



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Környezetmérnök képzés (MSc)

Környezettechnológia szakirány

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

FELMÉRÉS A SZENTENDREI KOMPOSZTPROGRAM HATÉKONYSÁGÁRÓL

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF COMPOST PROGRAMME AT THE TOWN OF SZENTENDRE

Szerző: *Pápai Péter Mátyás*

Másodéves MSc. hallgató

BME-VBK

Kémiai és Környezeti

Folyamatmérnöki tanszék

Konzulens: *Dr. Szilágyi Ferenc*

Egyetemi docens

BME-ÉMK

Vízi Közmű és

Környezetmérnöki Tanszék

Budapest, 2012

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt szeretném megköszönni Dr. Szilágyi Ferencnek, hogy konzulensem-ként sok hasznos tanáccsal és segítséggel közreműködött a jelen TDK dolgozatom elkészítésében.

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Kijelentem, hogy ezt a TDK dolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, csak a megadott forrásokat (szakirodalom, eszközök stb.) használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem. Hozzájárulok, hogy a jelen munkám alapadatait (szerző(k), cím, angol és magyar nyelvű tartalmi kivonat, készítés éve, konzulens(ek) neve) a BME nyilvánosan hozzáférhető elektronikus formában, a munka teljes szövegét pedig általam a dolgozat feltöltésekor beállított jogosultságokkal (publikus vagy titkos) egyezve közzétegye. Kijelentem, hogy a benyújtott munka és annak elektronikus verziója megegyezik. A TDK konferenciára való regisztrációval vállalom, hogy az általam publikált anyagot határidőre elkészítem, a konferencián személyesen megjelenek és eredményeimet előadom. A benyújtott tudományos munkát magam (és szerzőtársam vagy szerzőtársaim) készítették, minden, a szakirodalomból átvett bármely rész elérhetőségét – a forrás pontos, más által is elérhető formátumban – szögletes zárójelben megjelölt hivatkozásként megadom.

KIVONAT

KULCSSZAVAK:

komposzt, komposztálás, komposztprogram, komposztláda

2009-től, Szentendre városában házi komposztprogramokat kezdeményeztek. 2012-ben már a IV. Komposztálási Program került bevezetésre. A programokat Szentendre Város Önkormányzata bonyolította le. Célkitűzése elsődlegesen a hulladékégetés visszaszorítása volt, de ezzel párhuzamosan a háztartásokban keletkezett szerves hulladékok mennyiségét is csökkenteni kívánta. A program keretében évi legfeljebb 100 háztartás pályázat útján nyerhetett 2-2 komposztládát. 2 db láda térfogata 680-700 dm³. A lehetőséget ki is használták a lakosok, hiszen eddig minden évben túljelentkezés volt. 2012 nyarán Szentendre Város Önkormányzat Építéshatósági Irodájában lakossági felmérést végeztem a program hatékonyságáról. E Tudományos Diákköri Konferencia dolgozat 47 helyszíni felmérés során szerzett tapasztalataimon alapul. 2009. és 2012. között a komposztprogramban részt vevő, és általam vizsgált háztartásokban számításaim alapján 22 m³ komposztot hasznosítottak. További 11 m³ kész komposztot, és 7 m³ még nem tökéletesen komposztálódott hulladékot még tárolnak. Ez azt jelenti, hogy három év alatt a háztartások összesen 40 m³ szerves hulladéktól szabadulhattak meg a programnak köszönhetően. A város lakossága körülbelül 25.000 fő. 2 db komposztláda nagyjából 5 fő egy évi hulladéktermelését fedezi. Az egész város hulladéktermelésének fedezéséhez így 10.000 db komposztláda kellene. Ehhez még 9.200 db hiányzik, melynek kiosztásához változatlan feltételek mellett, és a program keretének bővítése nélkül 46 év lenne szükséges. A lakók az Önkormányzat komposztálási programjaival elégedettek voltak, ám a hivatal ezzel egy időben megszüntette a kerti hulladékok központi komposzttelepre való elszállítását, gondolva, hogy a Program majd eredményt hoz az égetések számának csökkentésében. Ezt még a komposzt programban résztvevők is sérelmezték, különösképpen azok, akik aprító gép hiányában nem komposztálnak nagyobb növényi részeket. A kerti hulladékok elszállításának beszüntetése azonban elsődlegesen a programon kívülieket sújtja, akiknek részaránya a teljes lakosság 92%-a. Az Önkormányzat célkitűzésének, vagyis a kerti hulladékok égetésének csökkentésére a komposztálási program rendkívül jó, és eredményes ötlet. A kerti hulladékok szállításának megszüntetése viszont annál rosszabb, és környezetszennyezőbb, ugyanis ha ezt a hulladékot nincs hova szállítani, vagy annak komposztálása nem megoldható, azt a lakosok többsége rendszerint elégeti a kertben, mert tehetetlenül áll a probléma előtt. Tegyük fel, hogy nincs komposztprogram. A kukák átlagosan 120 dm³-esek. Ezeket évente 52-szer szállítják el 5.000 háztartásból. Ez maximálisan évi 31200 m³ hulladékot jelent, melynek általában 24%-a, vagyis 7488 m³ komposztálható, de kerti égetésre szánt hulladék. A komposztprogramban részt vevő 400 háztartás esetében ez a mennyiség 599 m³/év. A differencia alapján legrosszabb esetben akár 6.889 m³/év hulladékot is elégethetnek. Van rá mód ugyan, hogy egyénileg hulladékudvarokba szállítsák a kerti hulladékot, viszont ez sokkal nagyobb légszennyezést von maga után, mint a régi központi szállítási rendszer.

ABSTRACT

KEYWORDS:

Compost, composting, composting programme, compost bin

Several domestic composting programmes have been organized each year in the town of Szentendre from 2009. The Fourth Composting Programme was adopted in 2012. The programmes have been directed by the Szentendre Town Council. The primary goal of the programmes was the reduction of the burning of communal waste, however, parallel to that they also aimed at reducing the amount of organic waste generated in households. In the framework of the yearly programmes maximum 100 households could apply annually for getting two compost bins each. The combined volume of 2 compost bins reached from 680 to 700 dm³. The opportunity has clearly been appreciated by citizens, because each year the number of applications outnumbered the framework of the project. In the summer of 2012 I conducted a public survey investigating the efficiency of the programmes at the Building-Authorization Office of Szentendre Town Hall. This Scientific Student Conference paper is based on the experience gained from 47 field assessments. According to my results the households surveyed and taking part in the project 22 m³ of compost has been utilized between 2009 and 2012. A further 11 m³ of compost and 7 m³ of not yet fully composted waste is still being stored in these households. These numbers mean that as a result of the programmes the households have been able to get rid of 40 m³ of organic waste in total in the examined years. The population of the town is 25,000 people. 2 compost bins cover approximately the amount of waste annually generated by 5 people. Therefore, to cover the total amount of waste generated by the whole town 10,000 compost bins would be necessary. To reach this number, 9,200 further compost bins would have to be deployed. If neither the public circumstances nor the framework of the project change, this would take a long time (around 46 years). Citizens were satisfied with the compost programmes of the Town Hall. However, the authorities have meanwhile stopped the transportation of garden waste to a central compost yard, thinking that the domestic composting programmes would bear its fruit in reducing waste burning. This action has been complained about even by people participating in the programme especially by those who in lack of a branch processor could not compost bigger plant parts. Putting an end to the taking away of garden waste nevertheless primarily affects people who are not participating in the project; these people make up 92% of the population. The programme gives an excellent and successful opportunity to reach the goal the Town Hall has set, that is, to reduce the burning of garden waste. Sadly, the stopping of garden waste transportation is not such a good idea, as it results in more pollution because if there is nowhere to take this waste, nor is it possible to compost it, the majority of citizens result in the burning of waste, because they could not solve this problem. Let us suppose that there is no compost programme. Communal litter bins are 120 dm³ in volume. These bins are emptied 52 times a year in 5,000 households. This adds up to an annual 31,200 m³ of waste per year, of which usually a good 24% is ready for composting yielding a total of 7,488 m³ of compostable material. Unfortunately, this amount is usually burnt. If we apply this calculation to the 400 households participating in the project this compostable amount is 599 m³ per year. Based on this difference the worst case scenario is the burning of 6,889 m³ per year of garden waste. Albeit there is a possibility to individually take garden waste to waste disposal site this would result in greater pollution compared to the former central transportation system.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	1
1. 1. Komposztálás jelentősége	1
1. 2. Célkitűzés	3
1. 3. Elvégzett munka	3
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	4
2. 1. Mi az a komposzt, és hogyan képződik?	4
2. 2. A helyes komposztálási gyakorlat bemutatása	8
2. 2. 1. Hogyan zajlik a házi komposztálás?	8
2. 2. 3. Hogyan ellenőrizzük a komposztunkat?	11
2. 2. 4. Hogyan használjuk fel a kész komposztot?	13
2. 3. Befolyásoló paraméterek	13
2. 3. 1. C/N arány	14
2. 3. 2. Nedvességtartalom	16
2. 3. 3. Oxigénkoncentráció	16
2. 3. 4. Hőmérséklet	18
2. 3. 5. pH	19
2. 4. Komposztálási Programok indítása Szentendrén	19
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	21
3. 1. Anyag	21
3. 2. Módszer	23
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS	26
4. 1. Eredmények	26
4. 1. 1. Megfigyeléseken alapuló adatok	26
4. 1. 2. Kérdőív alapján gyűjtött adatok	28
4. 2. Értékelés	34
4. 2. 1. Helyszíni tapasztalatok	34
4. 2. 2. Kérdőívek értékelése	37
4. 2. 3. A közösség véleménye	49
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	50
5. 1. Következtetések	50
5. 2. Javaslatok	52
6. ÖSSZEFOGLALÁS	55
IRODALOMJEGYZÉK	57

