

# HULLADÉK VAGY ÉRTÉK? AZ EMBERI ÜRÜLÉK, MINT A FENNTARTHATÓ VÍZGAZDÁLKODÁS ÉS MEZŐGAZDASÁG EGYIK FONTOS TÉNYEZŐJE<sup>⊗</sup>

## WASTE OR VALUE? HUMAN EXCRETA AS AN IMPORTANT FACTOR OF THE SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT AND AGRICULTURE

DR. ZSENI Anikó

egyetemi docens  
Széchenyi István Egyetem Környezetmérnöki Tanszék  
9026 Győr, Egyetem tér 1.  
zseniani@sze.hu

**Kivonat:** A dolgozat egy induló kutatás-sorozat első állomásának eredményeit foglalja össze. A vízőblítéses WC okozta környezeti hatások rövid áttekintését követően az emberi ürülék összetételének elemzésével bemutatja, hogy azt hulladékként tekintve mennyi értékes anyag megy veszendőbe. Az ürülékben lévő tápanyagok mennyiségének értékeléséhez összeveti azokat a szennyvíztisztítókból kikerülő tisztított vizek okozta nitrogén- és foszforterheléssel, a talajok termőképességének fokozására használt műtrágyázás anyagszükségletével, valamint a talajpusztulás okozta tápanyagvesztéssel. Ezt követően megindokolja az ürülék komposztálásának szükségességét, majd ismerteti az emberi ürülék háztartási szintű felhasználásának technológiai megoldását jelentő száraz toalett valóban környezetbarát és fenntarthatóan működő típusát, az alomszékét.

**Kulcsszavak:** vízőblítéses WC környezeti hatásai, emberi ürülék összetétele, emberi ürülék komposztálása, alomszék

**Abstract:** The paper summarizes the results of the first stage of a research series. After the brief overview of the environmental effects caused by flush toilet it presents the composition of the human excreta. It shows how much valuable material is lost when regarding it as waste. For evaluation of the nutrient quantity in the human excreta it compares those to the nitrogen and phosphorus loading caused by purified sewage emission, to the quantity of fertilizer used for enhance soil productivity and to nutrient losses due to soil erosion. Subsequently it gives reasons for the necessity of composting human excreta, and presents the biolitter toilet. Biolitter toilet is a really environment friendly and sustainable operating type of the dry toilets and gives technological solution of the use of human excreta in household level.

**Keywords:** environmental effects of flush toilet, composition of human excreta, composting of human excreta, biolitter toilet

### 1. BEVEZETÉS

Az emberi ürülék összegyűjtése és elszállítása 4-5 ezer évre nyúlik vissza. Az ókori Mezopotámia, Szíria, India, Róma több helyén is tártak fel az ürülék összegyűjtéséről és elvezetéséről tanúskodó régészeti emlékeket. A középkori városok azonban már csatorna nélkül épültek. Kisebb településeken az emberek a városfal melletti árok fölé emelt kis házakban végezték a dolgukat. Nagyobb településeken edényekben hordták ki a házból az ürüléket (vagy csak kiöntötték tartalmát az ablakon), amely az utcán (vagy annak közepén lévő árokban) folyt végig. Több helyütt kastélyok, várak, de lakóházak esetében is azok külső falaiban ülőfülkéket alakítottak ki, ahonnan az utcára vezetett surrantókon keresztül folyt ki falon kívülre (pl. az utcára) az ürülék. Arról, hogy a parasztok

---

<sup>⊗</sup> Szaklektorált cikk. Leadva: 2014. október 06., Elfogadva: 2014. október 20.  
Reviewed paper. Submitted: 06. 10., 2014. Accepted: 20. 10., 2014.  
Lektorálta: BODNÁR Ildikó / Reviewed by Ildikó BODNÁR

felvásárolták vagy elszállították volna az ürüléket, csak néhány esetben van tudomásunk. A falvak lakói az árnyékszékek 15. században kezdődő térhódítása előtt a kertjükben, a ház mögött végezték dolgukat. A zsúfolt városközpontokban az árnyékszékek azonban nem oldották meg a problémát. A vízöblítéses WC tartály találmányát 1788-ban jegyezte be az angol Joseph Bramah, noha a maihoz hasonló tartályos vécét Sir John Harrington már a 16. század végén készítette. Feltalálták a búzzárat képező szifont, majd megjelentek a WC csészék is. Eleinte ezek csak a gazdagok kényelmét szolgálták, és nem is kötötték rá azokat a szürkevizet szállító csatornahálózatokra. A WC-k ivóvíz- és szennyvízcsatornára való rákötése később általánossá vált az iparosodás következtében városokba tömörült emberek komfort- és higiénés érzetének kielégítése érdekében. Az ürülék minél gyorsabban eltüntetendő hulladék lett, melyet az összegyűjtés után jórészt vízfolyásokba engedünk bele. A szennyvíztisztítás nélkül a felszíni vizekbe engedett, ürüléket is tartalmazó szennyvíz emberi egészségre és vízi ökoszisztémákra gyakorolt káros hatásainak nyilvánvalóvá válását követően a figyelem a vizekre irányult. A forrásorientált környezetpolitika eszközeit kezdték el alkalmazni, azaz arra koncentráltak, hogy a szennyvíztisztítókból kikerülő szennyvízből minél nagyobb mértékben kivonják a vizekre káros hatással bíró anyagokat. A folyók szennyezését kiküszöbölő, megelőző jellegű lehetőségeket nem vizsgálták, azaz nem azon gondolkodtak, hogy hogyan lehetne elkerülni, hogy az emberi ürülék egyáltalán bejuthasson a vízkörforgásba. Az „end of pipe” (csővégi) eljárások látványos eredményeket produkálnak a környezetvédelem terén, és mivel ezek a technológiák komoly piaci részesedést képviselnek, gyártásuk, alkalmazásuk sok munkahelyet teremt, növeli a GDP-t, így társadalmi elfogadottságuk jelentős. Nincs ez másként a szennyvíz ügyben sem. A szennyvíztisztítás egyre fejlettebb technológiáit építik ki és alkalmazzák, melynek során az ürülék nitrogén és foszfor tartalmát lebontva, azt szervesen nitráttá és foszfáttá alakítják. A felszíni vizekbe jutó nitrát és foszfát azonban eutrofizációt okoz. Ezt felismerve különféle technológiai megoldásokkal megnövelték a szennyvíztisztítók hatásfokát, így a vizekbe egyre kevesebb szennyező anyag kerül. Helyette a szennyvíziszapban halmozódnak fel illetve kis részben a légkörbe kerülnek. A probléma alapvető oka azonban továbbra sincs megoldva, sőt, egyre súlyosabb környezeti problémákat generál.

