amelyekre már kialakult infrastruktúra és szakértelem áll rendelkezésre. Ugyanakkor ezek a rendszerek jelentős környezeti terhelést okoznak, például magas energiaigénnyel, CO₂-kibocsátással és édesvíz-szennyezéssel járnak. Az emberi ürülék értékes tápanyag- és szervesanyag-tartalma elvész, hozzájárulva a természeti ciklusok felborulásához. Ezzel szemben a szürkevíz és az emberi ürülék külön kezelése csökkentheti a talaj- és vízszennyezést, minimalizálhatja az energiaigényt, valamint lehetővé teheti az ürülék tápanyagainak visszajuttatását a természetes körforgásba. Az alternatív módszerek, például a komposztálás, nemcsak környezeti előnyökkel járnak, hanem hozzájárulnak a műtrágyahasználat csökkentéséhez is. A kutatás kiemeli, hogy az emberi ürülék mezőgazdasági felhasználása fenntarthatóbb megoldásokat kínálhat, különösen a talajdegradáció és a műtrágyák előállításának környezeti terhelése fényében. A jövőben az emberi ürülék hasznosítása kulcsszerepet játszhat a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok kialakításában (Nagy és Zseni, 2017).

Összegzés

Összegezve, a vízöblítéses toalett alapú vízinfrastruktúra üzemeltetése és karbantartása jelentős környezeti terhelést jelent. Ugyanakkor a káros környezeti hatások mérséklése még mindig elsősorban a vízszennyezésre koncentrál. A szennyvízkezelés során az emberi ürülék értékes szerves összetevői vízterhelő szerves N- és P-vegyületekké alakulnak. A végponti – szennyvízkezelési – technológiák fejlesztését tökéletes megoldásnak tekintik ennek a problémának a megoldására. Azonban ez a terhelés nem a vízöblítéses toalett legkárosabb környezeti hatása. A legnagyobb környezeti kár az, hogy az emberi ürülék rendkívül értékes szervesanyag- és tápanyagtartalma kikerül a bioszféra körforgásából.

Az emberi ürülék mezőgazdasági felhasználását mindenképpen szélesebb körben kell alkalmazni a jövőben, tekintettel a Földön évente bekövetkező talajvesztésre és a talaj termékenységének csökkenésére, valamint a műtrágya előállításának és felhasználásának költségeire, anyag- és energiaigényére. Ebben a tanulmányban a rendelkezésemre álló források alapján bemutattam az emberi vizeletet, mint lehetséges és használható természetes műtrágyát a mezőgazdaságban.

Összefoglalva, elmondhatjuk, hogy meg kell változtatnunk a hagyományos szennyvízgyűjtési és -kezelési módszereinket, fel kell hívnunk a figyelmet a problémákra és megoldásokra, és minél több emberhez el kell juttatnunk ezeket az információkat. A legfőbb cél az kell legyen, hogy hatást gyakoroljunk az emberek gondolkodására, hogy felismerjék, mennyire fontos változtatásokat végrehajtani saját életünkben annak érdekében, hogy élhetőbb környezetet teremtsünk, és egy fenntartható világot építsünk.

Az emberi ürülék mezőgazdasági felhasználása: Lehetőségek és előnyök

Az emberi ürülék mezőgazdasági alkalmazása jelentős potenciállal bír a talaj termékenységének javítása és a fenntartható mezőgazdaság támogatása terén. A szerves trágya előállítása során az emberi végtermékek tápanyag- és szervesanyag-tartalmát hasznosítjuk, amelyek különösen értékesek a tápanyagszegény talajok számára. A komposztálás lehetőséget nyújt arra, hogy az ürülék szerves anyaga humuszként térjen vissza a természetes körforgásba, ezzel csökkentve a szintetikus műtrágyák iránti igényt és azok káros környezeti hatásait. Ez a gyakorlat nemcsak a talajminőséget javítja, hanem csökkenti a hulladékgazdálkodás terheit is.

Az emberi ürülékben rejlő tápanyagok újrahasznosítása fenntartható megoldást kínál a műtrágya-ellátás és tápanyag-gazdálkodás jövőbeli kihívásaira. A száraz helyszíni szennyvízkezelő rendszerek, mint például a komposztálás, gilisztakomposztálás vagy tejsavas fermentáció, lehetővé teszik a hulladék alacsony technológiájú, de hatékony újrahasznosítását, magas tápanyag-koncentrációval és alacsony szennyezettséggel. Egy kutatás során kilenc különböző módosítást készítettek száraz toalettből származó ürülékből 7°C, 20°C és 38°C-on komposztálással vagy fermentációval, amelyeket gilisztakomposztálással egészítettek ki. A talajinkubációs és árpás cserépkísérletek kimutatták, hogy a nitrogén hozzáférhetősége és a termés hozam a kezelés hőmérsékletétől függ. A 38°C-on komposztált termékek mutatták a legnagyobb ásványi nitrogénszintet és árpahozamot, ami 30–60 kg/ha ásványi műtrágyának felel meg. Az emberi ürülék újrahasznosítása így nemcsak a mezőgazdaság és a szennyvízkezelés összekapcsolására alkalmas, hanem fontos lépést jelenthet a fenntartható tápanyag-körforgás megvalósításában is (Kelova, Eich-Greatorex és Krogstad, 2021).

A valós hatás mérlegelése

A fenntartható mezőgazdaságban az emberi szerves trágya alkalmazása azonban számos kihívással járhat. Bár a tápanyagok visszaforgatása elméletileg ígéretes, a gyakorlatban a technológiai, egészségügyi és társadalmi elfogadottsággal kapcsolatos kérdések akadályozhatják a széleskörű megvalósítást. A komposztálási folyamat időigényes, és magas szintű odafigyelést igényel, különösen a patogének eltávolítása és az eredmény biztonságossá tétele érdekében. Ugyanakkor a sikeres nemzetközi példák, például Svédország és Németország gyakorlatai azt mutatják, hogy a technológia helyes alkalmazásával jelentős előnyök érhetők el a mezőgazdaság és a környezetvédelem terén.

Összegzés: Álom vagy megvalósítható cél?

Az emberi ürülék mezőgazdasági felhasználása nem pusztán ábránd, hanem konkrét, megvalósítható lehetőség, amely megfelelő társadalmi, gazdasági és technológiai feltételek mellett jelentős előnyökkel járhat. Bár a technológia elterjedéséhez szükség van a társadalmi attitűdök megváltoztatására és széles körű oktatásra, az előzetes kutatások és a nemzetközi példák igazolják, hogy az alternatív szanitációs megoldások sikeresen hozzájárulhatnak a környezeti fenntarthatósághoz. A kihívások ellenére az emberi szerves trágya szerepe egyre hangsúlyosabbá válhat a jövő mezőgazdaságában, különösen a talajdegradáció és a növekvő műtrágyaárak fényében (Kelova, Eich-Greatorex és Krogstad, 2021).

Az emberi szerves trágya lehetőségeinek áttekintése után elérkezünk a konkrét példákhoz, amelyek megmutatják, hogyan válhatnak ezek az elméletek a gyakorlatban is működőképes megoldásokká. A dolgozat eddigi szakaszai a kutatás hipotézisének bizonyítására fókuszáltak, miszerint a vízmentes komposztáló WC-k jelentősen csökkenthetik a vízfelhasználást, miközben fenntartható módon állítható elő mezőgazdaságban is felhasználható trágya az emberi végtermékből. A kutatás ennek érdekében először áttekintette a jelenlegi szanitációs rendszerek fenntarthatósági kihívásait, különös tekintettel a hagyományos vízöblítéses WC-k környezeti terhelésére és édesvíz-felhasználására.

A dolgozat eddigiekben bemutatta az alternatív megoldások elméleti alapjait, beleértve a komposztálási folyamat részleteit, a technológia működését és annak mezőgazdasági alkalmazhatóságát. Kitért az emberi ürülék szerves trágyaként történő felhasználásának környezeti és gazdasági előnyeire, miközben hangsúlyozta az undor és a társadalmi elfogadottság kérdésének szerepét, amelyek gyakorlati akadályokat állítanak az ilyen rendszerek elterjedése elé.

Az esettanulmányok segítségével betekintést nyerhetünk abba, hogy különböző országok miként alkalmazzák ezeket az alternatívákat a mezőgazdaságban, és milyen tanulságokat vonhatunk le a sikeres gyakorlatokból. E példák elemzése segít megvilágítani, hogyan valósíthatók meg a dolgozatban megfogalmazott fenntarthatósági célok a gyakorlatban, és miként adaptálhatók ezek a megoldások eltérő kulturális és gazdasági környezetekben.

Esettanulmány

Az alternatív szanitációs rendszerek világszerte egyre nagyobb figyelmet kapnak a fenntartható vízgazdálkodás és a környezetvédelem érdekében. Az alábbiakban bemutatok néhány országot, ahol sikeresen alkalmazzák ezeket a rendszereket.

Svédország

Svédország egy kiváló példa arra, hogy a víznélküli szanitációs rendszerek működhetnek a gyakorlatban is, ha a megfelelő feltételek megvannak hozzá. Ezeknek az esszenciális gyakorlatban való megvalósításhoz szükséges feltételeket szeretné megismeri a svéd és többi ország példáján keresztül.

A *Swedish Experiences of EcoSanitation* (2009) című dokumentum részletesen bemutatja Svédország tapasztalatait az ökológiai szanitációs rendszerek alkalmazásában. A tanulmány

hangsúlyozza, hogy a vizeletelválasztó WC-k egyik legnagyobb előnye a mezőgazdasági tápanyagok visszanyerésének lehetősége. A vizelet külön gyűjtésével olyan értékes tápanyagok, mint a nitrogén, a foszfor és a kálium kerülnek megőrzésre, amelyek különösen fontosak a növénytermesztés szempontjából.

A forrás kiemeli, hogy ezek a rendszerek jelentős környezeti előnyökkel járnak, mivel csökkentik a hagyományos szennyvízkezelő rendszerek terhelését, valamint minimalizálják az édesvíz-felhasználást. A vizelet mezőgazdasági felhasználása ráadásul kiváltja a szintetikus műtrágyák egy részét, amelyek előállítása energiaigényes és környezeti terhelést jelent.

Svédországban a vizeletelválasztó rendszerek bevezetése a mezőgazdasági termelők számára is hasznosnak bizonyult, mivel ezek a rendszerek stabil és helyi tápanyagforrást biztosítanak. A vizelet, megfelelő feldolgozás után, biztonságosan alkalmazható műtrágyaként, amit több mezőgazdasági kísérlet is alátámasztott. A tanulmány rávilágít arra, hogy az ilyen rendszerek bevezetése nemcsak környezeti előnyökkel jár, hanem gazdasági szempontból is versenyképes alternatívát kínál a hagyományos megoldásokkal szemben.

A forrás nem említ explicit módon a foszfátbányászat csökkenésére vonatkozó hatásokat, de részletesen elemzi, hogyan segíthet az ilyen rendszerek alkalmazása a foszfor fenntartható körforgásában. Az ilyen típusú ökológiai szanitációs megoldások, mint a vizeletelválasztó WC-k, megmutatják, hogy a szanitáció és a mezőgazdaság integrációja hosszú távon hogyan járulhat hozzá a fenntarthatósági célok eléréséhez (Druitt, 2009).

Hasznosulás

Az alternatív, vízmentes szanitációs rendszerek Svédországban jelentős mértékben csökkentették az épületek édesvíz-felhasználását. Például a hagyományos vízöblítéses WC-k személyenként naponta akár 30-40 liter vizet is igényelhetnek, míg a vízmentes rendszerek ezt a vízigényt teljesen kiküszöbölik, ami évente több tízezer liter víz megtakarítását eredményezi háztartásonként (urimat.com, n.d.).

Ezen túlmenően, a foszfor kinyerésének szerepe az eutrofizáció csökkentésében is meghatározó Svédországban. Az Európai Unió új szabályozása értelmében a tagállamoknak legkésőbb 2039-re kötelezővé kell tenniük a foszfor és nitrogén eltávolítását a szennyvízből, különösen a legalább 150 000 lakosegyenértékű településeken. Svédország ennek megfelelően fejleszti szennyvíztisztító rendszereit, amelyek hatékonyan távolítják el és hasznosítják újra a foszfort, csökkentve ezzel a vízi ökoszisztémák tápanyagterhelését és az eutrofizáció kockázatát (Európai Unió Tanácsa, 2024)

Összességében a vízmentes szanitációs rendszerek és a foszfor szennyvízből történő kinyerése Svédországban hozzájárult az édesvíz-felhasználás csökkentéséhez és a vízminőség javításához, támogatva ezzel a fenntartható vízgazdálkodást és a környezet védelmét.

Kína

Kína ökológiai szanitációs rendszereinek alkalmazását és fenntarthatóságát két fontos forrás alapján vizsgálhatjuk: a "Evaluating the Sustainability of an Innovative Dry Sanitation (Ecosan) System in China" és a "Complexity of adoption and diffusion of ecological sanitation technology" című tanulmányok. Ezek a kutatások részletes betekintést nyújtanak az Erdos Eco-Town projekt tapasztalataiba és az ökológiai szanitáció technológiáinak terjedésébe Kínában.

Az Erdos Eco-Town projekt az ökológiai szanitáció egyik legsikeresebb példája Kínában. A projektben száraz szanitációs rendszereket telepítettek, amelyek teljes mértékben kizárják az édesvíz felhasználását, így jelentősen hozzájárulnak a vízmegtakarításhoz. Ezek a rendszerek nemcsak a vízfelhasználás minimalizálását teszik lehetővé, hanem a szerves hulladék gyűjtését és mezőgazdasági felhasználását is. A vizelet és széklet elkülönített feldolgozása révén olyan tápanyagok, mint a nitrogén, a foszfor és a kálium, visszaforgathatók a talajba, csökkentve ezzel a műtrágyák iránti igényt. A projekt hozzájárult a környezeti hatások, például a víztestek eutrofizációjának és a szén-dioxid-kibocsátásnak a mérsékléséhez is.

Ugyanakkor a kutatás kiemelte a technológia bevezetésével járó kihívásokat. Az infrastruktúra karbantartása és a felhasználók megfelelő oktatása elengedhetetlen a rendszer hosszú távú működése szempontjából. Az Erdos projekt tapasztalatai rávilágítottak arra is, hogy a társadalmi elfogadottság hiánya és a kulturális előítéletek akadályozzák az ilyen típusú rendszerek szélesebb körű elterjedését (Flores, Rosemarin és Fenner, 2009).

A másik tanulmány, a "Complexity of adoption and diffusion of ecological sanitation technology", az ökológiai szanitáció terjedésének komplexitására összpontosít. Ez a kutatás különösen a kulturális, gazdasági és technológiai kihívásokat tárgyalja, amelyek befolyásolják a technológia elfogadását. Kínában a széklet- és vizeletkezelés kérdése továbbra is társadalmi tabunak számít, ami lassítja az innovatív szanitációs megoldások elfogadását. Ezen túlmenően az ökológiai rendszerek telepítési költségei jelentős akadályt jelentenek, különösen az alacsony jövedelmű közösségek számára. A tanulmány hangsúlyozza, hogy a kormányzati támogatások,

például szubvenciók és ösztönző programok, alapvetően fontosak a technológia szélesebb körű alkalmazásának elősegítésében (Banamwana et al., 2022).

Mindkét forrás kiemeli, hogy az ökológiai szanitáció rendszerei jelentős környezeti előnyökkel járhatnak, különösen a vízfelhasználás csökkentése és a szennyvízkezelés optimalizálása terén. Az Erdos projekt példája rávilágít arra, hogy ezek a rendszerek fenntartható alternatívát kínálnak a hagyományos vízalapú szanitációval szemben, és hozzájárulhatnak a mezőgazdasági termelékenység növeléséhez. Azonban a technológia szélesebb körű elterjedése érdekében elengedhetetlen a társadalmi szemléletformálás és az állami támogatás.

Hasznosulás

A Science Advances tanulmánya alapján a vízmentes szanitációs rendszerek bevezetése Kínában kimutatható és számszerűsíthető hasznosulást eredményezett több területen, különösen a környezetvédelem, a mezőgazdaság és a gazdaság szempontjából. Az emberi hulladék fenntartható kezelésének és komposztálásának eredményei jelentősen hozzájárultak a talaj és a felszíni vízminőség javulásához, valamint a műtrágya- és vízhasználat csökkentéséhez.

A tanulmány szerint a foszfor-koncentráció 2003 és 2017 között átlagosan 67%-kal csökkent a felszíni vizekben, amely közvetlenül összefügg a vízmentes szanitációs rendszerek által termelt komposzttrágyák mezőgazdasági alkalmazásával. Ezek a rendszerek lehetővé tették a foszforalapú műtrágyák részleges kiváltását, ami mérsékelte a mezőgazdasági eredetű szennyezést, csökkentve ezzel a talajvíz és a folyók terhelését. Hasonlóképpen, a nitrogénszennyezés is jelentősen csökkent, különösen a mezőgazdasági vízgyűjtő területeken, ahol az emberi hulladékból készült komposzt trágya a hagyományos műtrágyák helyettesítőjeként szolgált.

A felszíni vizek minősége is jelentős javulást mutatott a vizsgált időszakban. Míg 2003-ban a felszíni vizek mindössze 42%-a tartozott az "elfogadható" vagy jobb kategóriába, addig 2017-re ez az arány 75%-ra nőtt. Az eutrofizációs problémák mérséklődtek, ami a szennyvízszennyezés csökkenésének, valamint a komposztált emberi hulladék szakszerű használatának köszönhető. A tanulmány arra is rámutat, hogy a víztestek szennyezésének mérséklése éves szinten körülbelül 10 millió tonnával csökkentette a mezőgazdasági eredetű szennyező anyagok kibocsátását, különösen a foszfor és a nitrogén esetében, amelyek korábban súlyos környezeti károkat okoztak.