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: A komposztképződés folyamata	5
2. ábra: Hőmérséklet az idő függvényében	8
3. ábra: C/N arány az idő függvényében	15
4. ábra: Áramlási viszonyok egy komposztprizmában	17
5. ábra: A helyszínek elhelyezkedése Szentendrén	22
6. ábra: Az összes vizsgált komposztláda használati fokának jellemzése	36
7. ábra: A komposztált anyagok előfordulásának száma	38
8. ábra: Komposztaprítási módok	38
9. ábra: A komposzt átforgatásának gyakorisága	39
10. ábra: A komposzt öntözésének gyakorisága	40
11. ábra: A komposzthoz adott segédanyagok	40
12. ábra: Csatlakozási évszámok és a ládaürítések kapcsolata	42
13. ábra: Kerti hulladékok égetése	43
14. ábra: Konyhai hulladékok kukába dobása	45

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: A komposztálás szakaszai és azok jellemzői	6
2. táblázat: Szulfid-teszt eredményének elemzése és a szükséges beavatkozások	12
3. táblázat: Becsült C/N arány sorrend hulladéktípusonként	14
4. táblázat: Szőlőcukor átalakulása anaerob, és aerob körülmények között	18
5. táblázat: Ládatartalom szerinti jellemzés	29
6. táblázat: Komposztkezelési jellemzők: átforgatási és öntözési gyakoriság	30
7. táblázat: Évi kész komposztmennyiségek, ládaürítési gyakoriságok	31
8. táblázat: További komposztkezelési, valamint felhasználási jellemzők	32
9. táblázat: Ládaürítési metódus egy 2010-ben csatlakozott háztartás példáján	42

KÉPJEGYZÉK

1. kép: Stratégiai megfontolásból a lerakásra szánt hulladék feketével jelzett.....	2
2. kép: A IV. helyi Komposztálási Program plakátja, 2012 évében	3
3. kép: Konyhai szemetes, és egy kisebb méretű konyhai komposztároló	9
4. kép: Ólom acetát tesztcsik.....	12
5. kép: Az I. Komposztálási Program ládatípusa	26
6. kép: A II. III. IV. Komposztálási Program ládatípusai	27
7. kép: Nagy alaposággal végzett komposztálás végterméke.....	28
8. kép: A javasolt komposzt tartályok.....	35
9. kép: Egy láda tartalma.....	37
10. kép: Tökéletesen homogenizált komposzt, szellőztető csővel.....	39
11. kép: A komposzt térfogatcsökkenésének figyelemmel kísérése.....	41
12. kép: Kerti hulladékégetés, mint bozóttüzek forrása, 2012. szeptember 7.....	44
13. kép: Kerti hulladékégetésből származó bozóttűz, 2012. szeptember 7.....	44
14. kép: Hasznosítás I: Muskátli	47
15. kép: Hasznosítás II: Clematis és egyéb dísznövények.....	47
16. kép: Hasznosítás III: Vöröshagyma, paprika	48
17. kép: Hasznosítás IV: Eper	48

1. BEVEZETÉS

1. 1. Komposztálás jelentősége

A Föld három legfőbb globális problémája a rohamos népességnövekedés, a Föld hulladék befogadóképességének korlátossága, az üvegházhatású gázok fokozott emissziója. Ezek egymással társadalmi és gazdasági vonalon is kapcsolatban állnak. Komposztálással megelőzhetjük a további környezeti károk egy részét, csökkenthetjük a szennyvíztisztítóba, lerakóba, vagy égetőbe került hulladékok mennyiségét. A komposztprogramok mindezt lakossági, és ipari vonatkozásban egyaránt segítik.

A komposztálás az ember legősibb hulladék újrahasznosító eljárása. Már I. e. 2350-ban Mezopotámiában is alkalmazták. 4000 éve Kínában törvény született, mely előírta a hulladék alkalmazását a talaj termékenység fenntartásában. 2000 éve a római író-politikus Columella, mezőgazdasági tankönyvében konkrét receptet adott meg a jó komposzt elkészítéséhez. 1000 éve már részletesen ismereték a komposztkészítés technikáját. Az 1500-as években, Hollandiában élénk trágyakereskedelem alakult ki. Erellyn 1856-ban vizsgálatokkal alátámasztotta, hogy a változatos alapanyagokból készült komposzt jobb minőségű lesz [1].

Az iparszerű komposztálás több mint egy évszázada a szerves trágyák, és zöld valamint egyéb szárazabb növényi hulladékok átlevégőzéssel gyorsított biológiai stabilizálására alakult ki. Napjainkra a hatalmas mennyiségben keletkező lakossági szennyvíziszap higiénizálásánál, mezőgazdasági, növénytermesztési, vagy egyszerűen talaj, illetőleg tájremediációs célra történő alkalmazhatóvá tételénél vált kulcsfontosságú technológiává [2]. A városok szerves hulladékainak komposztálásra először, ipari mértékben 1921-ben került sor, az ausztriai Wels-ben [3].

1990-ben Az Újrahasznosítási és Komposzt programok rekord helyezései szerint 24 amerikai közösség újrahasznosítási rátája 24-57% volt [4]. San Francisco az egyik legsikeresebb amerikai város a hulladéklerakók kerülésében, itt az erőfeszítéseknek köszönhetően 72%-os hulladék újrahasznosítás történt, melynek jelentős része komposztálásnak volt köszönhető [5]. Elmondható, hogy itt több helyen is kialakítottak

kisebb komposztgyűjtő ládákat, szelektív, illetve lerakásra szánt hulladékgyűjtő ládák társaságában (1. kép). Ennek kiemelt jelentősége van a környezeti nevelésben. Annak érdekében nagyobb lépést tenni, hogy hazánkban is sikeresen megvalósuljon egy ekkora volumenű újrahasznosítás, véleményem szerint csak egy előzetes, intenzív szemléletformálást követően nyílik lehetőség.



1. kép: Stratégiai megfontolásból a lerakásra szánt hulladék feketével jelzett
(http://www.spur.org/files/u32/urb_0210_toward_recycle.jpg)

1999. július 16-án az Európai Unió Hulladéklerakókról szóló irányelve hatályba lépett, mely megkívánta a tagállamoktól, hogy csökkentsék a hulladéklerakókba került hulladékok mennyiségét, beleértve a biológiailag degradálható hulladékokat, ezzel elősegítve a hulladékok hasznosítását és újra használatát. Erre vonatkozólag számos programot indítottak [6].

A komposztáláshoz a gazdák kezdetben saját készítésű falapokból szerkesztett komposztládákat építettek. A környezettudatos gondolkodással párhuzamosan a piacon elkezdtek terjedni a hőtartó, műanyag komposztáló ládák, melyek nagy sikert arattak a környezetbarát lakosok körében. Hasonló ládákhoz a komposztprogramok keretében a lakosok már ingyen, vagy kedvezményes áron, meghatározott feltételek mellett hozzájuthatnak valamely önkormányzattól, amennyiben vállalták, hogy elsajátítják annak rendeltetészerű használatát.

1. 2. Célkitűzés

A jelen felmérés tárgya egy 2009-ben, Szentendre városában elindult komposztprogram sorozat (2. kép). Keretében lehetőség adódott rá, hogy a lakosok pályázatot nyújtsanak be a város önkormányzatának, melynek fejében műanyag komposztládákat kaphattak. A dolgozat célkitűzése, hogy jellemezsem a program eddig elért eredményeit, hatékonyságát, és javaslatokat tegyek a program fejlesztésére a környezetvédelmi érdekek figyelembe vételével.



2. kép: A IV. helyi Komposztálási Program plakátja, 2012 évében

(http://www.szentendre.hu/Plugins/News/Resources/Images/Articles/6370/6370_normal.jpg)

1. 3. Elvégzett munka

A program hatékonyságának leírásához a következő lépéseket tettem meg.

- Vizsgáltam, hogy a komposztládák mennyire alkalmasak arra, hogy segítséggel a lakosság megfelelően végezhesen házi komposztálást.
- Feltártam, hogy a komposztálásban mennyire aktív a közösség, és hogy a folyamathoz szükséges teendőkben mekkora a hiányosság.
- Statisztikákat készítettem, illetve számításokat végeztem a megszerzett adatok alapján, a jelenlegi hatékonyság meghatározása érdekében.
- Kikértem a közösség véleményét a komposztprogramokról, hogy a személyes tapasztalatok mellett ezzel is elősegítsem a program fejlesztését.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

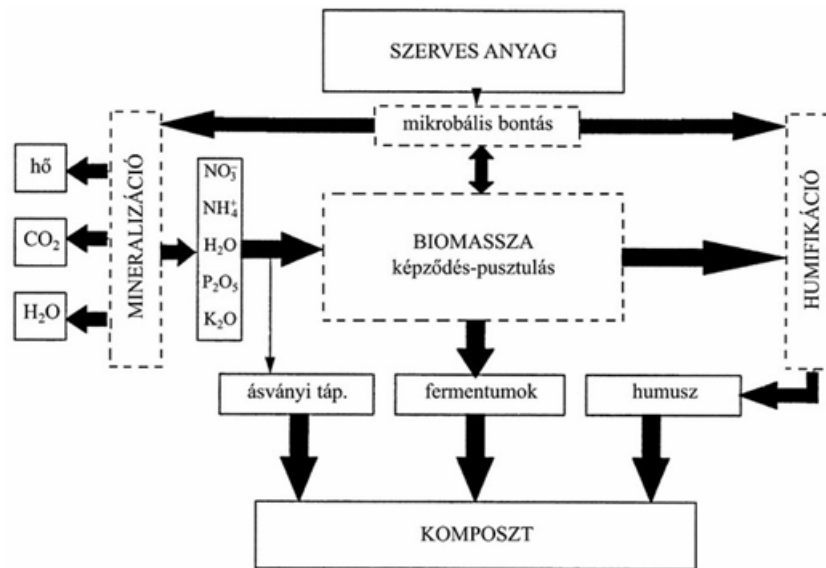
A komposztálással kapcsolatos irodalmi áttekintésben egyetemi tanulmányaimat vettem alapul, és ezt több helyen hazai, illetve külföldi szakirodalom segítségével kiegészítettem.

2. 1. Mi az a komposzt, és hogyan képződik?