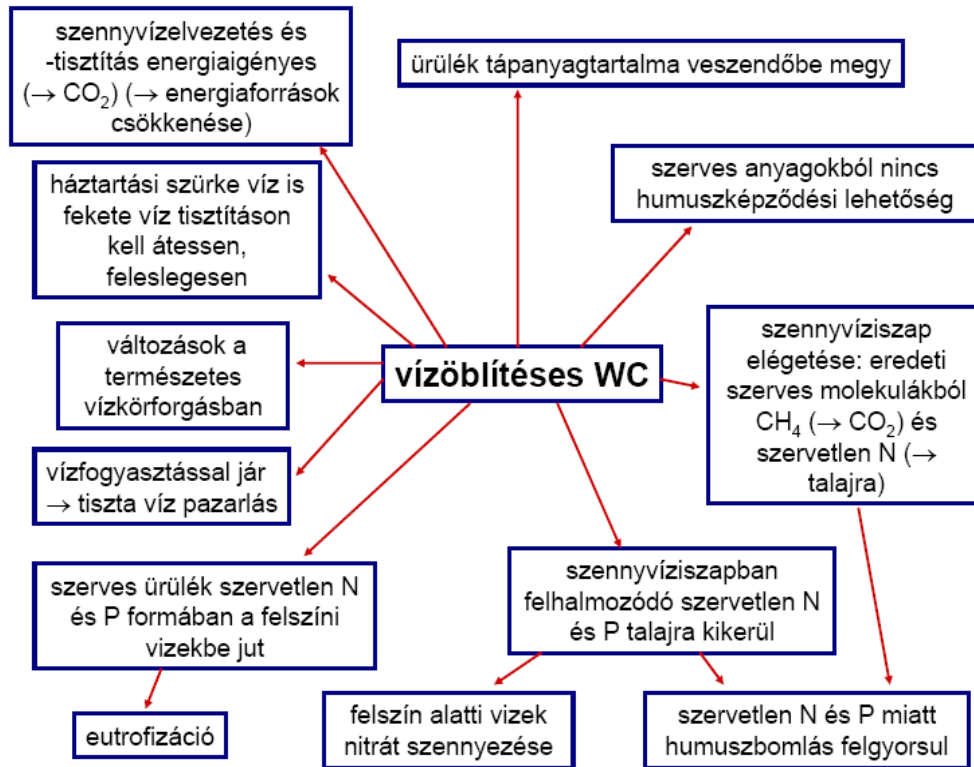
## 2. A HULLADÉKKÁ VÁLTOZTATOTT EMBERI ÜRÜLÉK

A vízöblítéses WC okozta káros környezeti hatások több nagy problémacsoportba rendezhetőek, melyeket az *1. ábrán* ábrázoltam. A környezeti hatások értékelése során mindig a vízen volt/van a hangsúly. A háztartásokban felhasznált víz mennyisége és annak a különböző vízhasználatok közti megoszlása nagyban függ a háztartásban élők szokásaitól, de általában véve elmondható, hogy a WC öblítés korszerű (víztakarékos) WC tartályok használata esetén 15-20%-át jelenti a felhasznált vízmennyiségnek. Azaz a keletkezett szennyvíz kb. 15-20%-a a fekáliával szennyezett ún. feketevíz. Az ürülékkel nem szennyezett ún. szürke vízben különböző háztartási mosó-, mosogató- és tisztító szerek, szappanok találhatóak.