A mezőgazdasági termelékenység és fenntarthatóság terén a vízmentes szanitációs rendszerek további előnyöket hoztak. Az emberi hulladékból készült komposzt alkalmazása évente körülbelül 25%-kal csökkentette a műtrágya-felhasználást az érintett mezőgazdasági területeken. Ez nemcsak a költségek csökkentését eredményezte, hanem hozzájárult a talaj szerkezetének és vízmegtartó képességének javításához is. Ezenkívül a műtrágyák előállításához szükséges ipari vízfelhasználás is mérséklődött, ami különösen fontos a vízhiányos területeken.

A gazdasági előnyök mellett a környezetvédelmi hasznosulás is kiemelkedő. Az emberi hulladék fenntartható kezelése nemcsak a talaj és a víz szennyezését csökkentette, hanem hozzájárult az ökoszisztémák regenerációjához is. A vízminőség javulása például kedvezően hatott a vízi élővilágra, különösen a halpopulációkra, amelyek regenerálódni tudtak a tisztább környezetben. Ezen túlmenően a szennyezés csökkenése közvetlenül javította az ivóvízkészletek és az öntözési rendszerek fenntarthatóságát (Yu, Raoult és Greub, 2018)

Haiti

Haiti példája jól szemlélteti, hogy a víznélküli szanitációs rendszerek bevezetése különböző motivációkra épülhet a fejlett és a fejlődő országokban. Míg a fejlett országokban, mint Svédország és Kína egyes régiói, a környezeti fenntarthatóság, a vízmegtakarítás és a mezőgazdasági újrahasznosítás ösztönzi ezen rendszerek alkalmazását, addig Haitin az alapvető emberi jogok biztosítása és a kritikus szanitációs problémák kezelése a fő motiváció.

A kutatás, amely a konténeralapú szanitációs rendszereket vizsgálja Haiti városi környezetében, rávilágít arra, hogy ezek az innovatív rendszerek hogyan javíthatják az emberi jogokat, miközben elősegítik az inkluzív városi szanitációt. A tanulmány a szanitációs infrastruktúra fejlesztésére tett kísérleteket elemezte, különös tekintettel a szegényebb városi közösségekre, ahol a hagyományos szennyvízkezelő rendszerek elérhetetlenek vagy nem hatékonyak.

A konténeralapú szanitációs rendszerek (container-based sanitation, CBS) lényege, hogy a széklet és vizelet gyűjtése mobil konténerekben történik, amelyeket rendszeresen kiürítenek, majd biztonságos feldolgozásra és mezőgazdasági hasznosításra szállítanak. Haiti városi területein ez a rendszer különösen releváns, mivel a hagyományos szanitációs infrastruktúra hiányos, és a lakosság nagy része nem fér hozzá biztonságos toalett-megoldásokhoz. A tanulmány az alábbi főbb megállapításokat emeli ki:

Környezeti és gazdasági előnyök: A konténeralapú rendszerek jelentős előnyt kínálnak a hagyományos szanitációval szemben, mivel minimalizálják a szennyvíz által okozott környezeti szennyezést. A hulladék szakszerű feldolgozása révén a CBS rendszerek lehetővé teszik a szerves anyagok, például a nitrogén és foszfor, újrahasznosítását, ami hozzájárulhat a mezőgazdasági termelékenység javításához. A tanulmány kiemeli, hogy ezek a rendszerek fenntartható megoldást nyújthatnak a szanitációs kihívásokra, miközben pozitív gazdasági hatást is gyakorolnak, például munkahelyek teremtésével a hulladékgyűjtés és feldolgozás területén.

Emberi jogok és társadalmi hatások: A kutatás hangsúlyozza, hogy a konténeralapú szanitáció nemcsak környezeti szempontból előnyös, hanem hozzájárul az emberi jogok előmozdításához is. A biztonságos és méltóságteljes szanitációhoz való hozzáférés alapvető emberi jog, és a CBS rendszerek képesek ezt a jogot biztosítani olyan közösségek számára, ahol a hagyományos infrastruktúra hiányzik. A rendszer különösen fontos a nők és gyermekek biztonságának növelésében, mivel minimalizálja a nyílt területeken történő ürítés kockázatait.

Inkluzív megközelítés: A kutatás kiemeli, hogy a konténeralapú szanitációs rendszerek rugalmasan alkalmazkodnak a helyi közösségek igényeihez, és lehetőséget nyújtanak a marginalizált csoportok bevonására. Az inkluzív megközelítés révén a CBS rendszerek nemcsak technológiai megoldást kínálnak, hanem a helyi közösségek bevonásával erősítik a társadalmi összetartozást és a fenntartható fejlődést is.

Kihívások és ajánlások: A kutatás ugyanakkor rámutatott, hogy a CBS rendszerek bevezetése és működtetése kihívásokkal is jár. A rendszer sikeres alkalmazásához stabil pénzügyi támogatásra, a közösségek folyamatos oktatására és megfelelő szabályozási környezetre van szükség. A tanulmány hangsúlyozza, hogy a kormányzat és a nemzetközi szervezetek együttműködése kulcsfontosságú a CBS rendszerek fenntarthatóságának biztosításában.

Mezőgazdasági hasznosítás: A feldolgozott szerves anyagok mezőgazdasági alkalmazása jelentős előnyöket nyújt, különösen olyan országokban, mint Haiti, ahol a talajerózió és a tápanyaghiány problémát jelent. A kutatás megállapítja, hogy a CBS rendszerek által előállított komposzt helyi szinten pótolhatja a drága műtrágyákat, javítva ezzel a talajminőséget és a mezőgazdasági terméshozamot.

Hasznosulás

A konténeralapú szanitációs rendszerek jelentős potenciállal bírnak Haiti szanitációs kihívásainak kezelésében. A környezeti, társadalmi és gazdasági előnyök mellett ezek a

rendszerek hozzájárulhatnak az emberi jogok biztosításához és a mezőgazdasági fenntarthatóság javításához. A kutatás arra hívja fel a figyelmet, hogy a CBS rendszerek sikeres alkalmazásához elengedhetetlen a hosszú távú tervezés, a helyi közösségek bevonása és az állami támogatás (VanRiper et al., 2022).

A víz nélküli szanitációs rendszerek bevezetése Haitin jelentős szerepet játszott a higiéniai körülmények javításában és a víz által terjedő betegségek, például a kolera előfordulásának csökkentésében. A 2010-es földrengést követően a szigetországban súlyos kolerajárvány tört ki, amely több százezer megbetegedést és több ezer halálesetet eredményezett (WHO, 2010). Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) és a Pánamerikai Egészségügyi Szervezet (PAHO) adatai szerint 2011-ben 352 000 új koleraesetet regisztráltak Haitin. Az ezt követő években a nemzetközi szervezetek és a haiti kormány erőfeszítéseinek köszönhetően, amelyek magukban foglalták a víz nélküli szanitációs rendszerek bevezetését, a higiéniai oktatást és a vízellátás javítását, jelentős csökkenés volt tapasztalható az esetszámokban. 2017-re az új koleraesetek száma 13 682-re csökkent, ami 67%-os csökkenést jelent az előző évhez képest (ReliefWeb.int, 2017). Azonban 2022 októberében újabb kolerajárvány ütötte fel a fejét Haitin, több mint három évvel az utolsó jelentett eset után. A haiti Egészségügyi Minisztérium adatai szerint október 12-ig 47 megerősített esetet és 35 halálesetet regisztráltak az Ouest és Centre megyékben. Ez az újabb járványhullám rávilágít arra, hogy a folyamatos erőfeszítések és a szanitációs rendszerek fenntartása elengedhetetlen a kolera és más víz által terjedő betegségek megelőzésében (WHO, 2022).

Összességében a víz nélküli szanitációs rendszerek bevezetése és a kapcsolódó higiéniai intézkedések jelentős mértékben hozzájárultak a kolera előfordulásának csökkentéséhez Haitin, azonban a fenntartható eredmények eléréséhez folyamatos erőfeszítésekre van szükség.

A sikeresség kulcsa

Az alternatív szanitációs rendszerek sikeres bevezetéséhez kulcsfontosságú a társadalmi elfogadottság növelése és a technológia helyi igényekhez igazítása. A Svédországban, Kínában, Haitin és Németországban szerzett tapasztalatok azt mutatják, hogy az edukáció, a környezeti és gazdasági előnyök hangsúlyozása, valamint a közösségi bevonás elengedhetetlen. A kormányzati támogatás, a mintaprojektek és a fenntartható gazdasági modellek szintén meghatározóak a hosszú távú siker szempontjából. Ezek az elemek integráltan biztosítják, hogy a rendszerek nemcsak működjenek, hanem jelentős társadalmi, gazdasági és környezeti hasznot is hozzanak.

Ország	Példák az alkalmazásra	Pozitív hatások	Negatív hatások
Svédország	Komposztáló WC-k elterjedt használata ökövárosokban	Magas társadalmi elfogadottság, jelentős vízmegtakarítás, tápanyagdús komposzt	Magas kezdeti költségek, karbantartás oktatása szükséges
Kína	Nagyszabású alkalmazás vidéki területeken hulladék újrahasznosítására	Javuló mezőgazdasági hozam, csökkentett műtrágya-függőség	Kulturális ellenállás egyes régiókban, logisztikai kihívások
Haiti	Komposztáló WC-k használata földrengés utáni szanitációs projekteken	Jobb higiénia katasztrófa után, csökkentett betegségek terjedése	Korlátozott finanszírozás és infrastruktúra, társadalmi stigmák

Forrás: saját szerkesztés

Az esettanulmányok nemzetközi perspektívát nyújtottak az alternatív szanitációs rendszerek és az emberi szerves trágya alkalmazásának lehetőségeiről. Most vizsgáljuk meg Magyarországot, hogy milyen lehetőségek és kihívások várnak hazánk mezőgazdaságára, és hogyan illeszthetők be ezek az innovációk a helyi környezetbe és gazdasági viszonyokba.

A mezőgazdaság helyzete Magyarországon – általános áttekintés

Bevezetés

A talajminőség romlása és a termőterületek csökkenése egyre nagyobb fenyegetést jelent a magyar mezőgazdaságra. A talajdegradáció növekvő mértéke, valamint a szervesanyag-vesztés egyre inkább csökkenti a talaj termőképességét, ami az élelmiszertermelésre és a környezet állapotára is negatív hatással van. Az emberi ürüleből előállított szerves trágya alternatívaként szolgálhat a szervesetlen műtrágyákkal szemben, hozzájárulva a talaj minőségének helyreállításához és fenntartásához. A kutatás célja bemutatni, hogy a szerves trágyázás fenntarthatóbb megközelítést nyújthat a talajdegradáció és a termés hozam csökkenésének mérséklésére.

Magyarország mezőgazdasági helyzete

A talajminőség romlása és talajdegradáció

A talajminőség romlása Magyarországon főként a szervesanyag-tartalom csökkenésének és a talajerózióknak tulajdonítható. Az Európai Bizottság adatai szerint a talaj szervesanyag-tartalmának csökkenése az EU talajainak mintegy 45%-át érinti, ami jelentős mértékben veszélyezteti a talaj termőképességét. A talajdegradáció leggyakoribb formái közé tartozik az erózió, a szikesedés és a szennyezés, amelyek különösen a dél- és közép-európai országokat sújtják (Diriczi, n.d.).

Magyarországon a talajdegradáció egyik fő oka a szervesetlen műtrágyák elterjedt használata, amely hosszú távon csökkenti a talaj szervesanyag-tartalmát és szerkezetét. Az Agrofórum adatai szerint Magyarország mezőgazdasági területeinek 35-40%-a szenved a talajdegradáció következményeitől (Szentés, 2022).

A talajdegradáció hatása a terméshozamokra

A talajdegradáció jelentős hatással van a mezőgazdasági terméshozamokra, mivel rontja a talaj termékenységet és szerkezetét. Az Agrofórum Online cikke szerint a talajdegradáció csökkenti a talaj termékenységet, ami közvetlenül befolyásolja a terméshozamokat. A talajdegradáció különböző formái, mint például az erózió, a szikesedés és a szennyezés, különösen a dél- és közép-európai országokat sújtják, ami tovább rontja a mezőgazdasági termelés hatékonyságát (Káti, 2018).

A talajdegradáció elleni küzdelem és a talajminőség javítása érdekében fontos a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok alkalmazása, mint például a zöldtrágyanövények használata, amelyek hozzájárulhatnak a talaj regenerációjához és a terméshozamok növeléséhez (Agrárszektor, 2023).

Magyar mezőgazdaság összefoglaló adatai

A mezőgazdasági ágazat főbb mutatói (2010–2023)

Év	A mezőgazdaság, erdőgazdálkodás, halászat részesedése a bruttó hozzáadott értékből, %	A nettó vállalkozói jövedelem változása a mezőgazdaságban, előző év = 100,0%	Agrárról az előző évhez képest, %	A szántó éves bérleti díja, forint/hektár	A mezőgazdasági kibocsátás volumenváltozása, előző év = 100,0%
2010	3,5	147,7	111,9	28 900	88,9
2011	4,7	186,1	105,7	32 800	111,1
2012	4,6	82,8	108,1	38 600	90,0
2013	4,6	123,3	90,3	40 600	112,5
2014	4,7	117,2	96,7	42 700	111,4
2015	4,5	85,4	100,9	45 700	97,5
2016	4,6	104,8	98,2	49 400	109,4
2017	4,4	102,7	105,6	52 300	95,9
2018	4,1	97,1	97,5	55 700	102,6
2019	3,9	98,8	101,2	60 000	99,9
2020	4,0	102,8	106,2	64 400	97,6
2021	4,1	106,2	101,9	72 700	98,9
2022	3,7	103,6	102,2	81 600	83,5
2023	3,2	96,2	84,9	82 700	125,6

8. ábra: A mezőgazdaság főbb gazdasági mutatói (2010–2023) (KSH 19.1.1.1., 2024)

A mezőgazdaság részesedése a bruttó hozzáadott értékből: A mezőgazdaság, erdőgazdálkodás és halászat részesedése a bruttó hozzáadott értékből (GDP-hez való hozzájárulás) enyhén csökkent az évek során. 2010-ben ez az arány 3,5% volt, amely 2023-ra 3,2%-ra csökkent. Ez a tendencia arra utal, hogy a mezőgazdaság relatív gazdasági szerepe fokozatosan mérséklődik a magyar gazdaságon belül (KSH 19.1.1.1., 2024).

Nettó vállalkozói jövedelem változása a mezőgazdaságban: A nettó vállalkozói jövedelem ingadozó tendenciát mutatott az elemzett időszakban. 2011-ben például jelentős, 186,1%-os növekedést ért el az előző évhez képest, míg más években csökkenés tapasztalható, például 2015-ben (85,4%). A jövedelmi ingadozások a mezőgazdaság érzékenységét mutatják az időjárási és gazdasági változásokra (KSH 19.1.1.1., 2024).

Szántóföldek bérleti díja: A szántóföldek bérleti díja folyamatosan növekedett. 2010-ben a bérleti díj 28 900 forint/ha volt, amely 2023-ra 82 700 forint/ha-ra emelkedett. Ez a jelentős emelkedés a mezőgazdasági földek iránti kereslet növekedésére, illetve az inflációra utalhat (KSH 19.1.1.1., 2024).

Mezőgazdasági kibocsátás volumenváltozása: A mezőgazdasági kibocsátás volumene az évek során ingadozott, de az utóbbi időszakban növekedés tapasztalható, 2023-ban például 125,6%-os értéket ért el az előző évhez képest, ami a mezőgazdasági termelés volumenének növekedését mutatja (KSH 19.1.1.1., 2024).

Szerves- és Műtrágyahasználat (2016–2023)



19.1.1.39. Szervestrágyázás*

Év	Istállótrágyázott alapterület, ha	Egy hektárra jutó istállótrágya mennyisége, t/ha	Hígtrágyázott alapterület, ha	Egy hektárra jutó hígtrágya mennyisége, m³/ha
2016	332 082	14,3	51 227	52,0
2017	209 427	18,4	46 115	49,7
2018	200 751	19,3	43 292	56,1
2019 ^a	190 824	19,2	45 025	54,8
2020	205 356	19,6	50 507	54,2
2021	223 754	16,9	55 391	50,8
2022	233 590	15,9	54 087	53,5
2023	253 943	15,5	58 883	47,9

Lábjegyzet

* Gazdálkodási évre vonatkozó adatok.

a 2019-ben naptári évre vonatkozó adatok.

9. ábra: Szerves trágyázás főbb mutatói (2016–2023) (KSH 19.1.1.39., 2024)

Szerves trágya alkalmazása:

Istállótrágyázott alapterület: Az istállótrágyázott alapterület 2016-ban 332 082 hektár volt, majd 2018-ra jelentősen csökkent 200 751 hektárra, ezt követően ismét növekedés mutatkozott, 2023-ban 253 943 hektárra (KSH 19.1.1.39., 2024).

Egy hektárra jutó istállótrágya mennyisége: Az egy hektárra jutó istállótrágya mennyisége 2016 és 2023 között változott, 2018-ban elérte a legmagasabb értéket (19,3 t/ha), majd csökkent, 2023-ban 15,5 t/ha volt (KSH 19.1.1.39., 2024).