A **komposzt** morzsalékos, sötétbarna színű, földszerű, magas szerves anyag tartalmú anyag, mely szerves hulladékokból, maradványokból, elsősorban mikroorganizmusok, valamint talajlakó élőlények tevékenységének hatására jött létre, megfelelő oxigén és nedvességtartalom mellett. A komposzt nem más, mint ásványi tápanyagok, fermentumok, és humusz keveréke.

A folyamatban részt vevő **mikroorganizmusok** prokarióták, eukarióták, gombák, sugárgombák és egyszerűbb talajlakó szervezetek, mint különböző gyűrűs-férgek, ízeltlábúak és azok lárvái.

A **komposztképződés** folyamata környezetszennyezés nélkül, természetes úton zajlik le. A szerves anyagok lebomlása optimális esetben maximum egy év. Három meghatározó része van (1. ábra). Az egyik a **mikrobiális bontás**. A mikrobák, míg a szerves anyagokat tápanyagként használják fel, ezzel párhuzamosan mineralizálják, humifikálják azt, megalapozva a folyamat másik nagy részét, a **biomassza képződést**. A biomassza ásványi és szerves anyagokból táplálkozik, növekedik, szaporodik. Fermentálja a szerves anyagokat, elősegíti a folyamat harmadik részét. Amennyiben a lebontó szervezetek számára kedvezőtlené válnak a körülmények, a biomassza - tényezőre érzékeny - egyedszáma csökkenni kezd. Ilyen tényező lehet például a hőmérséklet, mely idő függvényében sokat változhat. Az elpusztult egyedekből más lebontó (reducens) szervezeteknek számára felvehető szerves anyag lesz. A komposztképzéshez használt **szerves anyagok** lehetnek szénhidrátok, fehérjék, zsírok, keményítők, továbbá cellulóz, hemicellulóz és lignin.



1. ábra: A komposztképződés folyamata

[1]

A **mineralizáció**, vagy ásványosodás szerves anyagok lebomlása és ezzel egy időben szervesetlen - tápanyagként felvehető - ásványokká való alakulása. Az ásványok lehetnek NH_4^+ , PO_4^{3-} , NO_3^- , SO_4^{2-} tartalmúak. Mindezt H_2O , CO_2 képződés kíséri. A folyamat végtermékei az ásványi tápanyagok. A korhadás is mineralizációs folyamat, mely során a cellulóz túlnyomó része szén-dioxiddá és vízzé alakul át.

A **humifikáció**, vagy humuszképződés során a talajban lévő elhalt növényi részeket baktériumok és gombák enzimeik segítségével lebontják. A szénhidrátokból, zsírokból, fehérjékből, ligninből egyszerű vegyületek, mint $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, NH_3 keletkeznek. Ezekből a bomlástermékekből biotikus, és abiotikus (kondenzációs és polimerizációs) folyamatok eredményeként nagy molekulájú humuszvegyületek keletkeznek. A folyamat végtermékeke humusz.

A **fermentáció**, vagy más néven erjedés során a szerves anyagokat enzimhatás éri. Jellemzően baktériumok és gombák végzik a fermentációt. A folyamat végterméke a fermentum.

A mikroorganizmusok alapanyagok megfelelő összekeverését követően viszonylag homogén eloszlásban vannak a komposzt-halomban. Itt hol aerob, hol anaerob körülmények között extracelluláris enzimeikkel megindítják a szerves anyag lebontását.

A sejtmembránon transzferálható kisebb molekulatömegű bontási termékeket ezt követően a sejten belül hasznosítják, alakítják tovább, oxidálják, vagy asszimilálják. A nyersanyag szervesanyag-tartalmának, vagy energiatartalmának jelentősebb részét a mikroorganizmusok energiaforrásként használják fel, és ezzel egy időben a környezet hőmérsékletét emelik, illetve a keletkező jelentős vízmennyiséget elpárologtatják. A komposztálás oxidációs reakcióinak hőtermelése eredményezi az átalakuló alapanyag hőmérsékletének emelkedését [7].

A házi komposztálás a természetben lejátszódó körfolyamat utánzása. Ebben a körfolyamatban a szerves növényi hulladékok lebomlanak. A komposztládák helyes alkalmazása, megfelelő anyagok használata, és a körülmények megfelelő biztosítása esetén a komposztálás szakaszai normál lefolyásúak. A szakaszokat - melyeket a továbbiakban mesterséges körülmények mellett értelmezünk - a hőmérséklet változása alapján jellemezhetjük (1. táblázat). A szakaszok hossza attól függ, mennyire intenzív a komposztálás [8].

1. táblázat: A komposztálás szakaszai és azok jellemzői

[8] nyomán

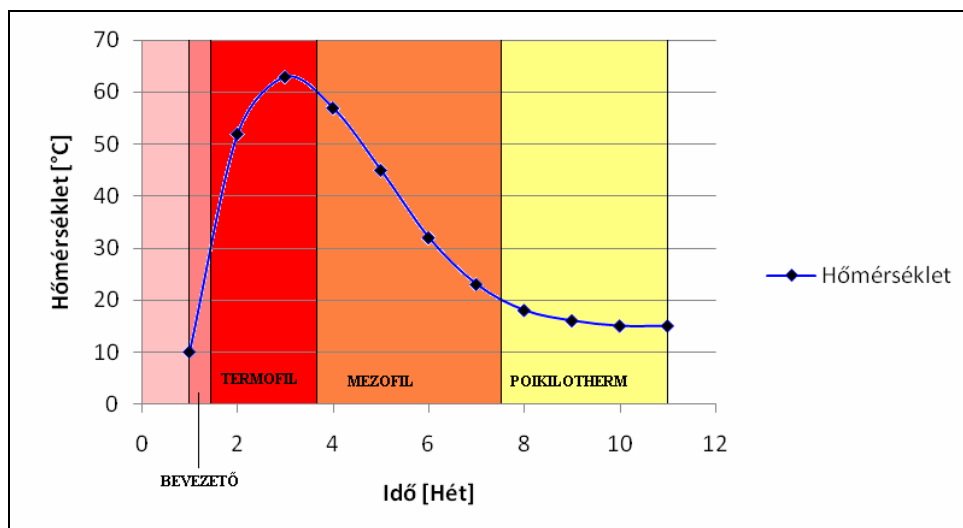
Szakasz	1. Bevezető	2. Hő	3. Átalakulási	4. Érés
Komposzt hőmérséklet	Növekszik	Nem változik	Csökken	Tart a környezeti hőmérséklethez
Jellemző esemény	Reakciók elindulnak	Lebomlás	Felépülés	Humuszképződés
Jellemző komposztáló szervezetek	×	Termofil bakt. gombák sugárgombák	Mezofil bakt. gombák sugárgombák	Pszichrofil bakt. penészgombák sugárgombák talajlakók
Hőmérsékleti optimumuk	×	50-55 °C	30-45 °C	15-20 °C

Első a **bevezető szakasz**. Jó tápanyag, szénhidrát, fehérje, zsír, és oxigénellátás mellett a mikroorganizmusok nagy sebességgel szaporodni kezdenek. A komposztálás kezdetén a gyors átalakításához az átlaghoz képest nagyobb fajlagos oxigén mennyiség szükséges [7]. A hőmérséklet néhány óra, esetleg 1-2 nap elteltével belül az intenzív anyagcsere hatására az 50 fokot is meghaladhatja. Mivel ez a szakasz ilyen rövid, sok szerző nem is említi külön szakasznak [1].

A ***hő (termofil) szakaszban***, mikor a hőmérséklet a komposztálást végző mikrobák számára már megfelelő értéket ért el, megindul a fehérjék és szénhidrátok átalakulása is, mivel ezek könnyebben bomló anyagok. Az *első fázisában* a folyamatért még a mezofil mikroorganizmusok felelősek. A hőmérséklet viszont tovább nő, arányuk egyre csökken, de még biztosítják a hőmérséklet szükséges mértékű növelését [9]. A *második fázisban* történik a nyersanyagok lebontásának nagyobb része. Ezt a legnagyobb levegőigény, és a legintenzívebb CO₂ keletkezés bizonyítja. A mezofil mikroorganizmusok nagy iramban pusztulni kezdenek, közülük 55 °C felett csak a hőmérsékletre rezisztens fajták maradnak fenn. Ezzel egy időben gyorsan szaporodnak a termofil mikrobák, a cellulóz és lignin bontására képes sugárgombák és gombák. A sugárgombák antibiotikumot termelve természetes úton fertőtlenítik a komposztot [7]. Akármilyen hosszú ideig komposztálunk, ha a biodegradálódó anyagok közé gyommagvak kerülnek, azok megfertőzhetik a komposztot. Így fennáll annak a veszélye, hogy a komposzt használhatatlanná válik. 60°C felett végbemenő folyamatok hatására a gyommagvak terméketlenné válnak [10].

Az ***átalakulási (mezofil) szakaszban*** a könnyen bontható cellulóz és a lignin részek koncentrációja már minimális. A szaporodás, hőtermelés intenzitása csökken. A nehezen bomló lignin bontását viszont a gombák még folytatják. Így keletkeznek a lignin molekulatöredékek, melyet a jelenlevő baktériumok a kevés tápanyaggal lassan, de sikeresen tovább alakítanak. Az aromás gyűrűk részben felnyílnak, részben módosulnak. Az így kialakuló módosított monomerek, oligomerek kondenzációjával épülnek fel a következő szakaszban a humuszanyagok [7].

Az ***érés, felépülési (poikilotherm) szakasz***t a szerves anyag humifikációja jellemzi. A kondenzáció során a funkciós csoportok száma és a humusz oxigéntartalma is csökken, színe sötétedik. Oxidációja minimálisra csökken, biológiai stabilitása nő. Közben a hőmérséklet folyamatosan csökken. Az érésben pszichrofil baktériumok és penészgombák működnek közre, amelyek hőmérsékleti optimuma 15-20 °C. Nő a sugárgombák száma is, amely a komposztérettség indikátorának is tekinthető. A hőmérséklet addig csökken, míg el nem éri a külső környezet hőmérsékletét [7]. Ekkor benépesül a komposzt talajlakó állatokkal, amelyek számára nagyon sok tápanyagot biztosít a komposzt, emellett segítenek a komposzt átalakításában [8]. A 11. héten a folyamat kezdetétől már nincs számottevő hőmérsékletváltozás (2. ábra).