Az egy főre jutó ivóvízfogyasztás a statisztikai adatok szerint 2011-ben 34,1 m<sup>3</sup> volt, ami kb. 93,5 l/nap-nak felel meg [6]. Az egy személy által kibocsátott széklet és vizelet együttes mennyisége kb. 1,5 l/nap, azaz 550 l/év. Ez az összes vízfogyasztás kb. 1,6%-a. A települési szennyvíz szennyezési terhelésének eloszlása azt mutatja, hogy a baktériumok 99%-a a székletből; a N-tartalom 11%-a a székletből, 87%-a a vizeletből, 2%-a a szürkevízből; a P-tartalom 40%-a a székletből, 50%-a a vizeletből, 10%-a a szürkevízből; a szervesanyag-tartalom 47%-a a székletből, 12%-a a vizeletből, 41%-a a szürke vízből származik [10]. Azaz a szennyvíz térfogatának alig 2%-át kitevő ürülékben található a baktériumok 99%-a, a N-tartalom 98%-a, a P-tartalom 90%-a, valamint a gyógyszermaradványok és hormonok teljes mennyisége is. Ezt a 2%-ot hígítjuk fel a WC öblítéskor a szennyvíz térfogatának 15-20%-át jelentő fekete vízzel, majd újra felhígítjuk a 80-85%-ot kitevő szürkevízzel. És emiatt kell a szennyvíz teljes mennyiségét a jelenleg is ismert szennyvíztisztítási technológiáknak alávetni. A szürke víz tisztítása messze nem igényelne ilyen mértékű tisztítást. A két fajta víz azonban együtt jelenik meg a csatornahálózatban és a szennyvíztisztító telepeken. (A háztartási szürkevíz emésztőben/ülepítőmedencében való kezelése után a talajba beszivárogtatható lenne.)

A háztartásokból vízzel eltávolított, szerves anyagokat tartalmazó emberi ürüléket a vízből egy az egyben, eredeti formájában visszanyerni már nem lehet. Az ürülék a csatornarendszerben való

áthaladása során már bomlásnak indul. A vizeletben lévő ureáz enzim a vizelet karbamid tartalmát hidrolizálja. A reakció eredményeként ammónium (és szén-dioxid) keletkezik, amelyet aztán a szennyvíztisztítás során nitráttá oxidálnak. A szerves foszfor vegyületeket szerves foszfátokká alakítják át. Azt is mondhatjuk, hogy a szennyvíztisztítás során az ürülékben lévő értékes szerves nitrogén és foszfor vegyületeket vízszennyező anyagokká alakítjuk át, miközben elfelejtjük, és nem veszünk tudomást arról, hogy a vízöblítéses WC legnagyobb környezeti ártalma nem is ez a szennyezés, hanem az ürülék értékes szerves anyagainak a bioszféra anyagforgalmából való kivonása.



1. ábra A vízöblítéses WC okozta környezeti hatások

A hagyományos mezőgazdasági termelés során az állati (és emberi) trágya jelentette a talajok tápanyag utánpótlását: a növénytermesztés és az állattenyésztés összekapcsolódott. Az élelmiszertermelés az állati és emberi eredetű szerves anyagokon alapult. A tömeges állattenyésztés és a nagyüzemi növénytermesztés azonban a mezőgazdaság két ágának az elválasztásához vezetett. A tömeges állattenyésztés során az állatokat már nem almon tartják, hanem vízzel távolítják el az ürüléket az állatok alól (ahogy a vízöblítéses WC-vel az emberek esetében is). Az így keletkező hígtrágya pedig talaj- és vízszennyező anyag. A hiányzó trágya helyett műtrágyákat kell használni. (Megjegyzendő, hogy a N-műtrágyák gyártása során földgázból állítanak elő ammóniát, mint elsődleges terméket, majd ebből salétomsav hozzáadásával ammónium-nitrátot, illetve szén-dioxid hozzáadásával karbamidot. Miközben a vizelet N-tartalma karbamidként van jelen, mivel a karbamid az aminosavak lebontása során képződő melléktermék. A vizelet állása során pedig a fentebb tárgyalt enzimatis reakció következtében ammónium-nitrát keletkezik.) A talajba juttatott műtrágyák meggyorsítják a humusz bomlását. A humusz komplexek lassú bomlása természetes folyamat, amely során felszabadulnak a növények számára felvehető tápanyagok [9]. A bomlási sebesség a hőmérséklettel és a talajoldat ionerősségének növekedésével is nő. Ha a terméshozam növelése céljából meszezik, fahamuval szórják a talajt, műtrágyát (szerves formában lévő N, P és K vegyületeket) vagy tárolt vizeletet (ami a bomlási folyamatok miatt gyakorlatilag ammónium-nitrát oldat) visznek a talajba, akkor megnő a talaj ionerőssége. A gyors humuszbomlás miatt nagy mennyiségben felszabaduló, növények számára felvehető formájú tápanyagok miatt a terméshozamok

nőnek ugyan, de a talaj humusztartalma lecsökken. A humusztartalom nemcsak a talajok tápanyagellátására, hanem szerkezetére, víz- és hógazdálkodására, a talajdinamikára, a növények élettevékenységére is hatással van, valamint adszorpciós és pufferképessége, kelátképző képessége következtében nagy szerepe van a különböző ionok, fémek, toxikus anyagok megkötésében is [8] [9]. Az ürülék vízbe engedésével ördögi körbe kerültünk: a szennyvíztisztítás vízszennyező anyaggá alakítja át az emberi ürüléket, miközben a talajok hiányzó tápanyagtartalmát mesterségesen pótoljuk, ami hosszú távon a talajok kiszigereléséhez vezet.

### 3. AZ EMBERI ÜRÜLÉK ANYAGTARTALMA

Az ürülék tömege és összetétele nagyban függ az emberek étkezési szokásaitól. Ennek megfelelően az összetevőire vonatkozó szakirodalmi adatok nem átlagértéket, hanem szélső értékeket tartalmaznak (*1. táblázat*). A legkisebb érték egy kis-étkü, vegetáriánus emberre jellemző mennyiséget és összetételt jelez, a legnagyobb pedig egy húsevő, nagyétkü emberre jellemző.