Hígtrágyázott alapterület: A hígtrágyázott alapterület 2023-ra 58 883 hektár volt, enyhe növekedést mutatva az előző évekhez képest. Ez a gyakorlat az elmúlt években stabilan tartotta magát (KSH 19.1.1.39., 2024).

Műtrágyahasználat:

Nitrogén, foszfor és kálium felhasználása: A műtrágyahasználatban a nitrogén a legnagyobb mennyiségben alkalmazott tápanyag, 2023-ban 265 ezer tonna volt. A foszfor és a kálium mennyisége szintén ingadozott, de összességében stabil maradt az évek során (KSH 19.1.1.39., 2024).

Egy hektárra jutó műtrágya mennyisége: Az egy hektárra jutó műtrágya mennyisége növekedett az évek során. Míg 2010-ben 72 kg/ha volt, 2023-ra 90 kg/ha-ra nőtt, ami a műtrágyák intenzívebb használatára utal (KSH 19.1.1.39., 2024).

A mezőgazdasági termelés volumenének alakulása (2007–2021)



19.1.1.40. Értékesített műtrágya mennyisége hatóanyagban*

Év	Műtrágyaértékesítés hatóanyagban, ezer tonna				Egy hektár mezőgazdasági területre jutó műtrágya, kg ^a
	nitrogén	foszfor	kálium	összesen	
2010	281	46	58	385	72
2011	302	51	60	413	77
2012	313	59	66	438	82
2013	336	82	79	497	93
2014	341	82	74	498	93
2015	378	82	78	539	101
2016	404	95	99	597	112
2017	424	118	116	659	123
2018	424	117	111	652	122
2019	416	114	100	630	119
2020	445	112	97	655	133
2021	456	116	113	685	136
2022	326	66	65	456	90
2023	265	54	51	371	73

Lábjegyzet

- * A mezőgazdasági termelőeszköz-kereskedelmi szervezetek közvetlen értékesítése a mezőgazdaság és az erdőgazdálkodás részére. Forrás: AKI Agrárközgazdasági Intézet.
a Adatgyűjtés módszertani változás miatt 2020-tól csak a gazdaságküzszöböt elérő adatszolgáltatók adatait tartalmazza.

10. ábra: Értékesített műtrágya hatóanyagtartalma (2010–2023) (KSH 19.1.1.40., 2024)



19.1.3.1. A mezőgazdasági termelés volumenének alakulása [az előző évhez képest, százalék]*



Ország, országcsoport	%	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ausztria	-0,3	2,7	5,7	-1,6	-6,4	8,0	-6,8	0,3	6,0	-4,6	3,3	-2,1	2,0	-0,5	1,9	-2,0
Belgium	-2,4	2,4	-3,5	2,8	4,5	0,5	-5,0	4,9	6,3	-0,3	-4,2	5,4	-4,0	3,0	0,3	1,1
Bulgária	5,1	-19,8	33,4	-6,6	10,5	0,1	-8,8	22,5	-2,2	-3,4	4,0	4,3	-0,9	1,8	-16,1	21,2
Ciprus	-6,4	-2,1	-3,3	-3,9	-0,4	4,2	-5,6	-5,7	-1,7	5,5	-3,9	5,0	-1,9	3,7	0,2	4,1
Csehország	-7,8	6,8	1,6	-4,6	-8,1	7,9	-10,6	8,4	9,1	-4,3	4,5	-6,4	-2,2	0,0	4,7	0,4
Dánia	-3,3	1,8	0,8	0,1	-1,1	1,7	0,1	-1,5	2,7	1,3	-2,4	3,3	-9,1	8,3	2,1	0,3
Észtország	-4,6	13,5	-3,7	2,0	-4,7	5,9	6,5	3,7	5,3	14,3	-17,8	8,9	-15,0	26,0	0,9	-8,8
Finnország	-4,3	-1,3	5,2	0,8	-2,4	2,0	-2,4	-1,6	6,6	-0,3	-6,4	6,2	-3,7	1,3	-5,8	3,7
Franciaország	-2,0	2,2	-1,8	-4,2	2,0	1,0	1,1	-5,4	1,9	6,1	1,2	-0,9	2,1	-0,5	0,0	0,2
Görögország	-7,0	-3,8	1,6	1,0	-0,6	-0,9	1,9	-8,0	3,3	6,0	-4,6	1,0	-1,4	2,5	0,5	-5,7
Hollandia	-2,2	3,1	1,7	2,8	-0,2	3,9	-2,4	2,8	3,4	4,7	1,1	0,1	-6,3	4,9	1,5	1,3
Horvátország	4,8	-2,0	17,8	-2,3	-5,4	0,0	-4,9	7,9	-2,3	2,6	12,8	-14,2	8,9	-2,6	9,1	-24,2
Írország	-0,8	1,9	-2,7	-2,2	4,3	3,0	-5,6	4,8	6,9	4,5	2,6	6,7	-0,7	3,9	1,4	2,3
Lengyelország	-2,6	7,4	0,5	3,0	-4,8	2,2	3,0	-0,9	6,9	-5,2	5,4	4,4	-3,0	-1,1	10,0	-1,1
Lettország	-5,3	13,4	1,6	-3,6	-5,4	0,4	18,6	-2,9	4,8	20,8	-3,0	2,0	-21,3	25,4	5,9	-8,5
Litvánia	15,1	18,2	1,8	2,0	-11,2	9,2	15,8	-4,5	8,3	11,5	-6,6	1,8	-17,4	13,3	14,1	-10,6
Luxemburg	-1,5	0,1	1,8	1,6	-1,6	0,1	-2,1	3,0	5,2	5,6	-0,8	3,4	6,1	-0,6	2,9	-0,8
Magyarország	2,7	-12,5	23,9	-10,4	-13,5	10,6	-9,7	11,6	13,4	-4,8	9,4	-5,3	1,7	-1,4	-3,3	-4,1
Málta	5,6	-4,8	7,5	-8,9	1,0	-3,1	-4,7	1,3	2,8	-4,8	-3,0	-1,4	-15,1	-8,8	5,5	-1,7
Németország	-2,2	1,9	5,0	2,0	-3,8	0,7	1,0	1,0	6,1	-3,6	-1,5	-0,3	-5,9	2,8	1,1	-1,0

11. ábra: A mezőgazdasági termelés volumenváltozása európai országokban (2007–2021) (KSH 19.1.3.19., 2024)

Magyarország mezőgazdasági termelésének volumenváltozása évről évre ingadozást mutatott. Az alábbiakban néhány fontosabb tendencia:

- **Pozitív volumenváltozások:** 2013-ban és 2014-ben jelentős növekedés történt a mezőgazdasági termelés volumenében, ami kedvező időjárási körülményekre és esetlegesen javuló gazdasági helyzetre utalhat (KSH 19.1.3.19., 2024).
- **Negatív volumenváltozások:** 2012-ben és 2015-ben jelentős visszaesés történt, ami mezőgazdasági válságot vagy kedvezőtlen termelési feltételeket jelezhet (KSH 19.1.3.19., 2024).
- **2020 és 2021:** Az elemzés utolsó éveiben Magyarországon a termelés volumene ismét csökkenő tendenciát mutatott, ami valószínűleg a klímaváltozással összefüggő aszályos időszakok, illetve a gazdasági tényezők következménye (KSH 19.1.1.40., 2024).

Összefoglaló következtetések

A magyar mezőgazdaság egyre nagyobb kihívásokkal néz szembe a talajdegradáció, a termés hozamok csökkenése és a fenntarthatósági problémák miatt. A szántóföldek bérleti díjának folyamatos emelkedése, amely 2010 és 2023 között közel háromszorosára nőtt, jól tükrözi a mezőgazdasági területek iránti növekvő keresletet és a földhasználat költségeinek fokozatos növekedését. Ez nemcsak a gazdálkodók pénzügyi terheit növeli, hanem hosszú távon fenntarthatatlanná teheti a jelenlegi gazdálkodási gyakorlatokat.

Az intenzív műtrágya-felhasználás, amely különösen a nitrogén alapú műtrágyák növekvő alkalmazásában érhető tetten, tovább rontja a talaj minőségét és szerkezetét. Míg a szerves trágyázás alkalmazása ingadozó tendenciát mutat, a szintetikus műtrágyák dominanciája jelentős környezeti kockázatokat hordoz, például a talajszervesanyag-tartalom csökkenését és a hosszú távú talajdegradációt. Ezek a tényezők nemcsak a talaj termékenységét veszélyeztetik, hanem a magyar mezőgazdaság fenntarthatóságát is.

A termelési volumen alakulása szintén aggodalomra ad okot. Bár az elmúlt években bizonyos mértékű stabilizáció figyelhető meg, a 2020-tól ismét jelentkező csökkenő tendencia jól mutatja a mezőgazdaság sérülékenységét az időjárási szélsőségekkel és gazdasági változásokkal szemben. Az éghajlatváltozás és a talajerózió hatásai különösen súlyosan érintik Magyarország dél- és közép-európai régióit.

Ebben a helyzetben az alternatív szanitációs megoldások, például az emberi ürülékből előállított szerves trágya alkalmazása, kulcsfontosságú lehet a problémák kezelésében. A szanitációs innovációk révén a mezőgazdaság fenntarthatóbbá válhat, a gazdálkodók költségei

csökkenhetnek, és javulhat a talajminőség. Ezen rendszerek bevezetése hosszú távon hozzájárulhat a talajdegradáció mérsékléséhez és a magyar mezőgazdaság alkalmazkodóképességének növeléséhez a klímaváltozással szemben. Ezért elengedhetetlen, hogy a döntéshozók és a gazdálkodók felismerjék e megoldások jelentőségét és mielőbb alkalmazzák azokat.

Magyarország mezőgazdaságának jelenlegi helyzetének áttekintése után elérkezett az idő, hogy a jövőbe tekintsünk. Hogyan lehetne a hazai mezőgazdaságban gyakorlati megoldásként alkalmazni az eddig bemutatott fenntartható szanitációs technológiákat és innovatív megközelítéseket? A következő fejezet ezekre a lehetőségekre és a magyar kontextusban megvalósítható perspektívákra fókuszál.

Perspektíva a magyar megvalósításra

Magyarországon az alternatív szanitációs rendszerek, mint például a víznélküli vagy komposztáló toalett megoldások, egyelőre kevésbé elterjedtek, és a szakirodalomban is korlátozottan tárgyaltak. Azonban a fenntartható vízgazdálkodás és szennyvízkezelés területén folynak kutatások és kezdeményezések, amelyek közvetetten kapcsolódnak az alternatív szanitációhoz. Összességében, bár konkrét magyar nyelvű szakirodalom és széles körű alkalmazás jelenleg korlátozott az alternatív szanitáció terén, a fenntartható vízgazdálkodás és szennyvízkezelés iránti növekvő érdeklődés alapot teremthet a jövőbeni fejlesztésekhez és kutatásokhoz ezen a területen.

Egy fontos forrást azonban találtam a témában, mely összefoglalóan tárgyalja az alternatív szanitáció lehetőségeit. Az eautarcie.org egy átfogó magyar nyelvű forrás, amely az autonóm vízgazdálkodás és az alternatív szanitáció kérdéseivel foglalkozik, különös hangsúlyt fektetve a fenntarthatóság és a vízmegtakarítás szempontjaira. Az oldal az ökológiai szanitáció (EcoSan) és a helyi szintű szennyvízkezelési megoldások bemutatásával arra ösztönöz, hogy újragondoljuk a hagyományos vízalapú szanitációs rendszereket, amelyek jelentős mértékben hozzájárulnak az édesvízkészletek kimerüléséhez és a környezeti terheléshez.

Az egyik központi téma a komposztáló WC-k és a száraz szanitáció rendszere, amely a vízöblítés helyett a szerves hulladék, például az emberi ürülék, helyben történő gyűjtését és újrahasznosítását hangsúlyozza. Az ilyen rendszerek lehetővé teszik, hogy a szerves anyagokat komposzt formájában visszaforgassák a talajba, így nemcsak a vízfogyasztást csökkentik,

hanem a műtrágyák iránti keresletet is mérséklék. Ez különösen fontos, hiszen a műtrágyák előállításuk jelentős energiafelhasználással és környezeti károkkal jár.

A honlap kiemeli a szürkevíz kezelésének és újrahasznosításának fontosságát is. A szürkevíz, például a fürdő- és mosogatóvíz, helyi szinten kezelhető, és újra felhasználható például öntözési célokra. Ez különösen olyan régiókban lehet hasznos, ahol a vízhiány kritikus problémát jelent. Az oldalon részletezett megoldások nemcsak a vízfogyasztás csökkentéséhez járulnak hozzá, hanem hosszú távon a környezet fenntarthatóságát is szolgálják.

Az autonóm vízgazdálkodás koncepciója, amelyet az oldal részletesen bemutat, a központosított szennyvízhálózatoktól való függetlenséget célozza meg. Ez az irányvonal különösen releváns olyan helyeken, ahol a hagyományos infrastruktúra kiépítése nem megvalósítható, vagy ahol a központosított rendszerek jelentős környezeti terhelést okoznak. A helyi vízgazdálkodási megoldások nemcsak technológiai előrelépést, hanem szemléletváltást is igényelnek, hiszen a társadalom hozzáállása és a fenntarthatóság iránti elköteleződése kulcsfontosságú a sikeres bevezetéshez.

A forrás hangsúlyozza, hogy a hagyományos szanitációs rendszerek energiaigényesek és pazarlóak, különösen az édesvíz-felhasználás szempontjából. Ezzel szemben az alternatív rendszerek, mint az EcoSan, olyan megoldásokat kínálnak, amelyek csökkentik az ivóvíz pazarlását, és a szerves hulladékot erőforrásként kezelik. A honlap részletes javaslatokat fogalmaz meg arra vonatkozóan, hogyan lehet ezeket a megközelítéseket Magyarországon is alkalmazni. Kiemeli, hogy az ilyen rendszerek különösen relevánsak vidéki környezetben, de városi területeken is megvalósíthatók, feltéve, hogy a megfelelő szabályozási és infrastrukturális feltételek adottak.

Az eautarcie.org által képviselt szemlélet kulcsfontosságú lehet Magyarország számára az édesvízkészletek megőrzésében és a fenntartható vízgazdálkodás előmozdításában. Az itt bemutatott alternatív szanitációs megoldások nemcsak technológiai, hanem társadalmi és környezeti szempontból is jelentős előnyöket kínálnak. Ezek a megoldások hozzájárulhatnak a vízhiány kezeléséhez, a műtrágyaigény csökkentéséhez és a talaj termékenységének fenntartásához, miközben csökkentik a hagyományos rendszerek környezeti terhelését (Ország, 2017).

A vízmentes szanitációs rendszerek bevezetése Magyarországon jelentős gazdasági hatást gyakorolhatna, különösen a mezőgazdaságban és az ország általános fenntarthatósági törekvéseiben. Az emberi végtermékek, például a vizelet és a széklet, értékes tápanyagokat

tartalmaznak, amelyek műtrágya helyettesítőként használhatók a mezőgazdaságban, csökkentve ezzel a szintetikus műtrágyák iránti igényt.

Az emberi vizelet és széklet újrahasznosítása különösen jelentős a nitrogén, foszfor és kálium pótlása terén, amely kulcsfontosságú a talaj tápanyag-utánpótlásában. Az adatok szerint az emberi vizeletből származó tápanyagok a műtrágya-felhasználás 7,5–13,7%-át (nitrogén), 2,5–6,9%-át (foszfor) és 5,6–11,9%-át (kálium) fedezhetnék. A szintetikus műtrágyák árait figyelembe véve, például 2023-ban a nitrogén-alapú műtrágyák átlagos ára Magyarországon 300.000–350.000 Ft/tonna között mozgott, a foszfor-alapú műtrágyáké 400.000–450.000 Ft/tonna, a káliumé pedig 250.000–300.000 Ft/tonna körül alakul. Ezek alapján évente több milliárd forintos megtakarítás érhető el a műtrágyaköltségek csökkentésével (AKI, 2023).

A 2023-as adatok alapján a műtrágya-forgalmazók 1,08 millió tonna műtrágyát értékesítettek közvetlenül mezőgazdasági termelők részére Magyarországon. Az értékesített mennyiség 18,8%-kal volt kevesebb az egy évvel korábbinál (Csoltai, 2024).

Ezen túlmenően a vízmentes szanitációs rendszerek alkalmazása csökkenthetné az eutrofizációval járó költségeket. Az eutrofizációs problémák kezelése, például a Balaton vagy más víztestek vízminőségének javítása, évente milliárdos kiadásokat jelent az államnak. A vízmentes szanitáció bevezetése mérsékelheti a szennyvízből eredő szennyezőanyagok kibocsátását, így csökkentve az eutrofizációs kockázatot és az ehhez kapcsolódó gazdasági terheket (Vörös, n.d.).

Az emberi végtermékek talajminőséget javító hatása szintén jelentős gazdasági előnnyel járhat. A talajdegradáció miatt évente csökkenő terméshozamok pótlása műtrágyával és talajjavítással szintén jelentős költségekkel jár. A komposztált emberi ürülék használata hozzájárulhat a talajminőség fenntartásához, hosszabb távon növelve a mezőgazdasági termelékenységet (Zseni és Nagy, 2016).

Egy ilyen átfogó rendszer megvalósítása ugyanakkor jelentős beruházásokat igényelne a szanitációs infrastruktúra átalakításában és a közvélemény formálásában. Azonban a hosszú távú gazdasági és környezeti előnyök messze meghaladhatják a kezdeti költségeket, különösen, ha figyelembe vesszük a műtrágya-import csökkenését és az ökoszisztéma-szolgáltatások javulását. A források és adatok további pontosítását az Agrárminisztérium, az OECD környezeti jelentései és magyar szakirodalmak biztosíthatják (Komposztálással a talaj regenerálható, 2022).