2. ábra: Hőmérséklet az idő függvényében

[9] nyomán

2. 2. A helyes komposztálási gyakorlat bemutatása

2. 2. 1. Hogyan zajlik a házi komposztálás?

Az első lépés a **komposztládák előkészítése**. Ehhez először is össze kell szerelni a komposztáló ládákat, majd egy minden napszakban legalább félméteres helyre helyezni.

A második lépés a további **komposztálási eszközök begyűjtése**. Ehhez be kell szerezni az alapanyagok aprítására szolgáló berendezés, az esetleges, komposztáláshoz használandó segédanyagokat, a forgatáshoz használt vasvillát, a komposzt locsolásához való eszközt, a levegőztetést szolgáló perforált műanyagcsövet, a komposzt kiszedésére alkalmas lapátot, és végül a rostát.

Ügyelni kell arra, hogy azonos anyagból nagy mennyiséget ne halmozzunk fel bennünk, mert akkor a komposztálás folyamata nem lesz kiegyensúlyozott. Épp ezért, amíg nem gyűlt össze minden összetevőből kellő mennyiség, addig érdemes minden komposztálásra szánt anyagot szisztematikusan külön-külön csoportosítani. A kertben az ágakat, a levágott fűvet, a lehullott gyümölcsöket érdemes külön-külön kupacokba gyűjteni, a konyhai hulladékoknak pedig a szemeteseken kívül egy külön tárolót érdemes kinevezni (3. kép).



3. kép: Konyhai szemetes, és egy kisebb méretű konyhai komposztároló
(Fényképezte: Pápai Péter Mátyás)

A **konyhai, illetve háztartási hulladékok** közé tartoznak elsődlegesen a zöldség, gyümölcs és gomba maradványok. Kisebb mennyiségben növényevő kisállatok ürüléke a forgácsalommal együtt. Jelentősen kisebb mennyiségben kávézacc, teafű, toll, szőr. Nagyon csekély mennyiségben, akár még fahamut is szórhatunk a komposztkupacra. A papír komposztálása feltételekhez köthető, mint például festékanyag tartalom. Én ezzel szemben inkább a papír szelektív gyűjtését javaslom, mert nem minden esetben ismerhetjük az összetevőit, ráadásul nehézkesen komposztálódik. A tojáshéjat szintén komposztálható hulladéknak tartják, bár anyagát gyakorlatilag mészkőnek tekinthetjük, ami szervesetlen anyag, így nem komposztálható, mindössze adalék. A tojáshéj emellett nehezen bomlik le, kivéve, ha apró darabokra összetörük, ám ezzel felesleges bajlódni.

A **kerti hulladékok** közül a zöld hulladékok közé tartoznak a frissen levágott zöld növényi részek. Ezek például az elvirágzott növények, a lehullott lomb, a fűnyesedék, a lehullott gyümölcs. A barna hulladékok, vagy más néven vázanyagok közé tartoznak a szárazabb növényi részek. Ezek például ágak, gallyak, faforgács, fakéreg. A vázanyag elnevezés a jó struktúrából adódik.

A jó struktúra faanyag esetében 1 cm-nél nagyobb, konyhai hulladékok esetében 2,5 cm-nél nagyobb méretet jelent. Az aprítás csökkenti a nyersanyag strukturáltságát és a porozitást, valamint növeli a nyersanyag felületét, ami elősegíti a mikrobiológiai lebontást [7]. Különböző takarmányozási anyagok megjelenése is a komposztban

biztosított előnyök mellett hozzájárul ahhoz, hogy megfelelő minőségű jó szerkezettel rendelkező végtermék álljon elő. A komposzt letakarásával megakadályozható, hogy a gyomok megfertőzzék a komposztot [10].

Nem szabad a komposztba dobni fertőzésveszély miatt húsevő állatok ürülékét. Ezen felül a főtt ételmaradékok, mint például hús, illetve csont hasonlóképpen kerülendők. Amennyiben ezek megjelennek a komposztládákban, az büzzel, és patkányok megjelenésével jár. Gyomnövényeket szintén nem szabad bedobni a ládába, mert azokban még lehetnek életképes gyommagvak, illetve szaporodásra alkalmas részek, amelyek visszafertőzhetik a kertet. Fertőzött szervezeteket nem szabad komposztálni. A porzsák tartalmát se szórjuk a komposztra, mert a por nehézfémeket köthet meg, melyek szennyezhetik a talajt. Nagy forgalmú utak mentén kaszált növényi részekben szintén nehézfém-szennyezéssel kell számolni, így azok komposztálását is kerülni kell. Komposztálással csak olyan szerves hulladékok bonthatók, melyek nem tartalmaznak a lebontó szervezetek számára toxikus anyagot. A beteg növényi részeket nem szabad komposztálni, inkább azokat a központi hulladékégetőkbe érdemes szállítani.

Az ***anyagok bedobásának sorrendje*** gyorsítja a komposztképződést. A helyesen használt komposztládában horizontálisan ugyan minden réteg homogén, az anyagok egyenletes megoszlása érdekében, de a vertikális rétegezésről viszont gondoskodnunk kell a levegő, valamint a lebontó szervezetek szabad áramlása érdekében. A rétegek kialakításakor először is a legalsó rétegben vázanyagokat kell elhelyeznünk, melyek feladata a szellőzés biztosítása. Elhelyezésükkor ügyelni kell arra, hogy ne vágjuk el a lebontó szervezetek útját a soron következő rétegtől. A második réteget a többi, könnyebben bomló szerves anyag alaposan összekevert egyvelege alkotja. Ezt a második réteget érdemes több külön sávban elhelyezni, a sávok közé földet, régi érett komposztot, vagy esetleg trágyát beiktatva. Ez meggyorsítja a komposztképződés folyamatát, semlegesíti a kellemetlen szagokat, illetve további mikroorganizmusokkal, talajlakókkal látja el a komposzthalmot, melyek a komposztban szaporodásnak indulnak. A férgek és bogarak járataik révén biztosítják a levegőztetést, keverik a szerves anyagokat és trágyázzák a komposztot. Akár egy újabb vázanyag réteget is képezhetünk, melyre majd szintén könnyebben bomló anyagokat teszünk. Erre nincsenek szigorú szabályok.

A komposztot ***át kell forgatni*** vasvillával a fellazítás érdekében minden évszakban legalább egyszer, mivel az idővel betömörödhet a rétegezés ellenére is. Ez a művelet az oxigén áramlását szolgálja, ráadásul homogenizálja a komposztot, ami az anyagok egyenletes eloszlása miatt lényeges.

Az ***aprítás*** kulcsfontosságú, mert megnöveli a komposztálandó részek lebontó szer-
vezetek számára hozzáférhető felületét, így a korhadás sebességét is. Minél nagyobb a felület, annál több mikroba és talajlakó állat léphet akadálytalanul kontaktusba a komposzttal. A komposztálásra szánt könnyen vágható szerves anyagokat érdemes késsel, ollóval, legalább 5 cm hosszúra aprítani, majd teljes mértékben összekeverni őket [11]. Az aprítás további előnyei számunkra, hogy a késztermék hasznosítására is hamarabb sor kerülhet, és nem áll fenn az a veszély, hogy idő előtt megtelik a komposztláda.

Az ***öntözés*** garantálja a megfelelő nedvességtartalmat. Ezt a műveletet érdemes a komposzt-halom átforgatása után végezni, mert akkor könnyebben leszivárog a víz a komposztláda alsó felére.

2. 2. 3. Hogyan ellenőrizzük a komposztunkat?

Egyik módszer a ***zsázsa teszt***, vagy éppenséggel ***mustármag teszt***. Véghezvitele a következőképp valósul meg:

- Egy befőttes üveget félig megtöltünk komposzttal.
- Kellőképp megnedvesítjük.
- Egyenletesen elvetjük a zsázsa vagy mustármagokat.
- A komposzt nedvességtartalmáról rendszeresen gondoskodunk.
- Néhány napon belül optimális esetben kicsíráznak a magok.

Ha nem, vagy egyenlőtlenül csíráznak ki, akkor nem elég érett a komposzt. Ha egyenletesen kikelnek a magok, de a levelek sárgán elszíneződtek, perzselésre utaló jelek találhatóak, akkor a pH savas, segédanyagokkal módosítani kell. Amennyiben ilyesmi nem fordul elő, bátran felhasználhatjuk a komposztot [12].

A másik módszer a *szulfid (S²⁻) teszt*. Kivitelezése a következőképp történik [13]:

- 1 evőkanál szobahőmérsékletű mintát belerakunk egy magas pohárba.
- Megnedvesítünk 1-1 ólom-acetát tesztsíkot (4. kép).
- Egy Petri csésze aljára ráhelyezzük az egyiket, a tetejére pedig a másikat.
- 50 cm³ 18%-os HCl oldatot öntünk a mintánkra.
- Gyorsan lefedjük a Petri csészével a mintát.
- Lassan kevergetjük a mintát.
- Várunk 10 percet.
- Összehasonlítjuk a két tesztsíkot.
- Kiértékeljük, és megtesszük a szükséges lépéseket (2. táblázat).


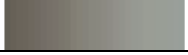

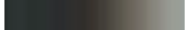


4. kép: Ólom acetát tesztsík

(http://precisioneurope.com/?post_type=products&p=2366)

2. táblázat: Szulfid-teszt eredményének elemzése és a szükséges beavatkozások

[13] nyomán

Színkülönbség	Kiértékelés	Teendő
Nincs semmilyen elszíneződés 	A komposzt kevesebb, mint 1ppm szulfidot tartalmaz.	A komposzt használható, ha a többi teszten is átmegy.
Enyhe barnás elszíneződés 	A szulfid szint alacsony.	Egyszer forgassuk át a komposztot!
Határozott barna elszíneződés 	A komposzt toxikus.	Többszörösen forgassuk át a komposztot, a levegőztetést korrigáljuk!
Sötétbarna elszíneződés 	A komposzt erősen toxikus. Nincsenek aerob viszonyok.	Egy másik, aerob komposzt-halomba kis adagokban fokozatosan keverjük bele, hogy beálljon az egyensúly.