	<b>széklet</b>	<b>vizelet</b>
<b>mennyiség</b>	150-300 g/fő/nap	1-1,3 l/fő/nap
<b>nedvesség tartalom</b>	66-80%	93-96%
<b>száraz anyag</b>	40-81 g/fő/nap	50-70 g/fő/nap
<b>a száraz anyagban:</b>		
<b>szerves vegyület</b>	88-97%	65-85%
<b>N</b>	5-7%	15-19%
<b>P (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>	3-5,4%	2,5-5%
<b>K (K<sub>2</sub>O)</b>	1-2,5%	3,0-4,5%
<b>C</b>	40-55%	11-17%
<b>Ca (CaO)</b>	4-5%	4,5-6%

1. Táblázat Az emberi széklet és vizelet átlagos összetétele (Forrás: [2])

Az *1. táblázat* szakirodalmi adatait alapul véve kiszámoltam, hogy naponta és évente mekkora mennyiségű nitrogén, foszfor, kálium, szén és kalcium kerül ki az emberből a széklet és a vizelet útján külön-külön és együttesen. (A mennyiségeket elemtömegekre számoltam ki, értelemszerűen ezek szerves molekulákban kötött anyagok). A *2. táblázat* számolásaim összegzett eredményét tartalmazza. Az egy ember által egy nap ill. egy év alatt termelt mennyiségen kívül kiszámoltam hazánk (10 millió fő) és a Föld teljes népessége (7 milliárd fővel számolva) egy évnyi ürülékében lévő tápanyagok mennyiségét is.

Az eredmények természetesen közelítők, a valós értékek a kiszámolt szélsőértékek között vannak. Ahhoz, hogy értékelnünk tudjuk, hogy az emberi ürülékre hulladékként tekintve mennyi értékes anyag megy veszendőbe, a kapott adatokat összehasonlítottam a szennyvíztisztítókból kikerülő tisztított vizek okozta nitrogén- és foszforterheléssel, a talajok termőképességének fokozására használt műtrágyázás anyagszükségletével, valamint a talajpusztulás okozta tápanyagvesztéssel.

Hazánkban 4,4 kg N/fő és 1 kg P/fő éves kibocsátási fajlagos tényezőkkel számolják a szennyvíztisztító telephez kapcsolt lakosság emissziós adatait [4], amely éves szinten 44 ezer tonna N és 10 ezer tonna P csatornahálózattal történő elvezetését jelenti. Ez az adat értelemszerűen a szürkevízzel a szennyvíztisztító telepre jutó N és P mennyiségét is tartalmazza. Amint azonban fentebb írtam, a háztartási szennyvizek N-tartalmának 98%-a, P-tartalmának 90%-a a vízöblítéses WC-kből folyik ki, így a fenti magyar közelítő adatok szerint kb. 44 ezer tonna nitrogén és 9 ezer tonna foszfor az ürülékből kerül a szennyvizekbe. Ez a két érték összhangban van az általam

kiszámoltakkal, amely szerint 10 millió ember ürülékében éves szinten 35-70 ezer tonna nitrogén és 4-13 ezer tonna foszfor található (2. táblázat).

székletben és vizeletben együtt	g/fő/nap	kg/fő/év	Magyarország/év (10 millió fő) (ezer t)	Föld/év (7 milliárd fő) (millió t)
<b>tömeg</b>	1000-1500	365-548	3700-5500	2600-3800
<b>száraz anyag</b>	90-151	32,9-55,1	330-550	230-385
<b>szerves vegyület</b>	67,7-138,2	24,7-50,4	250-500	175-350
<b>N</b>	9,5-19,0	3,5-6,9	35-70	25-50
<b>P</b>	1,1-3,45	0,4-1,26	4-13	2,8-9
<b>K</b>	1,9-5,2	0,7-1,9	7-19	5-13
<b>C</b>	21,5-56,9	7,8-20,8	78-208	55-146
<b>Ca</b>	3,9-8,3	1,4-3,0	14-30	10-21

2. Táblázat Az ürülékben lévő tápanyagok számolt mennyisége egy emberre, hazánk és a Föld összes lakosára vonatkozóan

A szennyvíztisztítás után a magyar háztartások becsült éves kibocsátása 2012-ben kb. 1,5 kg/fő nitrogén és 0,35 kg/fő foszfor volt átlagosan (a kibocsátás régióként igen eltérő, a III. tisztítási fokozathoz csatlakozott népesség arányainak régiós változatossága miatt) [4]. Ez az egész országot tekintve 15 ezer tonna szerves formában lévő nitrogén és 3,5 ezer tonna szerves formában lévő foszfor felszíni vizeinkbe történő emisszióját jelenti. Vagyis a szennyvíztisztító telepre bekerülő nitrogén és foszfor mennyiségének átlagosan kb. 1/3-a a hazai felszíni vizekbe kerül. A maradék 2/3 a szennyvíziszapba (a nitrogén esetében kisebb részben a légkörbe) kerül, majd az iszap felhasználási módjaitól függően a talajba, ill. a felszín alatti vizekbe. A gond az, hogy így is szerves formában nitrogén és foszfor formájában.

A 3. táblázatban foglaltam össze a hazánkban és a világban felhasznált műtrágyákban lévő N, P, K hatóanyagok mennyiségét, összevetve az emberi ürülékben lévő tápanyagok mennyiségével.