A dolgozat következő része arra fókuszál, hogy feltárja, milyen szerepet játszhat a közvélemény a vízmentes szanitációs rendszerek magyarországi gyakorlati megvalósulásában. Az undor, amely alapvető emberi érzelemként jelentős szerepet játszik az emberi ürüléssel kapcsolatos viselkedésformákban, már korábban bemutatásra került a dolgozatban. Az erre vonatkozó rész megvilágította, hogy az undor miként alakítja ki a társadalmi ellenállást az alternatív szanitációs rendszerekkel szemben, és hogyan válik a legnagyobb pszichológiai akadállyá az ilyen technológiák elfogadása során. Ez a tényező különösen fontos a magyarországi bevezetés szempontjából is, hiszen a lakosság hozzáállása, ismeretei és véleménye alapvetően meghatározza, hogy mennyire lesz sikeres az implementáció.

Aggályként előzetesen az fogalmazódott meg bennem, hogy a magyarországi bevezetést legjobban az undor, a környezetvédelem kontra anyagi befektetés hozzáállása és ezen rendszerek ismeretének teljes hiánya fogja befolyásolni. Ennek megértése érdekében a kutatás áttekinti a közvélemény-kutatás eredményeit, különös figyelmet fordítva azokra a tényezőkre, amelyek elősegítik vagy éppen akadályozzák az alternatív szanitációs rendszerek elfogadását. Az eredmények alapján az is láthatóvá válik, hogy milyen stratégiák és kommunikációs eszközök lehetnek hatékonyak az új rendszerek társadalmi támogatásának növelésére Magyarországon.

A magyarországi megvalósítási lehetőségek elemzése után kulcsfontosságú, hogy megértsük a társadalmi hozzáállást az alternatív szanitációs rendszerekhez. Hogyan vélekedik a lakosság ezekről a fenntarthatósági megoldásokról? A következő fejezet a közvélemény-kutatás eredményeit tárja fel, amely betekintést nyújt a magyar társadalom tudatosságába és nyitottságába a vízmentes technológiák iránt.

Google Forms – közvéleménykutatás

A kutatás keretében egy online kérdőíves felmérést végeztem, amelyet összesen 57 fő töltött ki. A kérdőív célja az volt, hogy feltárjam a válaszadók hozzáállását az alternatív, víz nélküli WC-khez, különös tekintettel azok fenntarthatósági előnyeire, társadalmi elfogadottságára és bevezetésének akadályaira.

A kérdőívet elsősorban ismerőseim körében osztottam meg, valamint fenntartható fejlődéssel foglalkozó közösségi média platformokon is megosztásra került. Ez a több csatornán alapuló megosztás biztosította a mintavétel sokszínűségét, lehetővé téve, hogy különböző demográfiai háttérű és érdeklődési körű emberek is részt vehessenek a kutatásban. A fenntarthatósági

közösségek bevonása révén sikerült olyan válaszadókat is elérni, akik mélyebb ismeretekkel és érdeklődéssel rendelkeznek a fenntartható fejlődés témája iránt, míg az ismeretségi kör révén egy általánosabb lakossági nézőpontot is megismerhettem.

Ez a megközelítés lehetővé tette, hogy a kutatás szélesebb képet adjon az alternatív WC-khez való viszonyulásról, figyelembe véve a témában jártasabb és kevésbé tájékozott csoportok véleményét is. Az eredmények így átfogóbb képet nyújtanak a technológia társadalmi megítéléséről és annak potenciális bevezetési akadályairól.

Az alábbiakban részletesen elemzem a közvélemény-kutatás kérdéseit és válaszait, valamint levonom a releváns következtetéseket.

Életkor és nem

A kutatásban résztvevők jelentős része a 18-25 éves korosztályból került ki, akik a válaszadók 37,9%-át tették ki. Őket követték a 46-60 évesek 32,8%-kal, ami azt jelzi, hogy a fiatalabb és az idősebb generációk dominálták a felmérést. Emellett a válaszadók 69%-a nő volt, míg 31%-a férfi, ami arra utal, hogy a válaszokban erősen érvényesült a női perspektíva. Ez fontos tényező lehet a víz nélküli WC-k elfogadásának vizsgálatában, hiszen a demográfiai különbségek befolyásolhatják a technológia megítélését. A kutatás eredményei leginkább a fiatalabb és női korosztály hozzáállását tükrözik, ezért javasolt lenne a jövőbeni kutatásokat szélesebb korcsoportok és egyenlőbb nemi megoszlás mentén végezni.

Lakóhely típusa

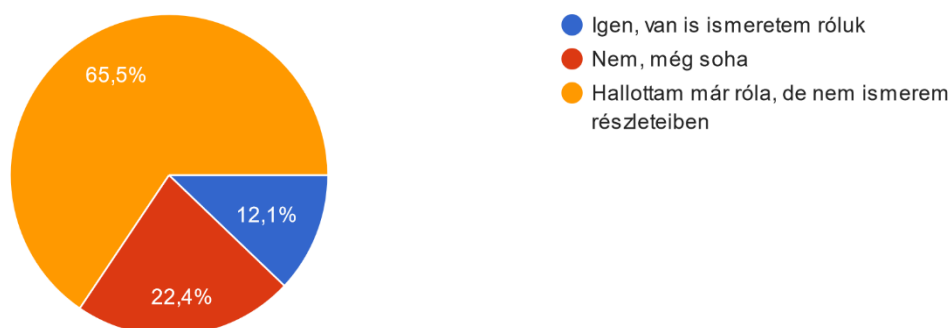
A válaszadók többsége Budapesten él és 8,6%-a a válaszadóknak egyéb nagyvárosból származik. Vidéki tanyasi környezetből mindössze 1,7%, míg kisvárosból 5,2% válaszolt. Ez arra utal, hogy az eredmények elsősorban a nagyvárosi perspektívát tükrözik, ahol az infrastruktúra, az életszínvonal és az innovációs nyitottság nagyobb lehet. A víz nélküli WC-k iránti hozzáállás eltérhet vidéken vagy kisebb településeken, ahol a technológiának más feltételei vannak, például az infrastruktúra hiánya vagy a környezettudatosság eltérő prioritása.

Hallott már az alternatív WC-kről?

A válaszadók 22,4%-a soha nem hallott még a víz nélküli WC-kről, míg 65,5% már hallott róluk, de nem ismeri a részleteket. Csak 12,1% rendelkezik valamilyen szintű ismerettel a technológiáról. Ez az adat világosan jelzi, hogy az alternatív WC-k ismertsége rendkívül alacsony, ami jelentős akadályt jelenthet a technológia elterjedésében. A szélesebb társadalmi elfogadottság érdekében elengedhetetlen a tájékoztatás és az edukáció, hogy az emberek jobban megismerjék ezek előnyeit és működését.

Hallott már az alternatív, vízmentes WC-kről (pl. komposztáló WC-k)?

58 válasz



Forrás: Google forms kérdőív

Mennyire fontos a víztakarékosság és fenntarthatóság?

A válaszadók túlnyomó többsége, 93%-a (51,7% nagyon fontosnak, 41,4% fontosnak tartja) úgy véli, hogy a víztakarékosság és a fenntartható vízkezelés otthonában kiemelt fontosságú. Ez az adat azt mutatja, hogy a vízmegőrzés széles körben fontos téma, amelyre az alternatív WC-k népszerűsítése is alapozhat. Az emberek hozzáállása szerint tehát megvan a nyitottság a víztakarékossági intézkedések iránt, ami kedvező alap a további kommunikációhoz.

A komposztáló WC-k hozzájárulhatnak-e a fenntarthatósághoz?

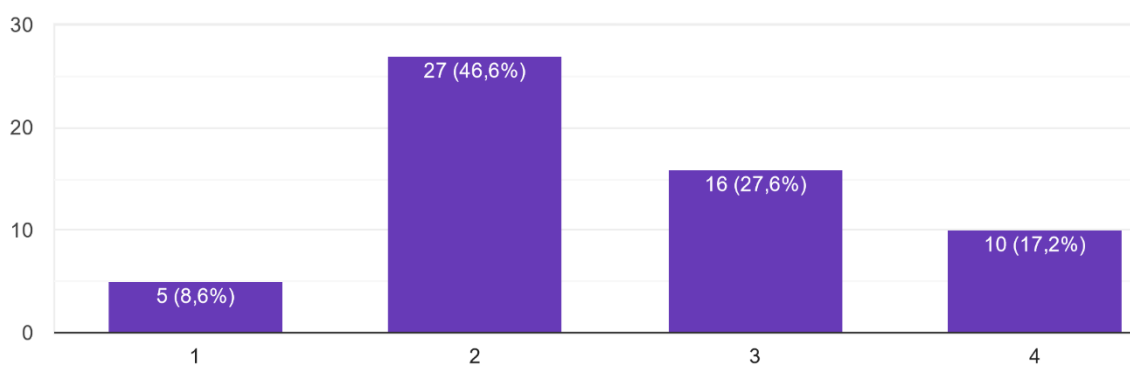
A válaszadók 37,9%-a teljesen egyetért, míg 43,1%-a inkább egyetért azzal, hogy a komposztáló WC-k csökkenthetik a vízfelhasználást és elősegíthetik a fenntartható mezőgazdaságot. Ez azt jelzi, hogy a többség felismeri az ilyen technológiák fenntarthatósági potenciálját, különösen a vízfelhasználás csökkentésében és a szerves hulladék újrahasznosításában. Ez egy erős érv a technológia mellett, amelyre a népszerűsítési stratégiák épülhetnek.

Mennyire lenne hajlandó bevezetni egy alternatív WC-t?

A válaszadók mindössze 17,2%-a lenne nyitott egy alternatív, víz nélküli WC bevezetésére, ha biztosan tudná, hogy annak pozitív hatása van a környezetre és a mezőgazdaságra. Ugyanakkor 8,6% teljes mértékben elutasítja a technológia használatát. A 2-es és 3-as válasz megjelölése volt a leggyakoribb. 46,6% választotta a 2-es hajlandóságot és 27,6% válaszolt 3-assal. Ez arra utal, hogy a lakosság nagy része még mindig bizonytalan vagy ellenálló. Az ellenállás leküzdéséhez az edukáció és az átfogó információátadás elengedhetetlen.

Mennyire lenne hajlandó bevezetni egy alternatív, vízmentes WC-t az otthonában, ha tudná, hogy ez pozitív hatással van a környezetre és a mezőgazdaságra?

58 válasz



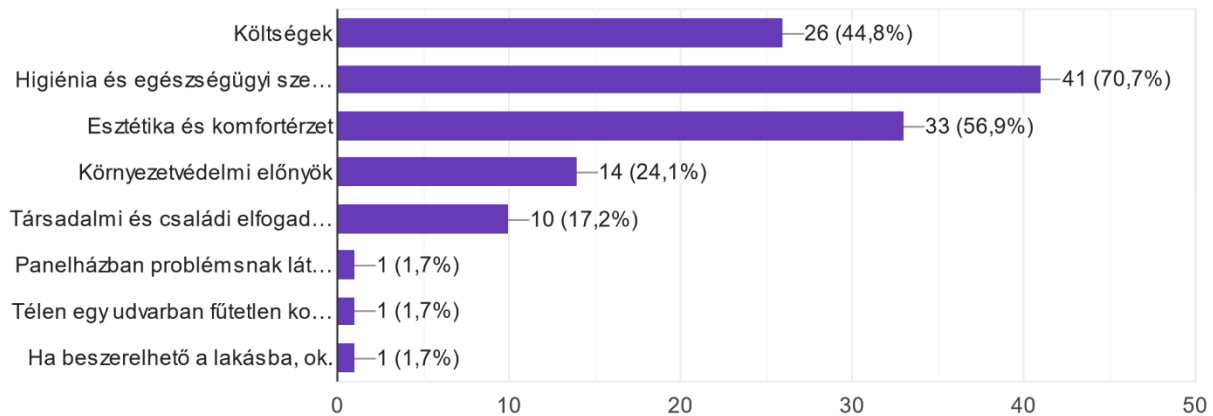
Forrás: Google forms kérdőív

Mi befolyásolná leginkább a döntését?

A válaszadók 70,7%-a szerint a higiéniai és egészségügyi kérdések jelentik a legfontosabb szempontot az alternatív WC-k elfogadásánál. Ezt követi a kényelem és az esztétika (56,9%), valamint a költségek (44,8%). Ez azt jelenti, hogy a technológia bevezetésének sikeréhez elsősorban a tisztaságra, a felhasználói élményre és a megfizethetőségre kell koncentrálni. Ezek kulcstényezők az alternatív WC-k társadalmi elfogadottságának növelésében.

Mi befolyásolná leginkább a döntését egy alternatív WC bevezetésénél? (több válasz is megjelölhető)

58 válasz



Forrás: Google forms kérdőív

Fenntartások az alternatív WC-k használatával kapcsolatban

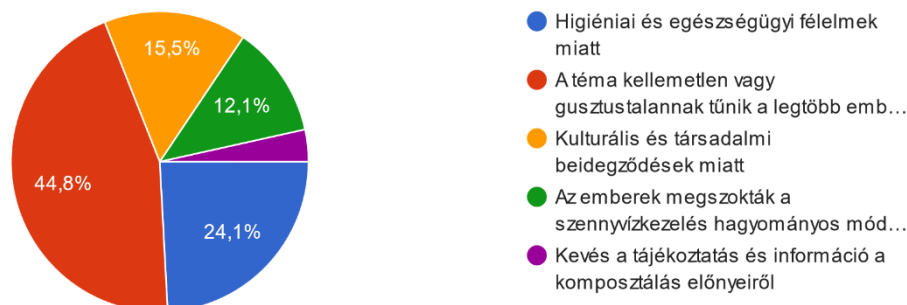
A leggyakoribb fenntartások közé tartoznak a higiéniai aggályok (69%) és a komfortérzet csökkenése (58,6%). További problémák a szokások megváltoztatásának nehézségei és a tabuérzet (29,3%). Ezek az adatok alátámasztják, hogy az emberek szkeptikusak az alternatív WC-k tisztaságával és kényelmével kapcsolatban. Ahhoz, hogy ezeket a fenntartásokat kezelni lehessen, részletes tájékoztatásra és a technológia előnyeinek gyakorlati demonstrálására van szükség.

Miért tartják az emberek kényelmetlen témának a széklet- és vizeletfelhasználást?

A válaszadók szerint a higiéniai félelmek (24,1%) és a téma kellemetlen volta (44,8%) a legfőbb akadályok. Ezek a tabuk kulturális és szociális tényezőköl erednek, amelyek gátolják az alternatív WC-k elfogadását. Ez arra utal, hogy a tabuk lebontása és a kulturális szemléletformálás kulcsszerepet játszhat a technológia bevezetésében.

Mit gondol, leginkább miért tartják sokan tabunak vagy kényelmetlen témának az emberi széklet és vizelet felhasználását?

58 válasz



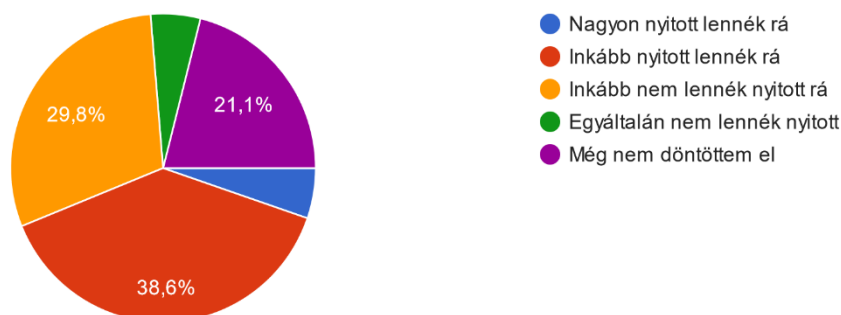
Forrás: Google forms kérdőív

Nyitottság az átállásra komposztáló WC használatára

A válaszadók 38,6%-a inkább nyitott lenne, és 5,3%-a nagyon nyitott lenne a komposztáló WC használatára, ha megbízható szolgáltatásokat biztosítanának, például rendszeres tartályürítést. Azonban a válaszadók 29,8%-a inkább nem lenne nyitott a váltásra és jelentős mennyiségű kitöltő (21,1%) tartózkodott a döntéshozataltól. Ez arra utal, hogy a megfelelő szolgáltatások és infrastruktúra biztosítása nagyon fontos lenne a technológia iránti bizalmat és elfogadottságot illetően.

Mennyire lenne nyitott az átállásra és egy komposztáló WC használatára, ha lenne egy megbízható szolgáltató, aki heti rendszerességgel házhoz menne és összegyűjtené a WC-tartályokat?

57 válasz



Forrás: Google forms kérdőív

Összegzés

A kutatás eredményei alapján erős potenciál mutatkozik a víz nélküli WC-k bevezetésére, különösen a víztakarékosság és a fenntarthatóság szempontjából. Az emberek többsége nyitott az innovációkra, azonban a higiéniai és kényelmi kérdések kiemelt akadályokként jelennek meg. Az alternatív WC-k alacsony ismertsége hangsúlyozza az edukáció és az átfogó tájékoztatás fontosságát. A technológia sikeres bevezetéséhez széles körű stratégia szükséges, amely magában foglalja a kommunikációt, a megfelelő infrastruktúra fejlesztését és a kulturális akadályok lebontását.

A kérdőívem eredményeit egy interjúval szerettem volna kiegészíteni, mely mélyebb betekintést biztosít és segít a téma megértésében és a Magyarországon történő gyakorlati megvalósításhoz.