Segédanyagokat a hiányzó ásványi anyagok biztosítására, az esetleges bűz elkerülése érdekében szokás használni. A segédanyag lehet föld, zeolit, alginitet, bentonit. Rossz vízgazdálkodású anyagok, mint a homok és az agyag kerülendők [12].

pH növelésére szervesen CaO, vagy CaCO₃, csökkentésére szerves növényi részek, mint tölgyfalomb, tuja levél, diófa levél, akácfa levelek alkalmasak. Szélsőséges esetben a komposztálást baktérium, vagy enzim szuszpenzióval kell gyorsítani.

2. 2. 4. Hogyan használjuk fel a kész komposztot?

A mulcsoláshoz, vagy más néven talajtakaráshoz jó minőségű és átrostált kész komposzt szükséges. Ennek felhasználási rátája 2 dm³ komposzt/m² talaj. Ez 2 mm vastag komposzt réteget jelent.

A teljes komposzt vastagság nem lehet nagyobb, mint 10 cm. Ennek alsóbb, 2-5 cm vastag rétegére az jellemző, hogy apró részecskék alkotják, melyek tápanyagban gazdagok. Felső 5-8 cm vastag rétegére pedig az, hogy akár 20 mm-nél nagyobb részecskéket is tartalmazhat, viszont ezek tápanyagtartalma kisebb. Ez abból a szempontból előnyös, hogy a mélyebben gyökerező fák és bokrok több tápanyagot kapnak, és gyorsabban növekednek, mint a kisebb gyökérrel rendelkező gyomok. Ha a komposztfelhasználást a tápanyagtartalomra alapozzuk, ritkán kell több tápanyagot adni a fáknak, bokroknak, mint ami 100-120 kg N/Ha koncentrációval látja el őket [10].

A komposztot dísz-, és haszonnövények ültetéséhez, talajjavítási célból meghatározott arányban földdel és más anyagokkal kell keverni. Fontos, hogy tisztában legyünk azzal, hogy milyen összetételű táptalajt kell biztosítani ahhoz, hogy a növények sikeresen fejlődhessenek.

2. 3. Befolyásoló paraméterek

A komposztálás heterogén rendszer, így igen sok tényező befolyásolja sikerességét. Limitáló tényező lehet a komponens tömegtranszportja oxigén, oldott tápanyag tekintetében. E folyamatok igen összetettek és részleteiben nem teljesen ismertek, így a következő tényezők szabályozása javasolható a komposztálás során [7]:

2. 3. 1. C/N arány

A nyersanyagok különböző mennyiségben tartalmaznak szenet (C) illetve nitrogént (N). Optimális esetben a C és N arány 25:1. A zöld hulladékokban több a N és kevesebb a C. A barna hulladékokban több a C és kevesebb a N, ahogy a példa is illusztrálja (3. táblázat).

3. táblázat: Becsült C/N arány sorrend hulladéktípusonként

(<http://www.komposztalo.com/files/file/komposztalasiutmutato.pdf>,

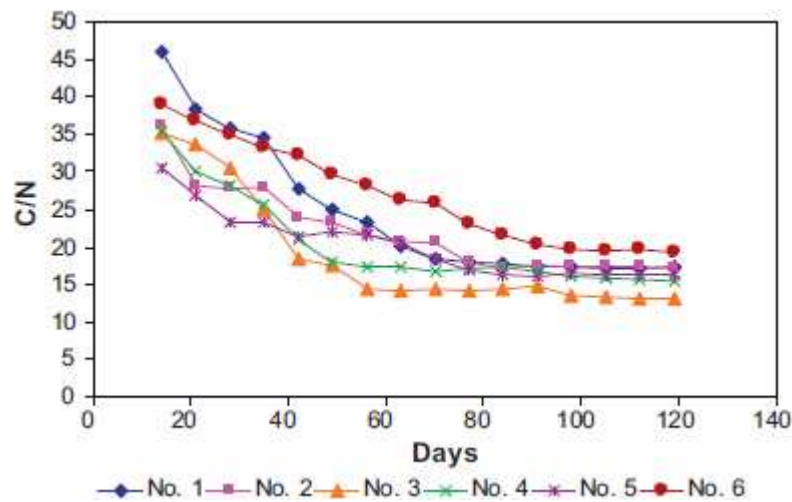
<http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladekgazd/komposzt.htm>,

<http://www.composting101.com/c-n-ratio.html>)

Barna hulladékok (több C)	C:N
Faforgács	400:1
Aprított karton	350:1
Fűrészpor	325:1
Aprított újságpapír	175:1
Fanyesedék	125: 1
Fakéreg	120:1
Tülevél	80:1
Kukoricacsutka	75:1
Szalma	75:1
Levelek	60:1
Földimogyoró héja	35:1
Gyümölcs hulladék	35:1
Fahamu	25:1
Zöld hulladékok (több N)	C:N
Lombok	50:1
Gazok	30:1
Kerti hulladékok	30:1
Széna	25:1
Zöldség darabkák	25:1
Lóhere	23:1
Ételmaradékok	20:1
Fűnyesedék	20:1
Kávézacc	20:1
Hínárok	19:1
Trágya	15:1
Lucerna	12:1

A komposztálás során gondoskodni kell a mikroorganizmusok helyes tápanyagellátásáról. Az optimális C és N arány a mikroorganizmusok tápelem igényéből meghatározható. Élő mikroorganizmusok sejttanyagának C és N aránya 10:1. A komposzt

alapanyag kiindulási C és N arányát 35:1-re kell állítani, mégpedig cellulóz és lignin tartalmú, nitrogént alig tartalmazó fás növényi részekkel. A nitrogénellátottság limitáló tényező a baktériumok és gombák szaporodására nézve, így ügyelni kell, hogy a nitrogénvesztést minimalizáljuk [7]. Hat különböző típusú komposztláda vizsgálata során kiderült, hogy az arány a napok függvényében csökkent [10]. A komposztálás végére a C és N arány minden esetben sikeresen elérte az optimális 25:1 arányt (3. ábra).



3. ábra: C/N arány az idő függvényében

[10]

Magas C és N arány

Oka: Minél öregebb, barnább és fásabb egy anyag, annál több szenet tartalmaz. Mint a táblázatból is látható volt, az alapanyagok jó része a szén felé dönti a mérleget. Tág C/N arány esetében jellemző, hogy a felesleges szén CO_2 formájában távozik a rendszerből [1].

Megoldás: Fűnyesedéket, trágyát, illetve lucernát kell hozzáadni a komposzthoz.

Alacsony C és N arány

Oka: Amint a táblázatból kiderül, a frissebb, zöldebb és lédúsabb anyagok, több nitrogént tartalmaznak. Ugyanakkor a komposztképződés során, ahogy bemutattam, a C koncentrációja automatikus csökkenést mutatott. Szűk C/N arány esetében jellemző, hogy a felesleges nitrogén NH_3 formájában távozik el a rendszerből [1].

Megoldás: Száraz faleveleket és faforgácsot kell hozzáadni a komposzthoz.

2. 3. 2. Nedvességtartalom

A megfelelő nedvességtartalom serkenti a mikrobiális aktivitást [14]. A zöldhulladékok általánosságban 80%-os, a barna hulladékok pedig 60%-os nedvességtartalommal rendelkeznek. A nedvességtartalmat szükség szerint öntözéssel kell szinten tartani [11]. A folyamat során a nedvességtartalom 40-60% között változik [15]. A kész komposzt nedvességtartalma nem lehet nagyobb 45%-nál. A nedvességtartalom változása érzékenyen függ a levegőztetés mértékétől és a komposzt hőmérsékletétől [7]. Alacsony nedvességtartalom esetén a mikrobiológiai aktivitás korlátozott a termofil és mezofil baktériumok számára egyaránt, sőt a kiszáradás meggátolhatja a komposztálódást. Magasabb értékeknél a folyamatban anaerob viszonyok alakulnak ki, a talaj pórusait levegő helyett víz tölti ki, és ez gátolja az aerob folyamatokat. A korhadás helyett rothadás és bűzhatás várható [15].

Alacsony nedvességtartalom (<40 m/m%)

Oka: Az anyagösszetételen kívül leginkább a párolgás.

Megoldás: A komposztot meg kell öntözni, lehetőleg átforgatás után. Szintén eredményre vezethet magas nedvességtartalmú komponensek hozzáadása.

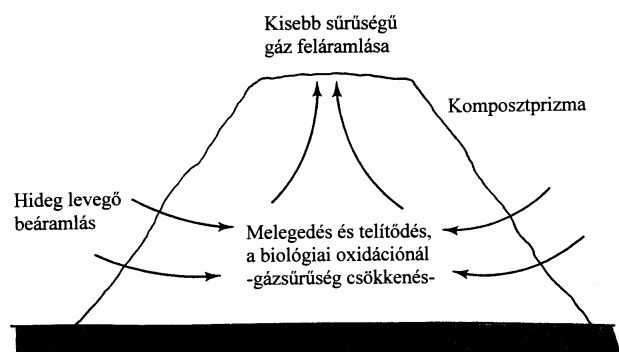
Magas nedvességtartalom (>60 m/m%)

Oka: Az anyagösszetételen kívül sok csapadék beszivárgása és/vagy sok öntözés.

Megoldás: Száraz strukturáló anyagokat kell a komposzt-halomhoz adni, mint például faforgács, fakéreg, fűrészpor, visszaforgatott komposzt. Nagy felületük miatt ezek több nedvességet képesek elszívni.

2. 3. 3. Oxigénkoncentráció

34 %-os oxigéntartalom mellett zárt ampullában 1 mg glükóz teljesen oxidálódik. Amennyiben ennél több glükóz áll rendelkezésre, nem lesz elegendő oxigén annak aerob lebontására, és így anaerob viszonyok alakulnak ki [14]. Biokonverziós kísérletben az 1-2 mm-es szerves frakciót aerob úton komposztálhatónak, a vízben oldódó maradvány frakciókat pedig anaerob úton lebonthatóknak sorolták [16]. A sűrűségkülönbség a komposzt-halom gázfázisában felhajtóerőt eredményez (4. ábra). Emellett természetes ventillációt indít be [17].