Hatóanyag	Hazánkban értékesített műtrágya (2012) (ezer t) (Forrás: [4])	Hazai talajokra szerves trágyával kijuttatott (2012) (ezer t) (Forrás: [4])	10 millió ember ürülékében (ezer t)	Műtrágyagyártás a Földön összesen (2012) (millió t) (Forrás: [1])	7 milliárd ember ürülékében (millió t)
<b>N</b>	310	120	35-70	122	25-50
<b>P</b>	58	21	4-13	23,5	2,8-9
<b>K</b>	72,5		7-19	26,5	5-13

3. Táblázat A műtrágyával/trágyával kijuttatott és az ürülékben lévő tápanyagok számolt mennyisége

Az emberi ürülékben található 25-50 millió tonna nitrogén, 2,8-9 millió tonna foszfor, 5-13 millió tonna kálium számottevő mennyiség. Különösen, ha azt is tekintetbe vesszük, hogy ha az ürüléket helyes módon használjuk fel a talaj tápanyag-utánpótlására, akkor azt növényi biomasszával együtt kell komposztálni – azaz a kiszámolt értékekhez még hozzá kell adni a komposztkészítéskor az

ürülékhez adott növényi biomassza tápanyag tartalmait. Amennyiben az állati ürüleből is komposztot készítenének, akkor ezek együttesen vélhetően fedeznék a talajok tápanyag igényét. Ne feledkezzünk meg arról sem, hogy a kijuttatott N-műtrágyák 2/3-a a talajvízbe és a felszíni vizekbe jut [12], és arról sem, hogy műtrágyázás a talajok humusztartalmának gyorsabb bomlását, ezáltal szerkezetének, vízgazdálkodási tulajdonságának, kelátképző, adszorpciós és pufferképességének leromlását okozza – szemben a szerves formában, humuszképző komposztként történő tápanyag-utánpótlással.

A Föld termőföldjeinek 1,3%-a vész el évente a víz, a jég, a szél okozta erózió, valamint a szikesedés miatt – ez másodpercenként 1000 tonna termőföldet jelent [12]. Egy évre kiszámolva 31,5 milliárd tonna a termőtalaj veszteség. Más források 75 milliárd tonna/év talajpusztulásról informálnak. Ez a magyarországi talajok átlagos N, P és K-tartalmával kiszámolva, erősen kerekítve kb. 90-218 millió tonna N, 20-47 millió tonna P és 82-195 millió tonna K elvesztését is jelenti évente (4. táblázat).

Tápanyag	Magyarországi éves talajvesztés miatt (lejtős területekről erózióval) (ezer t)	Magyarországi éves ürülék (ezer t)	Föld éves talajvesztés miatt (millió t)	Föld éves ürülék (millió t)
<b>össz-tömeg</b>	70 000	3700-5500	30 000-75 000	2600-3800
<b>N</b>	200	35-70	90-218	25-50
<b>P</b>	44	4-13	20-47	2,8-9
<b>K</b>	183	7-19	82-195	5-13

4. Táblázat A talajvesztés miatti tápanyag veszteség és az ürülékben lévő tápanyagok számolt mennyisége

Hazánk lejtős területeiről a víz évente 80-110 millió m<sup>3</sup> humuszos feltalajt hord le, amely 1,5 millió tonna szerves anyag, 0,2 millió tonna N, 0,1 millió tonna P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és 0,22 millió tonna K<sub>2</sub>O veszteséget jelent [11]. Ez átszámítva 200 ezer tonna N, 44 ezer tonna P és 183 ezer tonna K veszteség évente (4. táblázat).

#### 4. AZ EMBERI ÜRÜLÉK ÉRTÉKKÉ VÁLTOZTATÁSA

Az élővilág által létrehozott növényi és állati eredetű biomassza értékes anyag. Ezek az anyagok az ökoszisztémák anyag- és energiaforgalmának nélkülözhetetlen részei. A körfolyamatokból való kivezetésük, illetve nem megfelelő alakban és nem a megfelelő környezeti elemekbe való átvezetésük nagyon sok hosszú távú problémát okoz, felborítja a szén, a nitrogén, a foszfor és a víz természetes körforgását.

A növényi biomasszát szénben gazdag, nitrogénben szegény, cellulóz alapú anyagok jelentik. A szén/nitrogén arány magas, 200-300 közötti. Növényi biomassza gyakorlatilag minden fás- és lágyszárú növényi rész, mint például a levelek, gallyak, termések, szalma, széna, szárak, csutka, törek, kéreg stb. De ide tartoznak a cellulózban gazdag hulladékok is, mint a papír, kartonpapír, gyapot, pamut, természetes rostok, sőt a cefre, növényi olajok stb. is [7].

Az állati biomasszát szénben szegény, nitrogénben gazdag fehérje alapú anyagok jelentik. A szén/nitrogén arány alacsony, 7 alatti is lehet. Az ürülék és a konyhai hulladék esetében a C/N 7-10 közötti. Az állati biomasszát az elhalt állatok és emberek, az emberi és az állati ürülék (széklet és vizelet), valamint a tollak, gyapjú, bunda, bőr, csontok stb. alkotják [7].