A közvélemény-kutatás kvantitatív eredményei fontos képet adtak a társadalom hozzáállásáról az alternatív szanitációs rendszerekhez. A következő fejezetben egy mélyebb, kvalitatív megközelítés következik: Oláh Zsolt közgazdással készült interjú, amely személyes tapasztalatokon és szakmai meglátásokon keresztül tárja fel az alternatív megoldások gazdasági és társadalmi vetületeit.

Interjú Oláh Zsolt közgazdással

Oláh Zsolttal, egykori tanárommal, közgazdással készítettem interjút, aki nemcsak elméleti szinten, hanem a mindennapokban is elkötelezett a fenntarthatóság iránt. Az alternatív WC-k és komposztáló rendszerek világával először az ő óráin ismerkedtem meg, ahol sokat beszéltünk a vízőblítéses WC-k és a hagyományos szennyvízkezelés környezeti hatásairól. Ő azonban nem csupán a víz- és tápanyagpazarlás elméleti problémáit mutatta be, hanem a saját kertjében is alkalmazza a komposztáló WC-eket, és különféle komposztálási módszerekkel dolgozik. Tudtam, hogy tőle nemcsak elméleti válaszokat, hanem gyakorlati tapasztalatokat is kaphatok, amelyek jól kiegészítik a témával kapcsolatos kutatásomat, ezért különösen izgatott voltam, hogy mélyebben megismerhessem az alternatív WC-k mindennapos használatával kapcsolatos élményeit és véleményét.

Zsolt számára az alternatív WC használata elsősorban a környezettudatosságról szól, amely magában foglalja a víz megőrzését és az értékes tápanyagok visszaforgatását a talajba. Ahogy az interjú során kiderült, a komposztálásra való áttérés számára egyfajta természetes következő

lépés volt, hiszen egy 1800 négyzetméteres kertet gondoz, ahol állati trágya nélkül, kizárólag növényi anyagokkal próbálja javítani a talaj minőségét. Ebben a folyamatban nagy inspirációt jelentett neki Gyulai Iván munkássága, különösen a mulcsos talajjavítási módszerei, amelyekkel kapcsolatban Zsolt is kísérletezik. Úgy véli, hogy a komposztáló WC-k révén a széklet és vizelet külön gyűjtésével, majd komposztálásával a mezőgazdasági és a háztartási hulladékokból is értékes tápanyagokat nyerhetünk ki, csökkentve ezzel a vízhasználatot és a hagyományos szennyvízkezelés környezeti terhelését.

Az interjú során számos kérdést tettem fel neki a komposztálás gyakorlati megvalósításáról. Kíváncsi voltam, milyen kihívásokkal és előnyökkel találkozott a komposztáló WC rendszer kialakítása és mindennapi használata során, hiszen tudtam, hogy ez egy szokatlan és sokak számára talán nehezen elfogadható megoldás. Zsolt saját magának épített egy komposztáló WC-t, amely fa szerkezetből és egy fém tartályból áll, ahol a széklet faforgács segítségével kerül komposztálásra. Elmondása szerint a faforgácsot egy helyi fűrészüzemből szerzi be, ezzel is helyi forrásokat használ fel és csökkenti a környezeti lábnyomát. A folyamat során külön gyűjti a vizeletet és a székletet, amivel biztosítja, hogy a komposztálás zökkenőmentesen történjen, és az elkészült komposzt használatra kész legyen a kertben.

Arra is rákérdeztem, hogy a komposztálás folyamata milyen lépésekből áll, és hogyan biztosítja a komposzt minőségét és biztonságát. A komposztáló rendszer felépítése és az anyagok kezelése során számos praktikát követ, amelyekkel garantálja, hogy a kész komposzt valóban biztonságos és gazdag tápanyagforrás legyen. A komposztálási folyamat nála több éven keresztül zajlik, amíg a széklet és a növényi hulladék teljesen lebomlik, és a végső fázisban semmilyen kellemetlen szag vagy szennyező anyag nem marad a kész termékben. A módszer egyszerű és természetes lebomlási folyamatokra épít, így az eredmény biztonságos és jó minőségű komposzt, amelyet nyugodtan felhasználhat a kertjében.

A beszélgetés során különösen érdekelt, hogy a komposztáló WC-k és a komposztálás milyen hatással van a kertjére, a talaj minőségére, valamint a növények terméshozamára. Zsolt elmondta, hogy már három éve használja ezt a módszert, és az eredmények magukért beszélnek: a talajban megnőtt a giliszták és a talajlakó élőlények száma, ami a talajélet javulására utal. Ezen felül a zöldségek és gyümölcsök is szebb és egészségesebb növekedést mutatnak, ami arra utal, hogy a komposztált széklet tápanyagokban gazdag, és hatékonyan javítja a talaj minőségét.

Az interjú egyik legérdekesebb része volt, amikor a komposztáló WC-k nagyobb léptékű alkalmazhatóságáról kérdeztem. Zsolt úgy látja, hogy bár a komposztáló WC-k jelentős

vízmeztakarítást eredményezhetnének, a városi környezetben számos technológiai és logisztikai kihívás merülne fel. A széleskörű alkalmazáshoz az emberek szemléletének átalakítása is szükséges lenne, hiszen a hagyományos WC-k használata mélyen gyökerezik a szokásokban és kultúrában. Úgy véli, hogy a környezettudatosság és a fenntarthatóság oktatásával lehetne elérni, hogy a jövő nemzedékei ne tekintsék tabunak a komposztálást.

Zsolt számára az egészségügyi és biztonsági kérdések sem jelentenek problémát, mivel saját tapasztalatai alapján tudja, hogy a komposztálás megfelelő módszerekkel biztonságosan végezhető. Véleménye szerint az emberek idegenkedését leginkább a témával kapcsolatos ismerethiány és a természetes folyamatoktól való elszakadás okozza. Az interjú során megosztotta, hogy a komposztálás bevezetésével a természethez való viszonyunk is megváltozik, közelebb kerülünk a környezetünkhöz, és kevésbé próbáljuk meg eltávolítani magunktól azokat a természetes folyamatokat, amelyeket korábban tabuként kezeltünk.

Zsolt tanácsokkal is ellátott azokat illetően, akik érdeklődnek a komposztáló WC használata iránt. Elsősorban azt javasolta, hogy bátran kezdjenek bele, hiszen a módszer nemcsak hatékony, de környezetbarát is, és nem jelent nagyobb munkát vagy kényelmetlenséget, mint a hagyományos WC-k használata. Szerinte a komposztáló WC-k alkalmazása egy fontos lépés lehet a körkörös gazdaság felé vezető úton, ahol a természetes anyagok fenntartható módon kerülnek vissza a környezetbe, ezzel elősegítve a fenntartható mezőgazdaságot és a vízfelhasználás csökkentését.

Motivációk és kezdeti kihívások a komposztáló WC használatában

1. Milyen motivációk vezettek ahhoz, hogy elkezdje használni a komposztáló WC-t és a széklet komposztálását? Milyen kihívásokkal és előnyökkel találkozott?

Oláh Zsolt motivációja a komposztáló WC használatára abból az alapvető felismerésből fakadt, hogy a hagyományos vízöblítéses WC-k a víz és a tápanyagok pazarlását eredményezik. Úgy véli, hogy az emberi ürülék értékes tápanyagforrás, amelyet komposztálással hasznosíthat a kertjében. A döntésében az is szerepet játszott, hogy egy 1800 négyzetméteres kerttel rendelkezik, ahol nincs állati trágya, és szeretett volna egy fenntartható megoldást találni a talajjavításra. Gyulai Iván mulcsos talajjavítási módszerét alkalmazva a szerves anyagok visszaforgatását és komposztálását tartja a leghatékonyabb megoldásnak, mivel állati trágyához nincs közvetlen hozzáférése.

Kezdetben kihívást jelentett számára, hogy saját maga építsen egy költséghatékony és környezettudatos komposztáló WC-t, amely nem mentes a hagyományos WC-k kényelmétől. Kísérletezett azzal, hogy saját maga építse meg a WC-t: egy fából készült helységet készített, majd egy WC vázat telepített, ugyanolyan ülőkével, mint az angol WC-ken van. A tartály egy fém vödör, amely külön gyűjti a székletet és a vizeletet, és faforgáccsal fedve biztosítja a megfelelő komposztálási feltételeket.

A komposztálás folyamata és a komposzt biztonsága

2. Kérem, ismertesse részletesen a komposztálás folyamatát, amit Ön követ. Milyen lépéseket tesz, hogy biztosítsa a komposztált anyag biztonságát és minőségét?

A komposztálás folyamatát Zsolt az évek során kialakított rutin szerint végzi. Az összegyűjtött anyagot egy éven keresztül gyűjti és folyamatosan rétegezi növényi anyagokkal, majd az első év végén átforgatja, és 20 cm vastag szalmával takarja be a komposzthalmot. A komposztálás összesen körülbelül két és fél évet vesz igénybe, mire a komposzt biztonságosan felhasználható a talajban, és ebben az időszakban teljes mértékben lebomlik, így tápanyagban gazdag, szagtalan anyaggá alakul. Bár laboratóriumi vizsgálatot nem végez, a végtermék sötétbarna, jó minőségű talajt eredményez, amit biztonságosan fel tud használni a kertben.

A komposzt hatása a talaj minőségére és a növények növekedésére

3. Milyen hatással van a kertjére, a talajra és a növények növekedésére a komposztált széklet használata? Látott-e változásokat a terméshozamokban vagy a talaj minőségében?

A komposztált emberi ürüléket az elmúlt években már háromszor kijuttatta a kertjében, ahol látványos változásokat tapasztalt a talaj minőségében és a terméshozamokban. Megfigyelte, hogy a komposzt javította a talaj szerkezetét és élővilágát, amelyben több giliszta és vakond található, jelezve a talaj biológiai aktivitásának növekedését. A komposztált anyag egy személy éves termeléséből 10-15 négyzetméternyi talajt képes javítani, és már most kedvező változásokat észlelt a zöldségek növekedésében és minőségében.

A komposztáló WC nagyobb léptékű alkalmazhatósága

4. Mit gondol, mennyire lenne életképes ez a módszer nagyobb léptékekben? Milyen nehézségekkel és előnyökkel járhatna a széleskörű alkalmazása?

Zsolt véleménye szerint a komposztáló WC-k nagyobb léptékben való alkalmazása, különösen vidéken, lehetséges, de városi környezetben számos kihívással járna. Úgy véli, hogy bár ez a módszer nem oldja meg teljes mértékben a vízproblémákat, minden kis lépés számít. A komposztált trágya önmagában nem lenne elegendő az összes mezőgazdasági terület trágyázására, de a módszer hozzájárulhat az emberek szemléletének megváltoztatásához, ami alapvető a környezettudatos hozzáállás kialakításában.

A komposztáló WC-k hatása a vízhasználatra és a városi környezetben való alkalmazhatóságuk

5. A kutatásom alapján úgy tűnik, hogy a vízöblítéses WC-k túlzott vízhasználata komoly problémát jelent. Ön szerint a komposztáló WC-k milyen mértékben csökkenthetnék az édesvíz pazarlását városi környezetben?

A vízöblítéses WC-k túlzott vízhasználata komoly problémát jelenthet, és a komposztáló WC-k csökkenthetnék az édesvíz pazarlását, de a Tanár Úr szerint ehhez megfelelő technológiai megoldásokra és oktatásra lenne szükség. Emellett fontosnak tartja, hogy a komposztáló WC-k rendszere ne járjon nagyobb környezeti lábnyommal, mint maga a vízöblítéses WC. A széklet és vizelet különválasztása szintén szükséges, és a városi környezetben például egy olyan tartályrendszer kialakítását javasolja, amely napi egyszer engedi le a vizeletet, így csökkentve a vízfelhasználást.

Környezeti előnyök és a komposztáló WC-k hozzájárulása a körkörös gazdasághoz

6. Milyen környezeti előnyei vannak a komposztáló WC-k használatának? Gondolja, hogy ezek hozzájárulhatnak a körkörös gazdaság és a fenntartható mezőgazdaság fejlődéséhez?

A komposztáló WC-k használata biomasszaként visszaforgatható anyagot biztosít a mezőgazdaság számára, így hozzájárul a körkörös gazdaság kialakításához. Zsolt szerint az anyaghasználat kisebb környezeti lábnyomot eredményez, és a módszer alkalmazása elősegíti a vízhasználat csökkentését is. A környezetbarát megoldások, mint a komposztáló WC-k, a víz- és anyaghasználat újragondolását igénylik, és ezzel a fenntarthatósági szemléletet is támogatják.

A komposztálás és az emberi ürülék felhasználásának társadalmi tabuja

7. Az emberek többsége tabuként tekint a széklet komposztálására. Mi lehet ennek az oka, és mit gondol, hogyan lehetne megváltoztatni az emberek hozzáállását?

Az emberi ürülék komposztálása sokak számára tabu, amit a Tanár Úr a környezethez való viszonyunk megváltozásával magyaráz. Úgy véli, hogy az emberek nem tekintenek természetes anyagként az ürülékre, mert a vízőblítékes rendszerek távol tartják tőlünk, így megszűnik a kapcsolatunk vele. Az emberek hozzáállását már gyerekkorban formálni kellene, hogy természetesebb módon viszonyuljanak ehhez a témához. A gyerekek oktatása fontos szerepet játszhat a szemléletváltásban, hogy a jövő nemzedékei ne tekintsék tabunak az emberi ürülék komposztálását.

Egészségügyi és biztonsági aggályok

8. Vannak egészségügyi vagy biztonsági aggályai a komposztált széklet használatával kapcsolatban? Hogyan kezeli ezeket az aggályokat?

Oláh Zsoltnak nincsenek egészségügyi aggályai a komposztált emberi ürülékkel kapcsolatban. Módszerekkel és alaposággal biztosítja a komposzt minőségét és biztonságosságát, és úgy véli, hogy az alapos komposztálási folyamatok megfelelően kezelik az esetleges kórokozókat. A módszerrel kapcsolatos fenntartásai gyorsan elmúltak, és ma már elégedett a komposztáló WC használatával, mivel az nem jelent plusz energiabefektetést vagy extra munkát a mindennapokban.

Társadalmi elfogadottság és kommunikációs kihívások

9. Szeretném tudni, hogy a társadalmi elfogadottság szempontjából milyen akadályokat lát. Ön szerint milyen kommunikációs vagy oktatási lépések segíthetnék a komposztáló WC-k elterjedését?

A komposztáló WC-k elfogadottságának egyik fő akadályát a Tanár Úr szerint az emberek kényelemszeretete és a természettől való elszakadásuk jelenti. Sokan szagtalan, tiszta és steril környezetet várnak el, és a természetes folyamatokat elutasítják. A komposztáló WC-k elterjedéséhez átfogó oktatási és kommunikációs stratégia szükséges, amely elősegíti az emberek környezettudatos gondolkodásának fejlődését. A gazdasági ösztönzők is fontos szerepet játszhatnak a komposztáló WC-k népszerűsítésében.

Tanácsok azoknak, akik fontolgatják a komposztáló WC bevezetését

10. Milyen tanácsokat adna azoknak, akik most gondolkoznak azon, hogy bevezetik ezt a rendszert a kertjükben és otthonukban vagy akár közösségi környezetben?

Oláh Zsolt bátorít mindenkit, aki fontolóra veszi a komposztáló WC használatát. „Hajrá!” - hangzott a mondat a szájából. Azzal az üzenettel zárta az interjút, hogy ne féljenek az emberek, ezekkel a módszerekkel nem okoznak semmilyen kárt. Olvassanak utána és kezdjenek bele, mert nincs mitől félni, nem rosszabb, nem nehezebb, azonban valóban hatásos módszer.

Összegzés

Az interjút rendkívül hasznosnak találtam, mivel Oláh Zsolt első kézből osztotta meg tapasztalatait a komposztáló WC használatáról és komposztálási folyamatáról. A gyakorlati részletek mellett betekintést nyújtott a módszer környezeti előnyeibe, valamint a társadalmi elfogadottsággal kapcsolatos kihívásokba is, így átfogóbb képet kaptam az alternatív WC-k alkalmazásának lehetőségeiről és hatásairól.

A kutatás egészében feltárt tapasztalatok és konklúziók fontos alapot nyújtanak az alternatív szanitációs rendszerek magyarországi bevezetésének értékeléséhez. A következő fejezet ezen átfogó elemzések eredményeire építve fogalmaz meg konkrét ajánlásokat, amelyek elősegíthetik e fenntartható megoldások sikeres megvalósítását a hazai környezetben.

Ajánlások

Javaslatok az alternatív WC-k társadalmi elfogadottságának növelésére

Az alternatív, víz nélküli WC-k társadalmi elfogadottságának növelése érdekében kulcsfontosságú a lakosság széles körű tájékoztatása és az innovatív megoldások előnyeinek megismertetése. Ilyen megoldás lehet erre a kérdésre például a tájékoztatási kampányok megszervezése, a higiéniai és egészségügyi bizalom kiépítése az emberekben és a mintaprojektek széleskörű elterjesztése.

Tájékoztatási kampányok

A tájékoztatás és szemléletformálás alapvető szerepet játszik a technológia elfogadtatásában. Közösségi média kampányokkal, iskolai programokkal és fenntarthatósági rendezvényekkel

lehet növelni az emberek ismereteit az alternatív WC-k előnyeiről, például a vízmegtakarításról és a környezetvédelemről. Interaktív tartalmak és bemutatók segíthetnek a lakosság megszólításában, míg az iskolai oktatás és rendezvények a családokat is bevonhatják.