4. ábra: Áramlási viszonyok egy komposztprizmában

[17]

Nem levegőztetett prizmáknál a természetes biológiai folyamatokhoz meghatározó oxigénforrás a ventiláció, mely sebessége függ a komposzt porozitásától, szabad gáztérfogatótól és hőmérsékletétől. Az oxigénigény a komposzt-halom magasságával nő [18]. Megfelelő oxigénellátáshoz 20-30 %-os minimális, szabad hézagtérfogat kell. Stabil struktúrájú nyersanyag aprítható anélkül, hogy az oxigénellátás kedvezőtlen legyen. Az oxigénellátás levegőztető rendszerek működtetésével is megoldható, de szárító és hőmérsékletszabályozó hatásuk káros lehet a mikroorganizmusokra. Az optimális gázfázis koncentráció a komposztban 5-15tf%. Alacsony O₂ koncentráció esetén elszaporodnak az anaerob baktériumok, a degradálódó szerves anyagokból pedig bűzös vegyületek képződnek, melyek gázként távoznak a rendszerből. Magasabb értékeknél a hőmérséklet csökken, és a szükséges folyamatok lassulnak [7].

Alacsony oxigénkoncentráció (<5 tf%)

Oka: Tömörödés, túl magas nedvességtartalom, elégtelen oxigén beáramlás.

Megoldás: Fellazítás, szárazanyag betáplálás. Az oxigénellátást megnövelheti, és egyúttal a természetes diffúziót, konvekciót biztosíthatja egy a komposztládába elhelyezett, belül üres, perforált 120 mm átmérőjű műanyagcső.

Magas oxigéntartalom (>15 tf%)

Oka: A jelenség aktív levegőztetés esetében, illetve akkor tapasztalható, mikor a komposzt szinte csak vázanyagból épül fel, ráadásul aprítatlan formában.

Megoldás: Az aktív levegőztetés csak ipari méretekben gazdaságos és szükséges, így házi komposztálásnál nem is jellemző. Az optimális oxigéntartalom beállítása strukturálatlan, kis porozitású anyagok hozzáadásával lehetséges.

2. 3. 4. Hőmérséklet

A hőmérséklet függ a nyersanyag minőségétől, mennyiségétől és hőszigetelésétől. Az O₂ vízoldhatóságára, a fehérjék lebomlására, az NH₃ távozó gázokkal történő felszabadulására, a nitrifikáció sebességére is hat. A szerves anyagok degradációja O₂ jelenlétében és hiányában egyaránt lejátszódik [7]. Ezzel szemben a komposztálás oxidatív folyamataiért legfőképp aerob baktérium és gombatevékenység felelős, anaerob, reduktív folyamatok energianyeresége hozzájuk képest elhanyagolható. Ennek következtében az előbbi folyamatok okozzák a komposzt hőmérsékletének emelkedését [17]. Ezt a következő egyenletek egyértelműen bizonyítják (4. táblázat).

4. táblázat: Szőlőcukor átalakulása anaerob és aerob körülmények között

[19]

ANAEROB	AEROB
$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3CH_3COOH$ $3CH_3COOH \rightarrow 3CH_4 + 3CO_2$ $CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O + 400kJ$	$C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 = 6 CO_2 + 6 H_2O +$ + 2870 kJ

A komposztáláshoz legalább 10 °C szükséges. A magas hőmérsékletnek dezinfektív és higienizáló szerepe van. A patogén mikroorganizmusok a hő-szakaszban rend szerint elpusztulnak, a gombák antibiotikum termelő hatása pedig biztosítja a további fertőzések elkerülését. A magas hőmérséklet viszont egyes - komposztálási folyamatban fontos - szervezetek tűrőképességén túlmutathat [7].

Alacsony hőmérséklet (<10°C)

Oka: Az időjárás, emellett a lebontó szervezetek akadozó szaporodása.

Megoldás: Metabolikus, hőtermelő folyamatokat elő kell segíteni.

Magas hőmérséklet (>65°C)

Oka: A klasszikus komposztképződési folyamat során nem jellemző. Azonban a folyamatosan tűző napon lévő komposzt kigyulladhat, különösképpen a hő-szakaszban.

Megoldás: A komposztot-halmot félárnyékos, hűvös helyre kell rakni, illetve öntözéssel hűteni.

2. 3. 5. pH

A városi talajok 5%-nál több szerves anyagot is tartalmazhatnak, ezek a pH-t 7.0 fölé tolják. Ilyen talajokat a legtöbb bokorhoz és fához nem célszerű használni [10]. Nem jellemző, hogy lúgos anyagot kell a komposztkeverékhez adni, mert a komposzt pH-ja önmagától a lúgos kémhatás felé tolódik. A pH optimum 7 és 8 között van.

Túlságosan savas kémhatás (pH < 7)

Oka: A kis molekulájú szerves savak, mint köztitermékek a pH-t akár 5-re is lecsökkenthetik [7].

Megoldás: 2 kg mészkőpor (CaCO_3), vagy 1kg égetett mész (CaO) adagolása minden m^3 komposzt után [12]. Ha nagy mennyiségű CaCO_3 van jelen a komposztban, a komposzt puffer kapacitása magas lesz, valamint pH-ja megnövekszik [10].

Túlságosan lúgos kémhatás (pH > 8)

Oka: Szerves savak párolgása, illetve az ammónia (NH_3) és piridin ($\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$) bázisok felszabadulása [7].

Megoldás: Tölgyfalomb, tuja levél hozzáadása. A folyamatot savas irányba tolják továbbá a dió, illetve akácfa levelek, de ezeket legfeljebb csak 10%-ban szabad a komposzthoz adni.

2. 4. Komposztálási Programok indítása Szentendrén

2009-ben Szentendre város önkormányzatának (A továbbiakban Önkormányzat) testülete elfogadta a helyi komposztálási koncepciót és a Környezetvédelmi Alap támogatásával, az állandó szentendrei lakosok részére megindította az I. helyi Komposztálási Programot, elsősorban a kerti hulladékégetés visszaszorítása céljából. "A cél, hogy a komposztált zöldhulladék aránya érje el legalább az 50%-ot. ... A zöldhulladék hasznosítása fontos, ezért kerti komposztálók kialakítására kell ösztönözni a lakosságot a lerakóba kerülő kommunális hulladék mennyiségének csökkentése érdekében, és ezt a fizetendő díjban is érvényesíteni kell [20]." Az Önkormányzat 2,2 millió forintból megvásárolt 200 komposztáló ládát a Környezetvédelmi Alap terhére. Egy db láda ára 11.000 Ft.

2009. június 9.-én az előzőek fényében sor került a komposztáló ládák átadására. A ládák több elemből állnak, így azokat első használatkor össze kell pattintani. Erre átadás után rend szerint rögvest sor került, majd a ládákat használatba vették. Legfeljebb 100 szentendrei család és a jelentkező szentendrei oktatási intézmények részére nyílt részvételi lehetőség. A programban résztvevőknek az Önkormányzat ingyenesen 2 db komposztáló ládát adott át használatra, melyek össztérfogata $680-700 \text{ dm}^3$ közt változott. Az eszközök átvételekor egy *ismeretterjesztő előadás* keretében oktatást biztosítottak, valamint mindenki *komposztálási kiadványt* kapott, hogy elsajátíthassa az alapvető tudnivalókat a sikeres komposztálás érdekében.

A komposztprogramokban a ládák használati megállapodásának értelmében egyik család sem kaphatott 2-nél több komposztládát, vagyis aki már az egyik évben jelentkezett, nem pályázhat ismét. Aki 2009-ben csatlakozott a komposztprogramhoz, az 2 darab 340 dm^3 -es komposztládát kapott. 2010, 2011, 2012 években pedig két különböző típusú és térfogatú komposztládát. Egy 400 dm^3 -est, illetve egy 300 dm^3 -est. A ládák 4 évig az Önkormányzat, attól kezdve pedig a használó tulajdonába tartoznak.

$680-700 \text{ dm}^3$ össztérfogattal rendelkező komposztládák becslésem szerint átlagosan 5 fő, és emellett egy 500 m^2 -es növényekkel benépesített kert által termelt hulladékot képesek a következő betáplálásig tökéletesen komposztálni, optimális körülmények mellett, amennyiben nem számítjuk ide a kivágott fákat, amelyek komposztálása igen körülményes, hosszadalmas. Ez utóbbiak hasznosított égetését, átadását, vagy központi komposzttelepre szállítását feltételezem a továbbiakban.