Humuszképző komposztálásához a C/N értéknek kb. 60 körülinek kell lennie. Emiatt van az, hogy a humusz hatásos képződéséhez nem elég az istállótrágyát vagy a növényi anyagokat egyszerűen beszántani. Komposztkészítéshez az állati/emberi és növényi biomassza helyes arányával be kell állítani a kb. 60 körüli C/N arányt, és aerob környezetet kell biztosítani. Ha a komposztban túl kevés az állati (emberi) biomassza (trágya, ürülék), azaz magas a C/N arány, akkor lelassul az érlelési

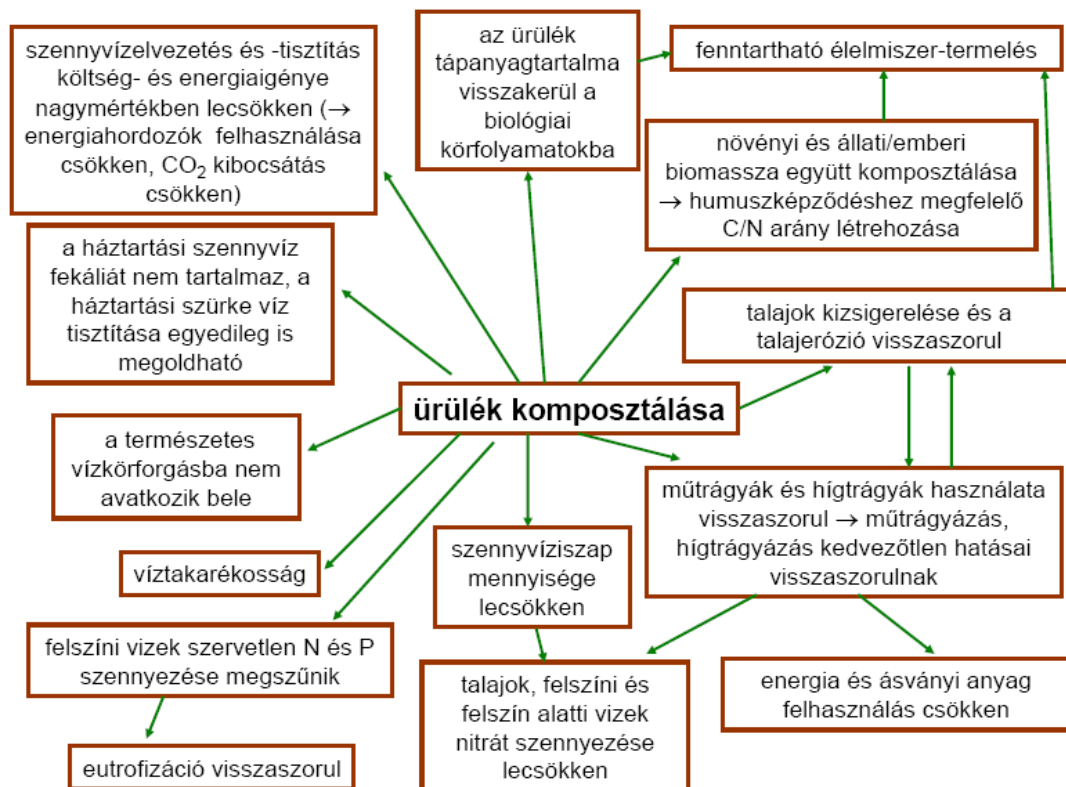
folyamat, a levelek, szarak nehezen bomlanak le, a komposzt kiszárad. A túl sok konyhai hulladékot, ürüléket tartalmazó komposztban viszont elindul az ammóniaképződés folyamata, a komposzt kupac egyre nedvesebb és tömörebb. [7]

A talajok nitrogéngazdálkodása sem csak az összes nitrogén mennyiségétől függ, hanem a C/N aránytól is. Ha  $C/N < 20$ , akkor a nitrogén felszabadul a szerves kötésből, és könnyen oldható lesz. Ha a  $C/N > 30$ , akkor a nitrogén szerves vegyületekben megkötődik. [8]

A növényi és állati biomassza tehát együttesen kell részt vegyen a talaj humuszképződési folyamataiban. Az emberi ürülék felhasználásának gyakorlatában ez azt jelenti, hogy növényi cellulóz hozzáadásával kell komposztálni. A növényi cellulóznak azonban van egy másik, óriási jelentősége is. Laboratóriumi vizsgálatok alapján a karbamid enzimátikus bomlási sebessége egy nagyságrenddel is csökken cellulóz jelenlétében [5]. Azaz a vizeletben lévő karbamid enzimátikus bomlási folyamatát megakadályozza, ha közvetlenül a szervezetünkben történő kikerüléskor növényi cellulózt adunk hozzá az ürülékhez.

Az emberi ürülék komposztálásakor az ürülékben lévő gyógyszermaradványok, hormonok teljesen lebomlanak [7], míg a szennyvíztisztítás ezeket nem képes eltávolítani a vízből. Az emberi ürülék nem tartalmaz nehézfémeket, míg a szennyvíztisztítóba vezetett ipari szennyvizek miatt a kommunális szennyvíziszapban ezek felhalmozódnak. A helyesen komposztált ürülék fekáliás eredetű baktérium tartalma elenyésző, sőt a bélféreg peték is elpusztulnak a hosszú ideig tartó komposztálás során [7]. Ezzel szemben megjegyzendő, hogy a mezőgazdaságban igen gyakran használtak/használnak előzetes kezelés nélkül állati- és emberi ürüléket: ilyen a nem komposztált istállótrágya és hígtrágya, valamint a szippantott folyékony települései hulladék, amelyeknek igen nagy a baktérium- és féregpete-tartalma (azonban a növények nem veszik fel a baktériumokat, csupán a felületükre kerülhet). Hogy az emberi trágya felhasználása mégsem magától értetődő, annak elsősorban kulturális és lélektani okai vannak.