Higiéniai és egészségügyi bizalom kiépítése

A higiéniai aggályok leküzdése érdekében bizonyítékokon alapuló tanulmányokkal és sikeres nemzetközi példákkal kell megerősíteni a technológia iránti bizalmat. Bemutatók, nyilvános fórumok és kommunikációs kampányok hangsúlyozhatják, hogy a víz nélküli WC-k megfelelő tervezése és üzemeltetése biztosítja a higiéniai normák betartását, miközben hosszú távon fenntarthatóbb és gazdaságosabb megoldást kínál.

Mintaprojektek bevezetése

A mintaprojektek lehetőséget adnak arra, hogy az emberek személyesen is megtapasztalják az alternatív WC-k működését. Iskolákban, közösségi központokban vagy mezőgazdasági területeken telepített rendszerek demonstrálhatják a technológia előnyeit és alkalmazhatóságát. Az ilyen projektek eredményei nemcsak a technológia fejlesztéséhez nyújthatnak adatokat, hanem hozzájárulhatnak a szélesebb körű társadalmi elfogadottság növeléséhez is.

Technológiai fejlesztési lehetőségek

Az alternatív WC-k széles körű elterjedéséhez és elfogadásához nemcsak társadalmi szemléletformálásra van szükség, hanem a technológia folyamatos fejlesztésére is. Az alábbi javaslatok arra irányulnak, hogy az alternatív WC-k használata kényelmesebbé, esztétikusabbá és felhasználóbarátabbá váljon, miközben minimalizálják a felhasználói aggályokat.

Kényelem és esztétika javítása

A modern, ergonomikus design és kényelmi funkciók biztosítják, hogy az alternatív WC-k ne csak környezetbarátak, hanem kényelmesek és vizuálisan vonzóak legyenek. Ezek a fejlesztések növelik a felhasználói elégedettséget és a társadalmi elfogadottságot.

Szag- és higiéniai problémák minimalizálása

Az aktív szénzsűrők, antibakteriális bevonatok és automatikus szagelnyelő rendszerek beépítése csökkenti a szagokat és higiéniai aggályokat. Az egyszerű tisztításra és karbantartásra irányuló fejlesztések tovább növelik a technológia elfogadhatóságát és versenyképességét.

Gazdasági ösztönzők és támogatások

Kulcsfontosságú tényező, hogy a technológiát anyagilag elérhetővé és megfizethetővé tegyünk mind a magánháztartások, mind a közintézmények számára. A gazdasági ösztönzők és támogatási mechanizmusok bevezetése segíthet leküzdeni az anyagi akadályokat, és növelheti a technológia iránti érdeklődést.

Árképzés és szubvenciók

Az alternatív WC-k telepítési költsége jelenleg akadályt jelenthet a technológia széles körű elfogadásában, különösen alacsonyabb jövedelmű háztartásokban vagy kisebb költségvetésű közösségi létesítményekben. Ezért fontos, hogy az árképzési politikák és a szubvenciók célzottan támogassák a technológia bevezetését. Az adókedvezmények, például az alternatív WC-k vásárlásának és telepítésének költségeire alkalmazott ÁFA-csökkentés, jelentősen ösztönözhetné a magánszemélyeket a technológia alkalmazására. Emellett az állami támogatások és szubvenciók programok közvetlen anyagi segítséget nyújthatnak a rászorulóknak, illetve a közintézményeknek, például iskoláknak, kórházaknak vagy szociális központoknak.

A zöldhitelek rendszere szintén fontos szerepet játszhat. Ezek a kedvezményes kamatozású hitelek lehetővé teszik a háztartások és vállalkozások számára, hogy hosszú távon beruházzanak fenntartható technológiákba, beleértve az alternatív WC-eket. Az ilyen hitelek révén a magasabb kezdeti beruházási költségek könnyebben eloszthatók, így a technológia elérhetőbbé válik.

Pályázati lehetőségek

A pályázati programok bevezetése szintén hatékony eszköz lehet az alternatív WC-k telepítésének támogatására. Az ilyen programok célzottan segíthetnék a technológia bevezetését közintézményekben, például iskolákban, egyetemeken, közösségi központokban és más közszolgáltatási létesítményekben. Ezek az intézmények nemcsak a technológia alkalmazásának előnyeit élvezhetik, hanem példát is mutathatnak a lakosság számára, és hozzájárulhatnak a társadalmi szemléletformáláshoz.

A magánháztartások számára is kiemelten fontosak lehetnek a pályázati lehetőségek, amelyek révén a családok részleges vagy teljes pénzügyi támogatást kaphatnak az alternatív WC-k telepítésére. Ezek a programok különösen fontosak lehetnek olyan vidéki vagy gazdaságilag

hátrányos helyzetű régiókban, ahol a lakosság számára a technológia anyagi megterhelést jelentene. A pályázatok keretében nemcsak anyagi támogatás nyújtható, hanem oktatási és tanácsadási szolgáltatások is, amelyek segítik a pályázókat az alternatív WC-k megfelelő kiválasztásában és üzemeltetésében.

Oktatási és szemléletformáló programok

Elengedhetetlen elemei ennek a kérdéskörnek az oktatási és szemléletformáló programok. Ezek a kezdeményezések nemcsak a technológia előnyeit ismertetik meg a közönséggel, hanem segítenek leküzdeni a fenntartásokat és tabukat is. Az alábbiakban bemutatom, hogyan járulhatnak hozzá az oktatási programok a fenntartható szanitációs megoldások elterjedéséhez.

Iskolai oktatás

Az iskolai oktatás az egyik leghatékonyabb eszköz a fenntarthatósággal kapcsolatos tudatosság hosszú távú növelésére. A fenntartható fejlődés és a víztakarékosság témáit érdemes beépíteni a közoktatás tananyagába, különös tekintettel az alternatív szanitációs megoldásokra, mint például a víz nélküli WC-k. Az iskolai tanórákon a diákok megismerhetik az édesvíz-pazarlás problémáit, valamint azt, hogy milyen környezeti és társadalmi előnyökkel járhatnak az alternatív technológiák.

A tananyagok kiegészíthetők interaktív elemekkel, például modellek és szimulációk használatával, amelyek bemutatják az alternatív WC-k működését. Ezen kívül fontos, hogy az iskolák példamutató szerepet vállaljanak: a tanintézmények akár mintaprojektként is alkalmazhatnak alternatív WC-eket, amelyekkel a diákok gyakorlati tapasztalatokat szerezhetnek. Ez az ismereteket nemcsak elméleti, hanem gyakorlati szinten is átadja.

Az alternatív WC-k elfogadásának egyik legnagyobb akadálya a széklet- és vizeletfelhasználás körül kialakult társadalmi tabu. Ezek a témák sok ember számára kényelmetlenek vagy stigmatizáltak, ami jelentősen megnehezíti az alternatív szanitációs technológiák elterjedését. A kulturális érzékenyítést célzó programok segítségével azonban ezek a tabuk fokozatosan lebontathatók.

Az edukációs tartalmaknak közérthető és empatikus módon kell megközelíteniük ezeket a kérdéseket. Dokumentumfilmek, interjúk és közösségi média kampányok bemutatathatják, hogyan használják sikeresen az alternatív WC-eket különböző országokban, és milyen pozitív

hatással vannak ezek a megoldások a környezetre és az életminőségre. Ezen túlmenően érdemes bevonni a közösségeket, például nyilvános fórumok vagy viták szervezésével, ahol az emberek megoszthatják véleményeiket és kérdéseiket.

Politikai és szabályozási ajánlások

Szabályozási keretek kidolgozása

Az alternatív WC-k telepítésének és üzemeltetésének jogi szabályozása alapvető feltétele a technológia biztonságos és széles körű használatának. Jelenleg a legtöbb ország szanitációs szabályzata elsősorban a hagyományos vízöblítéses rendszerekre összpontosít, miközben az alternatív rendszerekre vonatkozó szabályozások hiányosak vagy nem léteznek. Ezért szükség van olyan részletes szabályozási keretek kidolgozására, amelyek pontosan meghatározzák az alternatív WC-kre vonatkozó telepítési, karbantartási és üzemeltetési előírásokat.

A szabályozásoknak ki kell térniük a következő területekre:

Telepítési irányelvek: Milyen műszaki követelményeknek kell megfelelniük az alternatív WC-knek, hogy biztonságosan integrálhatók legyenek különböző környezetekbe.

Higiéniai előírások: Az egészségügyi szabványok biztosítása érdekében pontos iránymutatásokra van szükség a tisztaság fenntartásához, a szagok kezeléséhez és a szerves anyagok biztonságos újrahasznosításához.

Hulladékkezelés: Szabályozni kell, hogyan kell kezelni, szállítani és feldolgozni az alternatív WC-k által előállított szerves hulladékot, különösen mezőgazdasági felhasználás esetén.

Engedélyezési folyamat: Egyszerű és átlátható engedélyezési rendszert kell kialakítani a technológia telepítéséhez, hogy a magánszemélyek és intézmények könnyen hozzáférhessenek.

Ezek a szabályok biztosíthatják, hogy az alternatív WC-k működése megfeleljen az egészségügyi és környezeti előírásoknak, miközben elősegítik a technológia biztonságos és hatékony alkalmazását.

Fenntarthatósági irányelvek

A fenntarthatósági irányelvek és a vízhasználat csökkentésére irányuló jogszabályok kiegészítése az alternatív WC-k bevezetésével jelentős előrelépést jelenthet a vízgazdálkodás fenntarthatóságának javításában. Az édesvízhiány világszerte egyre súlyosabb probléma, ezért

a politikai döntéshozóknak proaktív lépéseket kell tenniük annak érdekében, hogy csökkentsék a hagyományos vízöblítési rendszerek által okozott vízpazarlást.

Az irányelvek kiegészítése során az alábbi szempontok figyelembevétele különösen fontos:

- **Vízhasználati korlátozások:** Az alternatív WC-k népszerűsítése részeként jogszabályi szinten korlátozhatók a hagyományos WC-k vízfogyasztási szintjei, például vízfogyasztási határértékek bevezetésével.
- **Környezetvédelmi programok támogatása:** Az alternatív WC-k integrálása a fenntarthatósági célkitűzések közé, például a nemzeti vagy regionális zöld stratégiák keretében.
- **Ösztönző programok:** Az állam által nyújtott gazdasági ösztönzők, mint például szubvenciók vagy adókedvezmények, támogatnák a technológia alkalmazását.

Ezen kívül a fenntarthatósági irányelvek keretében fontos, hogy a döntéshozók figyelmet fordítsanak a közösségek és helyi önkormányzatok szerepére. A helyi szintű szabályozások rugalmasabban igazodhatnak a közösségek szükségleteihez és környezeti adottságaihoz, ezzel elősegítve a technológia hatékonyabb bevezetését.

Mezőgazdasági és környezeti hasznosítás

Az alternatív WC-k egyik legnagyobb potenciálja, hogy nemcsak csökkentik az édesvíz-felhasználást, hanem lehetőséget nyújtanak a mezőgazdaságban és a környezetvédelemben is jól hasznosítható szerves trágya előállítására. Az ilyen rendszerek bevezetése hosszú távon hozzájárulhat a körforgásos gazdaság kialakításához, miközben jelentős környezeti és gazdasági előnyöket kínál.

Szerves trágya előállítása

Az alternatív WC-k által termelt szerves anyagok, megfelelő feldolgozás után, kiváló minőségű komposzttá vagy szerves trágyává alakíthatók. Ez a folyamat azonban gondos tervezést és optimalizálást igényel annak érdekében, hogy a végtermék biztonságos és hatékony legyen a mezőgazdasági felhasználásra. A következő javaslatok segíthetnek a komposztálási folyamat optimalizálásában:

1. **Regionális feldolgozó egységek létrehozása:** A szerves anyagok kezelésére és komposztálására regionális feldolgozó központok létrehozása hatékonyabbá teheti a folyamatot, miközben csökkenti a logisztikai költségeket. Ezek a központok lehetőséget nyújtanak az anyagok ellenőrzött és szabványosított feldolgozására.
2. **Kutatás és fejlesztés:** A komposztálási technológiák fejlesztése és az új módszerek kutatása hozzájárulhat a hatékonyság növeléséhez. Innovatív megoldások, például a bioaktív adalékanyagok alkalmazása, felgyorsíthatják a lebomlási folyamatot, miközben növelik a végtermék minőségét.

Zárt körforgású modellek

Az alternatív WC-k integrálása a körforgásos gazdaság rendszereibe lehetőséget teremt egy olyan fenntartható modell megvalósítására, amely a hulladékot értékes erőforrássá alakítja. Az ilyen modellek nemcsak a víz- és hulladékgazdálkodást teszik fenntarthatóbbá, hanem hozzájárulnak a talajtermékenység javításához és a mezőgazdasági inputanyagok csökkentéséhez.

1. **Talajtermékenység javítása:** Az alternatív WC-k által előállított szerves trágya természetes módon pótolja a talaj tápanyagtartalmát, csökkentve a műtrágyák iránti igényt. Ez nemcsak gazdaságosabbá teszi a mezőgazdaságot, hanem csökkenti a műtrágyák alkalmazásával járó környezeti károkat is, például a vízszennyezést.
2. **Energiatermelési lehetőségek:** A szerves anyagok anaerob lebontásával biogáz termelhető, amely felhasználható energiaforrásként. Ez további lehetőséget kínál az alternatív WC-k körforgásos rendszerekbe történő integrálására, miközben csökkenti az üvegházhatású gázok kibocsátását.
3. **Helyi gazdaságok támogatása:** Az alternatív WC-k által termelt szerves anyagok helyi szinten újrahasznosíthatók, közvetlenül támogatva a közeli gazdaságokat. Ez erősíti a helyi körforgásos gazdaságot, miközben csökkenti a szállítási költségeket és az ehhez kapcsolódó környezeti terheket.

Az alternatív WC-k mezőgazdasági és környezeti hasznosítása a fenntartható fejlődés egyik kulcseleme lehet. A szerves trágya előállításának optimalizálása és a zárt körforgású modellek alkalmazása nemcsak a víztakarékossághoz járul hozzá, hanem csökkenti a hulladékkezelés környezeti terheit is. Ezzel a megközelítéssel egy fenntarthatóbb és hatékonyabb gazdálkodási modell valósítható meg, amely a jelenlegi környezeti kihívásokra hosszú távú megoldást kínál.

Monitoring és értékelés

Szintén egy fontos tényező a rendszeres monitoring és értékelés. Ezek a folyamatok biztosítják, hogy a technológia valóban elérje a kívánt célokat, például a vízmegtakarítást és a fenntarthatóságot, miközben figyelembe veszik a felhasználók tapasztalatait és igényeit. Az alábbiakban részletesen kifejtem, hogyan valósíthatók meg a hatékonyság mérése és a felhasználói elégedettség nyomon követése.

Hatékonyság mérése

Az alternatív WC-k egyik legfontosabb célja a vízhasználat csökkentése és a környezeti fenntarthatóság előmozdítása. Ennek érdekében kulcsfontosságú, hogy pontosan mérjük és értékeljük, mennyire hatékonyan teljesíti a rendszer ezeket a célkitűzéseket. A hatékonyság mérésére az alábbi módszerek alkalmazhatók:

1. **Vízmegtakarítás monitorozása:** Az alternatív WC-k használata előtt és után végzett vízfelhasználási adatok elemzése segíthet meghatározni, hogy mennyi édesvizet takarítanak meg a rendszerek. Ezek az adatok lehetnek háztartási szinten, regionálisan vagy országosan összesített statisztikák, amelyeket rendszeresen frissítenek.
2. **Hulladék újrahasznosításának nyomon követése:** A komposztált szerves anyagok mennyiségének és minőségének mérése szintén fontos indikátor. Ez nemcsak a rendszer környezeti előnyeit mutatja, hanem segíthet a mezőgazdasági alkalmazás sikerességének értékelésében is.
3. **Hosszú távú adatelemzés:** Az időbeli változások figyelemmel kísérése lehetővé teszi a rendszerek hatékonyságának és hatásainak hosszú távú értékelését. Ez magában foglalhatja a technológia által elért vízmegtakarítást, a hulladékcsökkentést és a környezetre gyakorolt pozitív hatásokat.

Felhasználói elégedettség

Az alternatív WC-k bevezetésének egyik sikertényezője a felhasználók tapasztalatai és véleményei. Ezért fontos, hogy folyamatosan gyűjtsük a visszajelzéseket, és azokat beépítsük a rendszerek fejlesztésébe. Az alábbiak segíthetnek a felhasználói elégedettség nyomon követésében:

1. **Kérdőívek és felmérések:** Rendszeresen végzett felmérések segítségével értékelhető, hogy a felhasználók mennyire elégedettek a technológia különböző aspektusaival, például a kényelemmel, az esztétikával, a szagkezeléssel és a tisztíthatósággal. Az ilyen felmérések segíthetnek azonosítani azokat a területeket, ahol fejlesztésekre van szükség.
2. **Nyilvános fórumok és közösségi események:** A közösségi szintű véleménycsere lehetőséget ad arra, hogy a felhasználók megosszák tapasztalataikat egymással és a szakértőkkel. Ez nemcsak a problémák azonosítását segíti, hanem növeli a technológia társadalmi elfogadottságát is.

Társadalmi párbeszéd kialakítása

Ahhoz, hogy ezek a rendszerek széles körben elfogadottá váljanak, elengedhetetlen egy aktív társadalmi párbeszéd kialakítása. Ez a párbeszéd nemcsak az ismeretek megosztására szolgál, hanem a lakosság igényeinek és aggályainak megértésére is. Az alábbiakban két kulcsfontosságú eszközt részletezek a társadalmi párbeszéd előmozdítására.