Szentendre lakossága 2010-ben elérte a 25.000 főt. 5 személyes családokkal számolva az előbbieket szerint 10.000 komposztládára lenne szükség ahhoz, hogy a teljes lakosság részese legyen a komposztprogramnak, ehhez még 9.200 db komposztládát kellene kiosztani, ha továbbra is csak évi 200 ládával számolunk. Tehát 46 év múlva mondhatnánk azt, hogy Szentendrén a hulladékok 100 %-ának komposztálására adott a lehetőség, változatlan lakó és ládaszám, valamint tökéletes komposztálási gyakorlat mellett.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

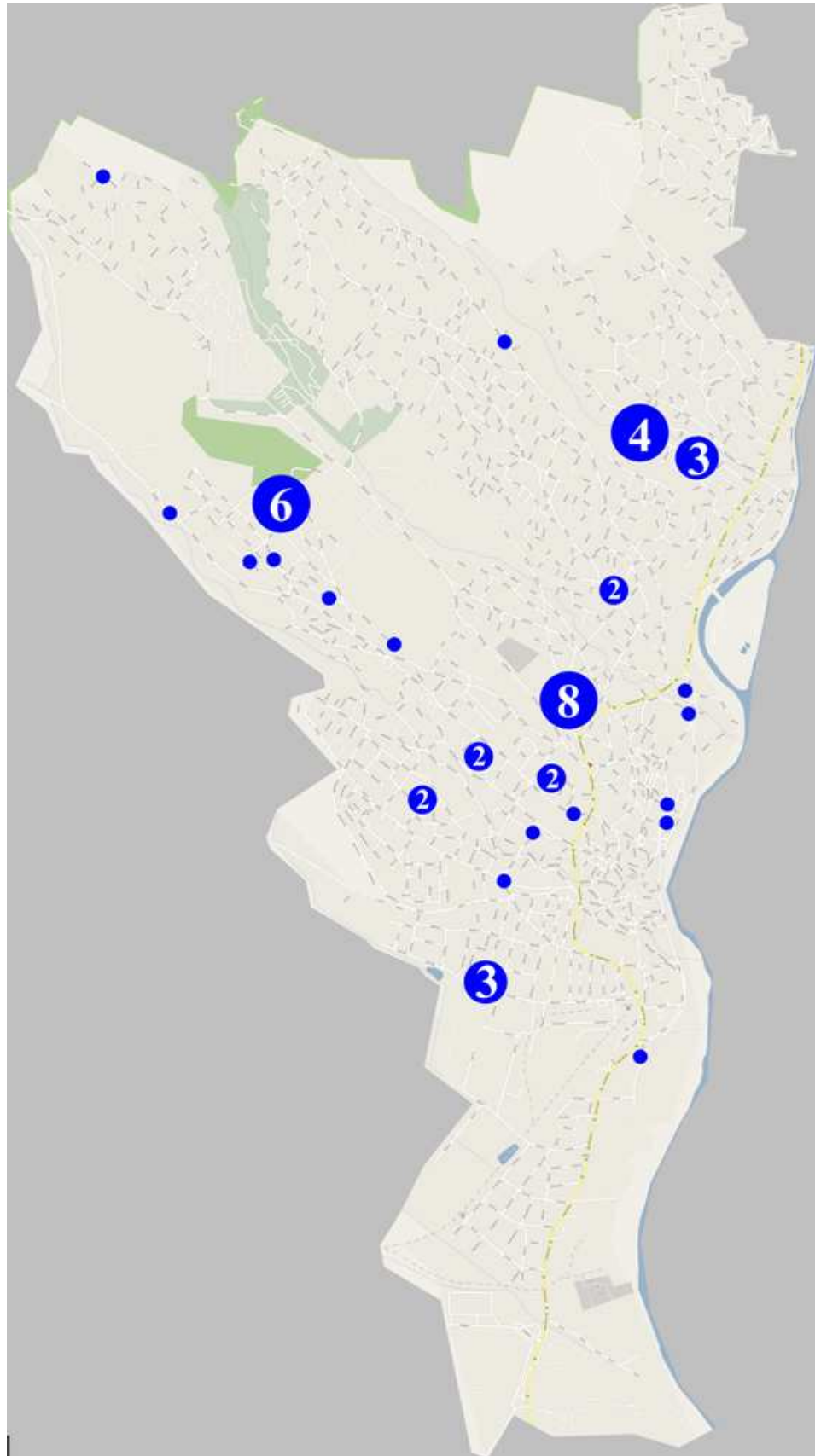
3. 1. Anyag

Jelen TDK dolgozat 2012.-ben végzett munkám tapasztalatain alapul, melyet *Szentendre Város Önkormányzatán* végeztem. Az Önkormányzat képviselő-testületének környezet- és természetvédelmi feladatkörébe tartozik a helyi zaj- és rezgésvédelmi szabályok megállapítása, az avar és kerti hulladék égetésére, továbbá a háztartási tevékenységgel okozott légszennyezésre vonatkozó szabályok megállapítása, az önkormányzati környezetvédelmi alappal való rendelkezés és gazdálkodás.

Megismerkedtem az Önkormányzat hatósági jogkörével, valamint a komposztprogrammal. Ezt követően az Önkormányzat megbízottjaként dolgoztam, így rám hárult a lakók körében történő ellenőrzés, és adatgyűjtés a komposztprogrammal kapcsolatosan. Hogy ez megtörténjen előzetes megbeszélések alapján időpontokat fixáltunk a szentendrei lakosokkal, hogy gördülékenyen bejárhassam a kiválasztott helyszíneket, és ott az ingatlanok tulajdonosainak segítségével elvégezhessem feladatomat.

Az ingatlanokat véletlenszerűen választottam ki, ügyelve, hogy a városnak több pontjáról is információt gyűjthessek. Az Önkormányzat a program résztvevőit a csatlakozás dátuma alapján is nyilvántartja. Törekedtem arra, hogy minden eddigi évből, tehát 2009, 2010, 2011 esztendőhöz tartozó résztvevők közül is válasszak.

A lakosok a komposztláda használati szerződése értelmében fogadtak, és együttműködtek velem. Munkám során 50 helyszínre látogattam el, melyből 47-re sikerült bejutnom, vagyis közel a komposztprogramban résztvevő háztartások több mint 10%-ához. A helyszínek megjelölésénél tisztán látszik, hogy a város több pontján sikerült ellenőrzést végrehajtani, de az is jól megfigyelhető, hogy a komposztprogramban résztvevők úgymond gócpontokban csatlakoztak a programhoz (5. ábra). A későbbiekben, amikor általánosságban tesztek kijelentéseket a komposztprogramban résztvevőkről, azok a megvizsgált háztartások alapján értendők.



5. ábra: A helyszínek elhelyezkedése Szentendrén
(<http://maps.google.hu/>) alapján

3. 2. Módszer

A szemlék során először ellenőriztem, hogy a családok rendeltetésszerűen használják-e a ládákat, illetve, hogy milyen mértékben sajátították el a helyes komposztálási gyakorlatot. Amennyiben problémát tapasztaltam, vagy kérdés merült fel a komposztálásra vonatkozóan, a *komposztálási kiadványnak*, valamint környezetmérnöki tanulmányaimnak megfelelően igyekeztem hasznos tanácsokat adni. A vitás esetekben elmagyaráztam, hogy miért nem indul be a komposztképződés folyamata. Néhány helyszínen javasoltam, hogy ki lehet dobni olyan hulladékokat is a komposztládába, amit eddig nem akartak, vagy nem mertek. Emlékeztettem őket a komposztálás szükséges és elégséges feltételeire, továbbá a komposzt állagát és minőségét, valamint a komposztképződési folyamat sebességét befolyásoló paraméterekre.

A tanácsadás után a felhasználók válaszoltak egy általam készített kérdőívre is, mely a komposztálásról, illetve magáról a programról szólt. A kitöltött *kérdőívek* a következőkről adtak felvilágosítást:

- 1. kérdés: Milyen konyhai hulladékok kerültek a ládádba?
- 2. kérdés: Milyen egyéb háztartási hulladékok kerültek a ládádba?
- 3. kérdés: Milyen kerti hulladékok kerültek a ládádba?
- 4. kérdés: Használat óta hányszor forgatta át a komposztot?
- 5. kérdés: Használat óta hányszor öntözte meg a komposztot?
- 6. kérdés: Milyen segédanyagot használt?
- 7. kérdés: Nyomon követte-e a komposzt állagát?
- 8. kérdés: Volt-e panasa bűzre?
- 9. kérdés: Hulladékprítás történt-e?
- 10. kérdés: Hányszor ürítette a ládákat?
- 11. kérdés: Évente mennyi kész komposzt keletkezett, és ebből mennyit használt fel?
- 12. kérdés: Rostálás történt-e?
- 13. kérdés: Mire használta a komposztot?
- 14. kérdés: Milyen növényeket látott el komposzttal?
- 15. kérdés: Hogyan fejlődtek a komposzttal ellátott növények?

- 16. kérdés: Régen mennyivel több hulladékot dobott ki a kukába, illetve mennyivel többet égetett a kertben?
- 17. kérdés: Vannak-e tapasztalatai, észrevételei, javaslatai?
- 18. kérdés: Ajánlotta-e másnak a komposzt programot?

A kérdésekre adott válaszokból következtethetünk, hogy milyen téren szükséges a jövőbeli komposztálással kapcsolatos ismeretterjesztést bővíteni, a pozitív töltetű statisztikákat akár közzé is lehetne tenni, hogy hízóerőként hasson. A negatív töltetűekből pedig tanulni kell, a hibákat pedig szükségszerű korrigálni.

A kérdésekből következtetni lehet arra, hogy milyen anyagok ládába dobását kerülik, mennyire gondoskodnak a komposztról átforgatással, öntözéssel, mi az, ami az irodalmi áttekintésben bemutatott tennivalók közül nem került megfelelőképp alkalmazásra. Megtudhatjuk, hogy elkövettek-e valamilyen súlyos hibát, például megindítottak-e rothadási folyamatot. Ez utóbbit azért nagyon fontos elkerülni, mert különben a szomszédok a bűz hatására csak negatívumot látnak a programban.

Fontos megtudni, hogy milyen módon került a ládába a hulladék, mert a jövőben térfogat kihasználására kell buzdítani a lakosságot hulladékgazdálkodási okokból. Az, hogy ki mire, mekkora sikerrel használta a komposztot, pedig példa értékű is lehet a többi lakó számára, és kedvet kaphatnak a csatlakozáshoz. Természetesen alá kell támasztani konkrét példákkal a komposztálás hasznosságát.

Az adatok közzététele az égetésről és a kukába dobásról szintén szemléletváltoztató hatást gyakorolhat a társadalomra. Tanulhatnak a példából, és ösztönözheti őket kisebb kukák vásárlására, és a komposzttal való, eredményben gazdag kertészkedésre. Kiemelendő, hogy a programnak nem a kötelesség, hanem az öröm jegyében kell továbbhaladnia.

A lakók egyéni hozzájárulása igen értékes észrevételekből állhatnak, melyeket szintén felhasználhatunk a népszerűsítésre. Minél többen tudnak a programról, annál nagyobbra nő az igény, ami az Önkormányzatot a program folytatására ösztönzi, és ezzel párhuzamosan a célkitűzésének megvalósításához is.