Az emberi ürülék komposztálással történő hasznosításának környezeti hatásait a 2. ábrán foglaltam össze.



2. ábra Az emberi ürülék komposztálásának környezeti hatásai

## 5. ALOMSZÉK

Az emberi ürülék humuszképző anyagként való felhasználásának gyakorlati megoldását az ún. alomszék használatát jelenti. Az alomszék ill. hasonló toalették egymástól függetlenül több ember munkásságához is köthetők [3]. Az alomszék működési elvének feltalálása és kidolgozása, a szagok alommal való megállításának tudományos magyarázata és az emberi ürülék helyes komposztálása módszereinek kidolgozása azonban Ország József tudományos munkásságának eredménye [7].

A száraz toalették első nemzedékének a pottyantós árnyékszékeket tekintjük. Az ürülékgyűjtő emésztőgödörben anaerob körülmények között megindul az ürülék bomlása, ammónia, majd nitrát is keletkezik, amely a talajvízbe jutva elszennyezi azt. Az árnyékszék ürítésekor az emberi hígtrágya kerti felhasználásra került. A pottyantós árnyékszék használatának kényelmesebbé tétele céljából került kifejlesztésre a Skandináv országokban a 20. század második felében a száraz toalették következő nemzedéke. Ennél a megoldásnál a toalett bekerül a házba. A vízöblítéses WC-re külalakban nagyon hasonlító száraz toalettékben a vizelet és a széklet külön kerül elvezetésre. Szétválasztásuknak elsősorban kényelmi okai vannak: így ritkábban, évente kell csak kiüríteni a székletgyűjtő tartályt. A külön tartályba gyűjtött vizeletben természetesen beindulnak a bomlási folyamatok, így energiafelhasználást igénylő ventilátoros szellőztető rendszer kiépítése is szükséges. A széklet tömegét helyben való kiszáritással csökkentik, amely szintén energiaigényes, vagy pedig egy nagy tartályba gyűjtik, ahol a gyártók által „komposztálásnak” nevezett folyamat során a szerves nitrogén lebomlik, ammónia és nitrát keletkezik (de ez nem komposztálás!). A szárított vagy „komposztált” széklet beásással a talajba kerül, míg a vizeletet (amely tulajdonképpen tömény ammónium-nitrát oldattá változott) hígítás után a növények tövébe vezetik. Ez a típusú száraz toalett nagy környezeti terhelést okoz, valamint ugyanúgy kivonja az ürüléket a humuszképző folyamatból, mint a vízöblítéses WC-k [7].

Az alomszék, amely a száraz toalették harmadik nemzedékét jelenti, az előzőektől működési elvét tekintve gyökeresen különbözik [7]. Ezért a többi száraz toalettal nem is szabad összekeverni, egy kalap alá venni. Tervezésénél az elsődleges cél az ürülék talajba való visszavitele a lehető leghatásosabb humuszkészítéssel. A vizeletet és a székletet nem választják szét. A bomlási folyamatokat cellulózban gazdag növényi anyagokból készült alom hozzáadásával gátolják meg, közvetlenül az ürülék szervezetből történő kikerülését követően. Így nincs szagártalom sem, valamint a növényi cellulóz hozzáadásával az emberi trágya C/N aránya is közelebb kerül a komposztkészítéshez szükséges értékhez. Az anaerob folyamatok elkerülése érdekében az alomszék tartályát hetente többször is üríteni kell. Az alommal kevert ürülék komposztálása a kertben, kupacban történő komposztálással, aerob körülmények között, a talajjal közvetlen érintkezésben történik. Műszaki szempontból az alomszék nem más, mint egy bútorba helyezett vödör. Kivitelezése, formavilága többféle lehet. A használati utasítás betartásával nem okoz több szagártalmat, mint egy vízöblítéses WC. Az alomszék valóban környezetbarát, valamint készítésének és működtetésének költsége gyakorlatilag minimális. Franciaországban és Belgiumban már elterjedt (a háztartásokon kívül kültéri rendezvényeken is), és hazánkban is több háztartásban használják [7].

Falvakban és kertvárosokban az alomszék használata egyszerűen kivitelezhető, de a városok emeletes házaiban gyakorlatilag lehetetlen. Az alomszék működési elvének megfelelő technikai megoldást az ún. töménybudi nyújt [7]. A még csak elméletben létező töménybudi kinézetre a repülőgépeken és korszerű vonatokon használt toalettékre hasonlítana. A vizelet és a széklet keverékének a legcsekélyebb mértékű hígítása céljából az ürülékdarálóval felszerelt, kúpos formájú toalettet magasnyomású öblítővel látnák el, így 1-2 dl vízzel az ürüléket és a WC papírt el lehetne távolítani. A darált ürülék tömény folyékony oldat formájában egy erre kiépített külön csatornahálózatba – feketevíz csatorna – kerülne, vagy pedig a ház alsó szintjén elhelyezett szippantásra rendszeresített tartályba. A tömény feketevíz a lehető leggyorsabban átitatásra kell kerüljön a cellulózban gazdag almon (a bomlási folyamatok megakadályozása végett), azaz a feketevíz csatorna egy átitató telepre vezetné a tömény fekáliás vizet. Átitatás után pedig komposztálásra kerülne az ürülék-alom elegy. [7]



## 6. ÖSSZEGRZÉS

Értékével szemben a fejlett világban az emberi ürüléket még mindig víztisztítással eltüntetendő hulladékként kezeljük. Az öblítéses toaletten alapuló vízi infrastruktúra működtetésének nagy környezeti ára van. A káros környezeti hatások orvoslásakor azonban minduntalan a vízszennyezésre koncentrálnak, és emiatt a csövégi – szennyvíztisztítási – módszerek tökéletesítésében látjuk a probléma megoldását. A folyók szennyezését kiküszöbölő, megelőző jellegű lehetőségek vizsgálata háttérbe szorult. Mi több, többekben fel sem vetődik, hogy a vízöblítéses WC legnagyobb környezeti ártalma az ürülék értékes szerves anyagainak a bioszféra anyagforgalmából való kivonása.