Közösségi viták szervezése

A közösségi viták és fórumok hatékony eszközök arra, hogy az emberek megismerhessék az alternatív WC-k működését, előnyeit és korlátait, miközben szabadon megoszthatják véleményüket és kérdéseiket. Ezek a rendezvények lehetővé teszik, hogy a technológiával kapcsolatos információk közvetlenül eljussanak a közösség tagjaihoz, és segítenek áthidalni a tájékozatlanságból eredő szkepticizmust.

Médiában való megjelenés

A média hatékony platformot kínál az alternatív WC-kkel kapcsolatos információk széles körű terjesztésére, amely elengedhetetlen a technológia társadalmi elfogadottságának növeléséhez. A pozitív történetek és példák bemutatása a közösségi médiától a hagyományos sajtóig hozzájárulhat a társadalmi párbeszéd elindításához és a technológia előnyeinek megismertetéséhez.

1. **Pozitív történetek kommunikálása:** A sikeres mintaprojektek bemutatása, akár helyi, akár nemzetközi példákon keresztül, kiemelheti az alternatív WC-k környezeti és gazdasági előnyeit. A személyes történetek, például olyan családok vagy közösségek tapasztalatai, amelyek már használják ezeket a rendszereket, különösen hatékonyak lehetnek a társadalmi szkepticizmus csökkentésében.
2. **Szakértők és véleményvezérek bevonása:** Olyan hiteles személyek megszólaltatása, mint környezetvédelmi szakértők, egészségügyi szakemberek vagy közéleti személyiségek, növelheti a technológia iránti bizalmat. Az ő támogatásuk hozzájárulhat a társadalmi elfogadottság erősítéséhez.
3. **Kampányok és tematikus rendezvények:** Országos és helyi kampányok, például „Fenntartható Szanitáció Hónapja” vagy „Vízmentes WC Nap,” ráirányíthatják a figyelmet a technológia fontosságára és előnyeire. Ezek a kampányok lehetőséget adnak arra, hogy szélesebb társadalmi rétegeket vonjanak be a párbeszédbe.

Az ajánlásokban megfogalmazott gyakorlati lépések és stratégiai javaslatok a fenntartható szanitációs rendszerek sikeres bevezetését célozták. A következő fejezet ezeknek a javaslatoknak a gyakorlati megalapozottságát és a kutatás során eddig elért eredményeket összegzi, megvilágítva a kutatás főbb tanulságait és irányvonalait.

Kutatás eredményei

Szakirodalmi összefoglaló: Mit találtunk eddig?

A szakirodalmi áttekintés rávilágított, hogy a hagyományos szanitációs rendszerek számos problémát okoznak, amelyek nemcsak a környezetre, hanem az élelmiszertermelés fenntarthatóságára is negatív hatással vannak. A vízőblítéses WC-k, amelyeket világszerte elterjedten alkalmaznak, hatalmas édesvízmennyiséget igényelnek, amely különösen a vízhiányos területeken fenntarthatatlan. Ezzel szemben az alternatív szanitációs rendszerek, például a komposztáló WC-k vagy a vizeletelválasztó technológiák, olyan megoldásokat kínálnak, amelyek csökkentik a vízfelhasználást, és hozzájárulnak a mezőgazdaság tápanyag-utánpótlásához.

Nemzetközi példákból, mint a svédországi Tanum, a németországi ökofalvak vagy Kína egyes vidéki térségei, látható, hogy ezek a rendszerek hatékonyan csökkenthetik a szennyvíz kezelésének környezeti terheit, miközben a keletkező szerves anyagok mezőgazdasági felhasználásával növelik a talaj termékenységét. Haitin például a komposztáló WC-k bevezetése segített csökkenteni a szanitáció hiányából adódó betegségeket, és a keletkező humuszt a helyi mezőgazdaságban hasznosították, javítva a termés hozamot.

Miért kell Magyarországnak váltania?

Magyarország mezőgazdasági területeinek közel 40%-a szenved a talajdegradáció különböző formáitól, például a szervesanyag-tartalom csökkenésétől, eróziótól és szikesedéstől. Ezek a problémák közvetlenül érintik az élelmiszertermelés hatékonyságát és a talaj termékenységét. Az intenzív műtrágya-használat, amely az elmúlt évtizedekben elterjedtté vált, rövid távon javíthatja a termés hozamot, azonban hosszú távon rontja a talaj minőségét és szerkezetét. Ez nemcsak gazdaságilag fenntarthatatlan, hanem ökológiai katasztrófához is vezethet, különösen a klímaváltozás okozta szélsőséges időjárási körülmények között.

Az alternatív szanitációs rendszerek bevezetése Magyarországon lehetőséget teremtene a talaj tápanyagtartalmának természetes pótlására, miközben jelentős vízmegtakarítást eredményezne. Az emberi ürülékből előállított szerves trágya fenntartható megoldást kínálhatna a talajdegradáció mérséklésére, és hozzájárulhatna a műtrágyák iránti kereslet csökkentéséhez, amely nemcsak költségmegtakarítást jelentene, hanem a környezetvédelmi terheket is mérsékelné.

A kihívások: A szakirodalomban említett undor és társadalmi elfogadottság

A víz nélküli szanitációs rendszerek alkalmazásának egyik legnagyobb akadálya a társadalmi elfogadottság hiánya. A szakirodalom egyértelműen rámutat, hogy az undor és a pszichológiai ellenállás jelentős szerepet játszik ezeknek a rendszereknek a bevezetésében. Például Svédországban és Németországban kezdetben hasonló problémákkal szembesültek, azonban tájékoztató kampányokkal, edukációs programokkal és mintaprojektekkel sikerült növelni a lakossági elfogadottságát.

Magyarországon szintén szükség lenne hasonló lépésekre. A lakosság és a döntéshozók számára világossá kell tenni, hogy ezek a rendszerek nemcsak környezetvédelmi, hanem gazdasági előnyökkel is járnak. Különösen fontos, hogy a közvélemény megértse: a komposztáló WC-k és a vizeletelválasztó technológiák nem csupán környezetbarát megoldások, hanem hozzájárulnak az élelmiszertermelés fenntarthatóságához is.

Kutatási eredményeim

A saját kutatásomban kvantitatív és kvalitatív módszereket kombináltam, hogy feltárjam a víz nélküli szanitációs rendszerek lehetséges hatásait Magyarországon. A lakossági vélemények és attitűdök feltárására online kérdőíveket alkalmaztam, amelyek során kiderült, hogy a válaszadók körében vegyes érzések tapasztalhatók: bár sokan elismerik a víztakarékosság és a környezetvédelem fontosságát, az undor és az ismeretek hiánya akadályozza az elfogadást.

A szakértőkkel készített interjúk azonban azt mutatják, hogy technológiai és gazdasági szempontból ezek a rendszerek életképes alternatívát jelentenek. A komposztáló WC-k, amelyek kevesebb karbantartást és üzemeltetési költséget igényelnek, hatékonyan integrálhatók a helyi mezőgazdasági rendszerekbe, különösen olyan régiókban, ahol a talaj szervesanyag-tartalma alacsony.

A hipotézis és kutatási kérdések megválaszolása

A kutatás hipotézise, miszerint a víz nélküli szanitációs rendszerek Magyarországon hozzájárulhatnak a fenntartható mezőgazdaság fejlődéséhez és a vízgazdálkodás javításához, alapvetően beigazolódott. Az eredmények rávilágítottak, hogy ezek a rendszerek csökkenthetik a vízfelhasználást, mérsékelhetik a szintetikus műtrágyák iránti igényt, és javíthatják a talajminőséget. Ugyanakkor a társadalmi elfogadottság hiánya jelenleg akadályozza a széles körű bevezetést, ezért ezen a területen további munkára van szükség.

A kutatási kérdésekre adott válaszok megerősítették, hogy az alternatív szanitációs rendszerek technológiai és gazdasági szempontból életképesek, ugyanakkor a bevezetéshez elengedhetetlen a társadalmi attitűdök megváltoztatása és a megfelelő infrastruktúra kiépítése.

Összegzés

Az eddigi eredmények alátámasztják, hogy Magyarország számára a víz nélküli szanitációs rendszerek bevezetése nemcsak környezeti, hanem gazdasági szempontból is jelentős előnyöket hordoz. Az emberi ürülék szerves trágyaként való felhasználása hozzájárulhat a talajdegradáció mérsékléséhez és a fenntartható mezőgazdaság kialakításához. A sikeres bevezetéshez azonban szükség van társadalmi edukációra, a technológiai feltételek biztosítására és az attitűdök megváltoztatására. Csak így válhatnak ezek a rendszerek széles körben elfogadottá és alkalmazottá Magyarországon.

Irodalomjegyzék

1. Koop, S.H.A., van Leeuwen, C.J. (2017). s.i.: Springer. The challenges of water, waste and climate change in cities. *Environ Dev Sustain* 19, 385–418. Elérhető: https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-016-9760-4?fbclid=IwAR1UGFYdLE_puAIIEego6SxmaK5zm-jMz1ZpkThV9i_ybMYsBC5qCJTWzII#citeas (Letöltve: 2024.10.09.)
2. un.org (2024). *ABEREUS: The Future of waterless toilets and their positive impact on the world* [online]. Elérhető: <https://sdgs.un.org/partnerships/abereus-future-waterless-toilets-and-their-positive-impact-world> (Letöltve: 2024.10.02)
3. organicabiotech.com (2021). *Benefits of Waterless Bio-Toilet: A Sustainable Sanitation Solution* [online]. Elérhető: <https://organicabiotech.com/benefits-of-waterless-bio-toilet-a-sustainable-sanitation-solution/> (Letöltve: 2024.10.02)
4. Baird, G. és Baird, A. (2018). *Essential Composting Toilets: A Guide to Options, Design, Installation, and Use*. s.i.: New Society Publishers. Elérhető: https://www.google.hu/books/edition/Essential_Composting_Toilets/caVjDwAAQBAJ?hl=hu&gbpv=1&dq=compost%20toilets&pg=PA1&printsec=frontcover (Letöltve: 2024.10.03.)
5. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *Future proofing agriculture systems: Circular sanitation economies for more resilient and sustainable food systems*. [pdf.] Róma: FAO. Elérhető: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/feaa4ee5-a5c2-4462-b5c4-43c85b51b0f8/content> (Letöltve: 2024.10.01.)
6. Philip, R., Anton, B., & van der Steen, P. (2011). *SWITCH training kit. Integrated urban water management in the city of the future. Module 1. Strategic planning*, Freiburg: ICLEI. Elérhető: <http://www.switchtraining.eu/> (Letöltve: 2024.10.12.)
7. Melda, G. (2009). *Comparative analysis of public and private sector organizations: a study on cultural differences*. [online] M.Sc. Middle East Technical University. Elérhető: <http://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12610448/index.pdf> (Letöltve: 2024. 10. 12.)

8. Carter, W. H. (2006). *Flushed: How the Plumber Saved Civilization*. [ekönyv] New York: Atria Books. Elérhető: https://books.google.hu/books/about/Flushed.html?id=QiGdMafoOUkC&redir_esc=y (Letöltve: 2024.10.11.)
9. Quitzau, M. (2007). Flushed toilets: Systemic development and path-dependent characteristics and their bearing on technological alternative. - *Technology in Society* [online] 29 (3), 351-360. o. Elérhető: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160791X07000302> (Letöltve:2024.10.11.)
10. Esrey, S. A., Andersson, I., Hillers, A., and Sawyer, R. (2000). *Closing the loop: Ecological sanitation for food security*. [pdf.] Mexico: Sida and UNDP. Elérhető: <https://www.susana.org/knowledge-hub/resources?id=788> (Letöltve: 2024. 10.15)
11. Del Porto, D. és Steinfeld, C. (2000). *The Composting Toilet System Book* - The Center for Ecological Pollution Prevention (CEPP). [e-könyv] Massachusetts: Concord. Elérhető: https://books.google.hu/books/about/The_Composting_Toilet_System_Book.html?id=ve8eAQAAIAAJ (Letöltve: 2024.10.11.)
12. Horan, J. L. (1997). *The Porcelain God: a Social History of the Toilet*. [pdf.] Kanada: Citadel Press. Elérhető: https://moodle.ibs-b.hu/pluginfile.php/25544/mod_resource/content/1/Harvard_magyar_2017.pdf (Letöltve: 2024.10.25.)
13. Langergraber, G. és Muellegger, E. (2005). *Ecological Sanitation—a way to solve global sanitation problems?* 31 (3), 433–44. [pdf.] Bécs: ELSEVIER. Elérhető: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/LANGERGRABER%20and%20MUELLEGGER%202004%20Ecological%20Sanitation%20A%20Way%20to%20Solve%20Global%20Sanitation%20Problems.pdf (Letöltve: 2024.10.25.)
14. Winblad, U., Kilama, W. és Torstensson, K. (1978). *Sanitation without water*. [online] Stockholm: Sundt Offset. Elérhető: <https://archive.org/details/sochara.sanitationwithou0000winb/mode/2up> (Letöltve: 2024.10.17.)

15. Han, M. Y. és Kim, M. K. (2014). *Evolution of Sanitation and Wastewater Technologies through the Centuries*. [pdf.] London: IWA Publishing. Elérhető: https://www.academia.edu/26736892/Evolution_of_Sanitation_and_Wastewater_Technologies_through_the_Centuries?auto=download (Letöltve:2024.10.18.)
16. Hashemi, Sh. (2015). *Fate of Nitrogen in Urine Separated Toilet System*. M.Sc. Seoul National University, Seoul. Elérhető: https://www.researchgate.net/publication/288827548_Innovative_Toilet_Technologies_for_Smart_and_Green_Cities (Letöltve: 2024.10.17.)
17. Tayler, K., Parkinson, J. és Colin, J. (2003). *Urban Sanitation: A Guide to Strategic Planning*. [online] London: ITDG Publishing. Elérhető: <https://archive.org/details/urbansanitationg0000tayl> (Letöltve: 2024.10.16.)
18. Sun, S. és Han, J. (2021). Open defecation and squat toilets, an overlooked risk of fecal transmission of COVID-19 and other pathogens in developing communities. *Environmental Chemistry Letters*, 19 (2), 787–795. o. Elérhető: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-020-01143-1> (Letöltve:2024.10.15.)
19. Yizhe, D., Xiaojun, L. és Li, L. (2022). The Gap between Willingness and Behavior: The Use of Recycled Water for Toilet Flushing in Beijing, China. *Water and One Health* [online] 14 (8), 1287. o. Elérhető: <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/8/1287> (Letöltve:2024.10.17.)
20. Ország, J. (2017). *A VÍZGAZDA - a fenntartható vízgazdálkodás és a VÍZÖNELLÁTÓ* [online]. Elérhető: <https://www.eautarcie.org/hu/02a.html> (Letöltve: 2024.11.26.)
21. AKI (2023). *Tovább mérséklődtek a műtrágyák értékesítési árai*. Elérhető: <https://www.aki.gov.hu/2023/11/06/tovabb-merseklodtek-a-mutragyak-ertekesitesi-arai/?utm> (Letöltve: 2024.11.26.)
22. Csoltai, V. (2024). *Műtrágya-értékesítés mezőgazdasági termelőknek*. *Statisztikai jelentések* [online] XXV (1), 1-20. o. Elérhető: <https://www.aki.gov.hu/termek/mutragya-ertekesites-mezogazdasagi-termeloknek-2023-ev/?utm> (Letöltve: 2024.11.26.)
23. Komposztálással a talaj regenerálható (2022). *Biokontroll Hungária* [online], október 15. Elérhető: <https://www.biokontroll.hu/komposztalassal-a-talaj-regeneralhato/?utm> (Letöltve: 2024.11.26.)

24. Szentes, D. (2022). Talajdegradációs folyamatok: talajsavanyodás. *Agrofórum* [online], február 9. Elérhető: <https://agroforum.hu/szakcikkek/talajmuvelés/talajdegradacios-folyamatok-talajsavanyodas/?utm> (Letöltve: 2024.11.26.)
25. Diriczi, Zs. (n.d.). *Szervesanyag-gazdálkodás haladóknak* [online]. Elérhető: <https://talajreform.hu/tudasbazis/szervesanyag-gazdalkodas-haladoknak/?utm> (Letöltve: 2024.11.26.)
26. Kátai, J. (2018). A növénytermesztés alapja a talaj, *Agrofórum* [online], október 13. Elérhető: <https://agroforum.hu/szakcikkek/talajmuvelés/novenytermesztes-alapja-talaj/?utm> (Letöltve: 2024.11.26.)
27. Agrárszektor (2023). Szuperhatékony módszer a termőtalaj védelmében: ez tényleg működik, *Agrárszektor* [online], október 21. Elérhető: <https://www.agrarszektor.hu/fenntarthatosag/20231021/szuperhatekony-modszer-a-termotalaj-vedelmeben-ez-tenyleg-mukodik-45719?utm> (Letöltve: 2024.11.26.)
28. KSH (2024). 19.1.1.39. Szervestrágyázás', *STADAT táblák* [online]. Elérhető: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0040.html (Letöltve: 2024.11.26.)
29. KSH (2024). 19.1.1.40. Értékesített műtrágya mennyisége hatóanyagban, *STADAT táblák* [online]. Elérhető: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0041.html (Letöltve: 2024.11.26.)
30. KSH (2024). 19.1.3.19. A mezőgazdasági területek használata művelési ágak szerint, *STADAT táblák* [online]. Elérhető: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0095.html (Letöltve: 2024.11.26.)
31. KSH (2024). 19.1.1.1. A mezőgazdaság összefoglaló adatai, *STADAT táblák* [online]. Elérhető: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0001.html (Letöltve: 2024.11.26.)
32. Druitt, M. (2009). *The Swedish Eco-Sanitation Experience: Case studies of successful projects implementing alternative techniques for wastewater treatment in Sweden*. [pdf] Uppsala: Coalition Clean Baltic. Elérhető: https://irp.cdn-website.com/53007095/files/uploaded/CCB_SwedishEconSanExperience_FINAL.pdf (Letöltve: 2024.11.26.)
33. Banamwana, C., Musoke, D., Ntakirutimana, T., Buregyeya, E. és Ssempebwa, J. (2022). Complexity of adoption and diffusion of ecological sanitation technology: a review of literature. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development* [online] 12 (11), 755–767. o. Elérhető:

<https://iwaponline.com/washdev/article/12/11/755/91517/Complexity-of-adoption-and-diffusion-of-ecological> (Letöltve: 2024.11.26.)