Ideje lenne azonban a megelőző (szerkezetváltó) környezetpolitika szellemében gondolkodni, és ezzel az egész gazdaságot és társadalmat a valóban fenntartható környezeti erőforrás használat felé vezetni. A vízfolyások szennyezése esetében ez annak a felismerését jelenti, hogy a szennyvíztisztítás során tulajdonképpen az ürülékben lévő értékes szerves nitrogén- és foszforvegyületeket vízszennyező anyagokká alakítjuk, és hogy a vízöblítéses WC legnagyobb környezeti ártalma nem is ez a szennyezés, hanem az ürülék értékes szerves anyagainak a bioszféra anyagforgalmából való kivonása. Fel kellene ismernünk, hogy az a nézet, amely szerint minél jobban megtisztítjuk az ürülékünket elvezető szennyvizet, annál jobban óvjuk a környezetünket, hibás.

Közelítő számításaim alapján a Föld teljes lakosságát tekintve évente kb. 2,6-3,8 milliárd tonna biomassza keletkezik az emberi ürülékből. Ez 175-350 millió tonna szerves anyagot jelent. Ebben elemekre lebontva 25-50 millió tonna nitrogén, 2,8-9 millió tonna foszfor, 5-13 millió tonna kálium található. A hazánkban keletkezett kb. 3,7-5,5 millió tonna emberi ürülék 250-500 ezer tonna szerves anyagot, 35-70 ezer tonna nitrogént, 4-13 ezer tonna foszfort, 7-19 ezer tonna káliumot tartalmaz.

Ennek a hatalmas tömegnek nagy részét az ürülék gyűjtése, a szennyvíztisztítás és a szennyvíziszap kezelése során kivonjuk a humusz körforgásból, és szennyező anyagokká alakítjuk át. Holott az emberi ürülék is a bioszféra része, és a természetes körfolyamatokba történő visszavezetése a jövő élelmiszer termelésének elengedhetetlen alapja.

Az emberi ürülék szélesebb körű mezőgazdasági felhasználása a Föld éves talajvesztésének, a talajok termőképessége csökkenésének, valamint a műtrágyák előállításához szükséges anyag- és energiaigényének ismeretében a jövőben mindenképpen szükséges lesz. Földünk édesvízkészleteinek szennyezettsége, a megfelelő minőségű vízkészleteink mennyiségének csökkenése és az éghajlat-változás hatásai miatt is olyan módszerekre kell áttérnünk, melyek csökkentik a vízfelhasználást és megelőzik a vizek szennyeződését.

## 7. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **FAOSTAT**, Statistical database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations <http://faostat.fao.org/site/575/DesktopDefault.aspx?PageID=575#ancor> letöltve: 2014. szept. 30.
- [2] **GOTASS IN TANGUAY, F.**, Petit manuel d'auto-construction, Mortagne, Quebec, 1990, P272.
- [3] **JENKINS, J.**, The humanure handbook – a guide to composting human manure (3rd edition), Joseph Jenkins, Inc., Grove City, USA, 2005, P255
- [4] **KÖZPONTI STATISZTIKAI HIVATAL**, Környezeti helyzetkép 2013, KSH, Budapest, 2014, P127.
- [5] **NIMENYA H., DELAUNOIS, A., BLODEN, S., NICKS, B., ANSAY, M.**, Effets de la paille de froment et de la sciure d'épicéa sur la dégradation de l'azote urinaire en présence d'uréase (Effects of wheat straw and spruce sawdust on the decaying of urinary nitrogen in the presence of urease), Annales de Médecine Veterinaire, 1999/143, p. 409-414.
- [6] **NEMZETI KÖRNYEZETÜGYI INTÉZET**, Magyarország környezeti állapota 2013, Nemzeti Környezetügyi Intézet, Budapest, 2013, P158.
- [7] **ORSZÁGH J.**, Vízönellátó – Fenntartható vízgazdálkodás a világban, <http://www.eautarcie.org/hu/> letöltve: 2014. szeptember
- [8] **STEFANOVITS, P.**, Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1992, P380.
- [9] **SZENDREI, G.**, Talajtan. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 1998, P300.
- [10] **TOILETTES DU MONDE**, Guide toilettes seches, Assainissement Ecologique et solidarite,

- Nyons, Franciaország, 2009, P81.
- [11] **VÁRALLYAI, GY., CSATHÓ, P., NÉMETH, T.**, Az agrártermelés környezetvédelmi vonatkozásai Magyarországon, In: Kovács G., Csathó P. (szerk.) A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901-2003 között. Agronómiai és környezetvédelmi tanulságok., MTA-TAKI, Budapest, 2005, p. 155-188.
- [12] **VÉGH, L., SZÁM, D., HETESI, ZS.**, Utolsó kísérlet – Híradás a Föld állapotáról. Kairosz Kiadó, 2008, P223.