34. Flores, A., Rosemarin, A. és Fenner, R. (2009). Evaluating the Sustainability of an Innovative Dry Sanitation (Ecosan) System in China as Compared to a Conventional Waterborne Sanitation System. *Proceedings of the Water Environment Federation* [online], január. Elérhető: https://www.researchgate.net/publication/260384344_Evaluating_the_Sustainability_of_an_Innovative_Dry_Sanitation_Ecosan_System_in_China_as_Compared_to_a_Conventional_Waterborne_Sanitation_System (Letöltve: 2024.11.26.)
35. VanRiper, F., Russel, K. C., Tillias, D., Tilt, J. és Laporte, J. (2022). Container-based sanitation in urban Haiti: how can it improve human rights as a component of citywide inclusive sanitation?. *H2Open Journal* [online] 5 (1), 135–152. o. Elérhető: <https://iwaponline.com/h2open/article/5/1/135/87677/Container-based-sanitation-in-urban-Haiti-how-can> (Letöltve: 2024.11.26.)
36. Schuetze, T. és Santiago-Fandiño, V. (2014). Terra Preta Sanitation: A Key Component for Sustainability in the Urban Environment. *Sustainability* [online] 6 (11), 7725–7750. o. Elérhető: <https://www.mdpi.com/2071-1050/6/11/7725> (Letöltve: 2024.11.26.)
37. Kelova, M.E., Eich-Greatorex, S. és Krogstad, T. (2021). Human excreta as a resource in agriculture – Evaluating the fertilizer potential of different composting and fermentation-derived products. *Resources, Conservation & Recycling* [online] 175, 107057. Elérhető: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921003578> (Letöltve: 2024.11.26.)
38. United Nations (2012). *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision*. [pdf] New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Elérhető: https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/WUP2011_Report.pdf (Letöltve: 2024.11.26.)
39. United Nations (2012). *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision*. [pdf] New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Elérhető: https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/WUP2011_Report.pdf (Letöltve: 2024.11.26.)

40. OECD (2015). *Water and Cities: Ensuring Sustainable Futures*. [pdf.] Párizs: OECD Publishing. Elérhető: https://www.oecd-ilibrary.org/environment/water-and-cities_9789264230149-en (Letöltve: 2024.10.15.)
41. Hunger, M., & Döll, P. (2008). Value of river discharge data for global-scale hydrological modeling. *Hydrology and Earth Systems Science* [online] 12 (3), 841–861. o. Elérhető: <https://hess.copernicus.org/articles/12/841/2008/> (Letöltve: 2024.10.15.)
42. Richter, B. D., Abell, D., Bacha, E., Brauman, K., Calos, S., Cohn, A., et al. (2013). Tapped out: How can cities secure their water future? *Water Policy* [online] 15 (3), 335–363. o. Elérhető: <https://iwaponline.com/wp/article/15/3/335/31209/Tapped-out-how-can-cities-secure-their-water> (Letöltve: 2024.10.15.)
43. UNEP (2013). *City-level decoupling: Urban resource flows and the governance of infrastructure transitions*. A report of the working group on cities of the International Resource Panel. Swilling, M., Robinson, B., Marvin, S. és Hodson, M. Nairobi: United Nations Environment Programme. Elérhető: <https://www.unep.org/resources/report/city-level-decoupling-urban-resource-flows-and-governance-infrastructure> (Letöltve: 2024.10.15.)
44. UNU és UNOSD (2013). *Water for Sustainability: Framing Water within the Post-2015 Development Agenda*. United Nations University Institute for Water, Environment and Health [online] Kanada: UN Office of Sustainable Development és Stockholm Environment Institute. Elérhető: <https://harvest.usask.ca/items/1e0d6afd-30b1-44dd-97ea-163d0396558f> (Letöltve: 2024.10.15.)
45. World Bank (2023). *Global Water Security and Sanitation Partnership Annual Report 2023* [online] Washington, DC: World Bank. Elérhető: <https://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/global-water-security-and-sanitation-partnership-annual-report-2023> (Letöltve: 2024.10.15.)
46. Fernandes, F. és Banerjee, B. (2023). Visualizing the global population by water security levels. *World Economic Forum* [online], augusztus 25. Elérhető:

<https://www.weforum.org/stories/2023/08/global-population-water-security-levels/>

(Letöltve: 2024.10.15.)

47. World Bank (2023). *Global Water Security and Sanitation Partnership Annual Report 2023* [online] Washington: World Bank. Elérhető:
<https://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/global-water-security-and-sanitation-partnership-annual-report-2023> (Letöltve: 2024.10.15.)
48. McGinn, C. (2011) *The meaning of disgust*. [pdf.] New York: Oxford University Press. Elérhető:
https://books.google.hu/books?hl=hu&lr=&id=UN4ljzF0tDsC&oi=fnd&pg=PP1&dq=disgust+and+fecal+matter&ots=QE76kTudSV&sig=d5QjLMlof-VH-FhCkVqr1Geh3EY&redir_esc=y#v=onepage&q=fescs&f=false (Letöltve: 2024.10.15.)
49. T.J. Cepon-Robins, A.D. Blackwell, T.E. Gildner, M.A. Liebert, S.S. Urlacher, F.C. Madimenos, G.N. Eick, J.J. Snodgrass, L.S. Sugiyama (2021). Pathogen disgust sensitivity protects against infection in a high pathogen environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online] 118 (8), e2018552118. Elérhető:
<https://www.pnas.org/doi/epub/10.1073/pnas.2018552118> (Letöltve: 2024.10.15.)
50. 2030 Water Resources Group (n.d.). *Charting Our Water Future*. Elérhető:
<https://2030wrg.org/> (Letöltve: 2024.10.19.)
51. UNEP (2007). *Global Environment Outlook 4 (GEO-4): Environment for Development - Assessment Brochure* [online] Nairobi: United Nations Environment Programme. Elérhető: <http://archive.iwlearn.net/unep.org/geo/Docs/GEO-4AssessmentBrochure.pdf> (Letöltve: 2024.10.19.)
52. FAO (2011). *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Managing systems at risk* [online] Róma: Az Egyesült Nemzetek Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezete. Elérhető:
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/d2356bff-1c02-4443-9701-5d3ef0212c72/content/i1688e.htm> (Letöltve: 2024.10.19.)
53. Molden, D. (szerk.) (2013). *Water for Food Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture* [e-könyv] London: Routledge. Elérhető:

https://books.google.hu/books?hl=hu&lr=&id=zQV1CQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&ots=9kZK8eetGf&sig=A7chojmGrqCcjomRng92ZQJoCvU&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (Letöltve: 2024.10.19.)

54. WHO (2008). *Safer Water, Better Health: Costs, Benefits and Sustainability of Interventions to Protect and Promote Health* [online] Genf: World Health Organization. Elérhető: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43840/?sequence=1> (Letöltve: 2024.10.19.)
55. Gleick, P. H. (2003). Global freshwater resources: Soft-path solutions for the 21st century. *Science* [online] 302 (5650), 1524–1528. o. Elérhető: https://pacinst.org/wp-content/uploads/2013/02/science_1120033.pdf (Letöltve: 2024.10.19.)
56. Bidira, F., Yesuf, M. B., Schaefer, N., Friedle, M. és Alemayehu, E. (2024). Review on dry toilet and management: Brown water (feces) characteristics, composition, and management, *Environmental Health Engineering and Management Journal* [online] 11 (3), 371–384. o. Elérhető: http://ehemj.com/browse.php?a_id=1432&sid=1&slc_lang=en&ftxt=1 (Letöltve: 2024.10.19.)
57. Adjama, I., Derkyi, N. S., Uba, F., Akolgo, G. A., & Opuko, R. (2022). Anaerobic co-digestion of human feces with rice straw for biogas production: A case study in Sunyani. *Modelling and Simulation in Engineering* [online] 2022 (1), 2608045. Elérhető: <https://www.hindawi.com/journals/mse/2022/2608045/> (Letöltve: 2024.10.19.)
58. Sharma, A. és Chetani, R. (2017). A review on the effect of organic and chemical fertilizers on plants. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology* [online] 5 (2), 1-7. o. Elérhető: https://www.researchgate.net/profile/Ameeta-Sharma/publication/315650911_A_Review_on_the_Effect_of_Organic_and_Chemical_Fertilizers_on_Plants/links/6034c2b44585158939c2c489/A-Review-on-the-Effect-of-Organic-and-Chemical-Fertilizers-on-Plants.pdf (Letöltve: 2024.10.19.)
59. Asadu, C.L.A. és Unagwu, B.O. (2012). Effect of Combined Poultry Manure and Inorganic Fertilizer on Maize Performance in an Ultisol of South-East Nigeria. *Nigeria Journal of Soil Science* [online] 22 (1), 79–87. o. Elérhető: https://www.researchgate.net/publication/317831776_Effect_of_combined_application

of poultry manure and inorganic fertiliser on yield and yield components of maize intercropped with soybean (Letöltve: 2024.10.19.)

60. Ojeniyi, S. O. (2002). Soil management, national resources and environment. *Adeniran press* [online] 4 (2), 28-44. o. Elérhető: https://www.researchgate.net/publication/314463081_Status_of_Integrated_Soil_Fertility_Management_ISFM_in_Southwestern_Nigeria (Letöltve: 2024.10.19.)
61. Cooke, G. W. (1982). Fertilizing for maximum yield. *Experimental Agriculture* [online] 19 (4), 465. o. Elérhető: <https://www.cambridge.org/core/journals/experimental-agriculture/article/abs/fertilizing-for-maximum-yield-by-g-w-cooke-london-sydney-toronto-and-new-york-granada-1982-third-edition-pp-465-995-paperback/C7006F50735CFD605BE3F2B6B80B66F8> (Letöltve: 2024.10.19.)
62. Nagy, J. és Zseni, A. (2017). Human urine as an efficient fertilizer product in agriculture. *Agronomy Research* [online] 15 (2), 490-500. o. Elérhető: https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2017/04/Vol15nr2_Nagy.pdf (Letöltve: 2024.10.19.)
63. Agroforum.hu (2023). *A vizelet, mint műtrágya – működőképes módszer?* [online]. Elérhető: <https://agroforum.hu/szakcikkek/hazikert/a-vizelet-mint-mutragya-mukodokepes-modszer/>
64. WHO (2010). Cholera – Haiti. *Disease Outbreak News* [online], november 4. Elérhető: https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2010DON044?utm_source=chatgpt.com (Letöltve: 2024.11.30.)
65. ReliefWeb.int (2017). Cholera in the Americas - Situation summary. *Epidemiological Update – Cholera* [online], december 28. Elérhető: https://reliefweb.int/report/haiti/epidemiological-update-cholera-28-december-2017?utm_source=chatgpt.com (Letöltve: 2024.11.30.)
66. WHO (2022). Cholera – Haiti. *Disease Outbreak News* [online], december 13. Elérhető: https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2022-DON427?utm_source=chatgpt.com (Letöltve: 2024.11.30.)
67. Yu, V.Y., Raoult, D. és Greub, G. (2018) Chlamydiales as agents of zoonotic diseases. *Science Advances* [online] 4 (10), eaau3798. Elérhető: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aau3798> (Letöltve: 2024.11.30.)

68. Urimat.com (n.d.). *Rólunk* [online]. Elérhető:
https://www.urimat.com/hu/rolunk?utm_source=chatgpt.com (Letöltve: 2024.11.30.)
69. Európai Unió Tanácsa (2024). *Szennyvíztisztítás* [online]. Elérhető:
https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/wastewater-treatment/?utm_source=chatgpt.com (Letöltve: 2024.11.30.)
70. Zseni, A. és Nagy, J. (2016). Az emberi ürülék szerepe a fenntartható fejlődésben - I. rész – Az ürülék tápanyagtartalma. *Lépések a fenntarthatóság felé* [online] 22 (64), 9-11. o. Elérhető: https://kovet.hu/wp-content/uploads/2018/03/L%C3%A9p%C3%A9sek-64_final-1.pdf (Letöltve: 2024.12.01.)
71. Vörös, L. (n.d.) A Balaton vízminősége és az algák. *Balaton Limnológiai Kutatóintézet* [online]. Elérhető: https://www.blki.hun-ren.hu/Balaton_es_algak (Letöltve: 2024.12.01.)

Mellékletek

- 1. ábra: Globális népességnövekedési trendek és regionális különbségek hatása az erőforrás-felhasználásra (1600–2100) (Elérhető:
https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-016-9760-4?fbclid=IwAR1UGFYdLE_puAItEego6SxmaK5zm-jMz1ZpkThV9i_ybMYsBC5qCJTWzII#citeas , Letöltve: 2024.10.09.)
- 2. ábra: Városi megatrendek és kihívások (Elérhető:
https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-016-9760-4?fbclid=IwAR1UGFYdLE_puAItEego6SxmaK5zm-jMz1ZpkThV9i_ybMYsBC5qCJTWzII#citeas , Letöltve: 2024.10.09.)
- 3. ábra: Komposztáló WC működési elve (Elérhető:
http://ehemj.com/browse.php?a_id=1432&sid=1&slc_lang=en&ftxt=1 , Letöltve: 2024.10.09.)
- 4. ábra: Emberi ürülék felhasználása műtrágyaként (Elérhető:
http://ehemj.com/browse.php?a_id=1432&sid=1&slc_lang=en&ftxt=1 , Letöltve: 2024.10.09.)

- 5. ábra: Biogáz előállítás emberi hulladékból (Elérhető: http://ehemj.com/browse.php?a_id=1432&sid=1&slc_lang=en&ftxt=1 , Letöltve: 2024.10.09.)
- 6. ábra: Egyéni jellemzők hatása a viselkedésre (Elérhető: <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/8/1287> , Letöltve: 2024.10.09.)
- 7. ábra: A vizelet makroelem-tartalmának becsült átlagértékei (Elérhető: https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2017/04/Vol15nr2_Nagy.pdf , Letöltve: 2024.10.09.)
- 8. ábra: A mezőgazdaság főbb gazdasági mutatói (2010–2023) (Elérhető: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0001.html , Letöltve: 2024.11.26.)
- 9. ábra: Szerves trágyázás főbb mutatói (2016–2023) (Elérhető: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0040.html , Letöltve: 2024.11.26.)
- 10. ábra: Értékesített műtrágya hatóanyagtartalma (2010–2023) (Elérhető: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0041.html , Letöltve: 2024.11.26.)
- 11. ábra: A mezőgazdasági termelés volumenváltozása európai országokban (2007–2021) (Elérhető: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0095.html , Letöltve: 2024.11.26.)

Google Forms kérdőív

- https://docs.google.com/forms/d/1mpAFOLnzXoSI5eZjbgzsh5uHAWYgHn1TOvwL-8_58i8/edit

Google Forms kérdőív grafikonjai

- [Kérdőív grafikonok.xlsx](#)

Interjú kérdések

1. Milyen motivációk vezettek ahhoz, hogy elkezdje használni a komposztáló WC-t és a széklet komposztálását? Milyen kihívásokkal és előnyökkel találkozott?
2. Kérem, ismertesse részletesen a komposztálás folyamatát, amit Ön követ. Milyen lépéseket tesz, hogy biztosítsa a komposztált anyag biztonságát és minőségét?

3. Milyen hatással van a kertjére, a talajra és a növények növekedésére a komposztált széklet használata? Látott-e változásokat a terméshozamokban vagy a talaj minőségében?
4. Mit gondol, mennyire lenne életképes ez a módszer nagyobb léptékekben? Milyen nehézségekkel és előnyökkel járhatna a széleskörű alkalmazása?
5. A kutatásom alapján úgy tűnik, hogy a vízöblítéses WC-k túlzott vízhasználata komoly problémát jelent. Ön szerint a komposztáló WC-k milyen mértékben csökkenthetnék az édesvíz pazarlását városi környezetben?
6. Milyen környezeti előnyei vannak a komposztáló WC-k használatának? Gondolja, hogy ezek hozzájárulhatnak a körkörös gazdaság és a fenntartható mezőgazdaság fejlődéséhez?
7. Az emberek többsége tabuként tekint a széklet komposztálására. Mi lehet ennek az oka, és mit gondol, hogyan lehetne megváltoztatni az emberek hozzáállását?
8. Vannak egészségügyi vagy biztonsági aggályai a komposztált széklet használatával kapcsolatban? Hogyan kezeli ezeket az aggályokat?
9. Szeretném tudni, hogy a társadalmi elfogadottság szempontjából milyen akadályokat lát. Ön szerint milyen kommunikációs vagy oktatási lépések segíthetnék a komposztáló WC-k elterjedését?
10. Milyen tanácsokat adna azoknak, akik most gondolkoznak azon, hogy bevezetik ezt a rendszert a kertjükben és otthonukban vagy akár közösségi környezetben?