Még fel lehetett volna tenni ilyen kérdéseket is:

- Ha kisebb kukákra váltottak a csatlakozás óta, mennyivel kisebb a réginél?
- Ha valamilyen komposztálható anyagot nem komposztál, annak mi az oka?
- Ha van hulladék, aminek elkerülhetetlen a haszontalan égetése, annak mi az oka?
- Ön szerint mi akadályozza a sikeres komposztálást?
- Milyen tényezők nehezítik a komposztláda tartalmának karbantartását?
- Hogy lehetne ösztönözni még több embert a csatlakozásra?

Ezek a kérdések azért nem kerültek fel a listára, mert csak program közben derült rá fény, hogy ezeket is érdemes volna felmérni. Volt azonban, hogy kérdőívezésen kívül tettem fel ezekre vonatkozó kérdéseket, és volt, hogy a lakos önmagától megválaszolta őket.

A kérdőívezést követően visszacsatolásként készítettem *fényképeket* is, hogy az Önkormányzat megbizonyosodhasson arról, hogy megfelelően használják a kiosztásra került ládákat. A fényképeken rögzítettem a láda helyét, tartalmát, a kész komposzt állagát, az egyes komposzttal ellátott növényeket.

A fotózás után más, de elsődlegesen komposztálással kapcsolatos környezetvédelmi ügyben is kikértem és meghallgattam a lakosság *véleményét*, és igyekeztem a problémát orvosolni, akár közvetlen javaslattal, akár az információk birtokában a hatóság felé történő visszajelzéssel.

A helyszíni szemlék lebonyolítása után a látottakat, és hallottakat összefoglaltam, az elvárt kimutatásokat, elemzéseket elkészítettem, beleintegrálva az építő jellegű, és szakmai szemmel nézve is megalapozott kritikákat. Így születtek meg például a dolgozat egyik alappilléret képező 50 soros táblázatok, melyeket a kérdőívekre adott válaszok összegyűjtésével alkottam meg. Miután a táblázatok elkészültek, a helyi környezetvédelmi referensnek átadtam a tapasztalataimról készített *beszámolómat*, és javaslatokat tettem arra nézve, hogy lehetne népszerűbb, hatékonyabb a program, és hogyan térhetnek át minél többen a hulladéklerakásról, illetve hulladékégetésről a hasznosításra, ahogy a célkitűzésben is szerepelt. A továbbiakban is szándékozom hangsúlyozni eredményeimet, mivel eddig kevés alkalom adódott rá.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

4. 1. Eredmények

4. 1. 1. Megfigyeléseken alapuló adatok

Komposztládák

A ládák fekete színű újrahasznosított 1,8 mm vastagságú polimerből készültek. A csonkakúp alakú Garden Wise típusú 340 dm³-es ládák alja 76×76 cm-es, teteje 49×49 cm-es, magassága 87 cm (5. kép). A négyzet alapú hasáb formájú 400 dm³ tárolókapacitású ECO King típusú ládák oldalai 70×70×83 cm, a 300 dm³-es ECO Master típusúaké pedig 60×60×85 cm hosszú (6. kép). A felsorolt komposztládák pattintós módszerrel szerelhetőek össze. Oldalfaluk perforált, hogy a levegőztetés biztosítva legyen. A tetejükön található fedél az esetleges bűzhatások elkerülése végett, valamint abból a célból került felszerelésre, hogy ne jusson akkora csapadékmennyiség a ládába, ami a nedvességtartalmat jelentősen módosítaná. Az ládák alján található ürítő ablak, a késztermék kényelmesebb eltávolítását szolgálja.



5. kép: Az I. Komposztálási Program ládatípusa

(Fényképezte: Pápai Péter Mátyás)



6. kép: A II. III. IV. Komposztálási Program ládatípusai
(Fényképezte: Pápai Péter Mátyás)

Komposztálási aktivitás

A megkérdezett lakosok hozzáállása a komposztáláshoz, illetve magához a programhoz pozitív volt. Akik komposztálnak, azok általában szelektív hulladékgyűjtők, terjesztik a programot, rendben tartják a kertet. A program szemléletformáló, környezeti nevelő hatása megmutatkozott. A gyerekek tapasztalhatták, hogy a szülők is komposztálnak, így ők is kedvet kaptak hozzá. Egy esetben azt tapasztaltam, hogy egy kb. 7 éves kisgyerek is felismerte, hogy egy tévedésből műanyag zacskó került bele a komposztládába, és kivette onnan.

12 helyen a programon felül is vásároltak műanyag ládákat, vagy éppen fából készítettek. Általában a fából készült ládák a program előtt, a műanyag ládák a program után kerültek beszerzésre. Egy esetben arra is volt példa, hogy az Önkormányzat által adott komposztládák baleset során kigyulladtak, majd elolvadtak. A lakosok ugyan nem voltak kötelesek pótolni azokat, mivel nem az ő hibájukból ütött ki a tűz, ellenben mégis mindkettőt önköltségen pótolták. Vásároltak egy 340 dm³-es kisebb ládát, és készítettek fából egy 800 dm³-es nagyobbat, majd az új ládában lelkesen komposztáltak.

42 helyen volt egyáltalán valamilyen biodegradálható hulladék egyik, vagy másik komposztládában, így érdemi beszélgetést csak ezeken a helyszíneken bonyolíthatam le. 27 esetben nem éreztem szükségét annak, hogy külön figyelmeztetést tegyek valamire is, mert nem találtam kivétlnivalót a komposztálási gyakorlatban.

15 fő esetében viszont szükségét éreztem, hogy rávilágítsak arra a komposztálási műveletre, amelyet, ha a jövőben elvégeznek, nagyobb sikerrel tudják kihasználni a komposztláda által biztosított térfogatot. Vizsgálataim során, ahogy várható volt, a háztartásokban a vártnál nagyobb számban figyelhettem meg kész komposztot, mely ránézésre teljes mértékben felhasználhatónak tűnt bármilyen, a későbbiekben bemutatott kertészkedési célra. (7. kép).



7. kép: Nagy alaposággal végzett komposztálás végterméke
(Fényképezte: Pápai Péter Mátyás)

4. 1. 2. Kérdőív alapján gyűjtött adatok

A következő táblázatok jelölések formájában háztartásonként kivetítik a kérdőívre adott válaszokat. Ez által majd következtethetünk arra, hogy milyen anyagok komposztálását, ezen felül milyen műveleteket, valamint a helyes komposztálási gyakorlat mely részét szükséges kihangsúlyozni a jövőben.

5. táblázat: Ládatartalom szerinti jellemzés

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	400	300	•	•							•	•	•							•
2	400	300	•	•	•	•		•			•	•	•			•			•	
3	400	300	•	•								•	•							
4	400	300	•	•				•			•	•	•							
5	400	400	•	•				•				•	•							•
6	400	300	•	•	•	•			•		•	•	•						•	•
7	400	300	•	•	•				•		•	•	•	•					•	•
8	400	300	•	•	•	•	•	•			•	•		•		•				
9	400	300	•	•					•		•			•						•
10	400	300	•	•				•	•		•	•	•					•	•	•
11	400	300	•	•				•	•		•	•		•		•				
12	400	300	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					•	
13	400	300	•	•	•	•		•			•	•	•	•			•		•	
14	400	300																		
15	400	300	•	•							•	•	•	•				•	•	
16	400	300	•	•			•		•		•				•					
17	400	300	•	•							•								•	
18	400	300	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•						
19																				
20																				
21	400	300	•	•	•	•		•			•	•	•			•			•	
22																				
23	400	300	•	•							•	•	•						•	
24	400	300	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•					•	
25	400	300	•	•	•						•	•						•	•	
26	400	300	•								•	•	•	•					•	
27	400	300	•	•	•	•	•	•	•		•		•	•						
28	400	300	•	•			•				•								•	
29	400	300	•	•	•		•	•			•		•	•						
30	340	340	•	•			•	•					•	•						
31	400	300	•	•			•	•					•	•						
32	400	300	•	•	•	•					•		•						•	
33	800	340	•	•	•	•	•	•			•		•							
34	400	300	•	•			•	•	•	•	•	•	•						•	
35	400	300	•	•		•	•	•	•		•	•	•			•			•	
36	400	300							•		•	•	•	•					•	
37	400	300	•	•	•	•	•	•	•							•				
38	400	300	•	•	•	•	•				•	•	•							
39	400	300	•	•		•	•	•			•		•							
40	340	340	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•					•	•
41	400	300	•	•			•	•			•	•							•	
42	340	340	•		•	•		•		•	•	•	•	•					•	•
43	340	340	•	•	•	•		•			•		•	•	•	•	•			
44	340	340	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•		•	•	
45	340	340	•	•	•	•		•	•		•	•	•			•			•	
46	340	340	•	•		•	•	•			•	•	•	•					•	•
47	340	340	•	•	•	•		•			•	•	•						•	•
48	340	340	•	•			•	•			•	•	•	•		•		•	•	•
49	340	340	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•		•	•	•
50	340	340	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•					•	•

6. táblázat: Komposztkezelési jellemzők: átforgatási és öntözési gyakoriság

1	2	3	Á0	Á1	Á2	Á3	Ö0	Ö1	Ö2	Ö3
1	400	300		×				×		
2	400	300			×			×		
3	400	300		×			×			
4	400	300		×				×		
5	400	400	×				×			
6	400	300				×				×
7	400	300	×						×	
8	400	300		×				×		
9	400	300	×				×			
10	400	300				×	×			
11	400	300	×				×			
12	400	300			×				×	
13	400	300	×				×			
14	400	300								
15	400	300				×				×
16	400	300		×			×			
17	400	300			×				×	
18	400	300				×			×	
19										
20										
21	400	300	×				×			
22										
23	400	300		×					×	
24	400	300		×				×		
25	400	300	×					×		
26	400	300	×				×			
27	400	300	×				×			
28	400	300			×					×
29	400	300		×			×			
30	340	340		×					×	
31	400	300		×					×	
32	400	300		×			×			
33	800	340		×			×			
34	400	300			×				×	
35	400	300			×					×
36	400	300	×						×	
37	400	300			×				×	
38	400	300			×		×			
39	400	300	×				×			
40	340	340		×						×
41	400	300		×			×			
42	340	340		×			×			
43	340	340		×						×
44	340	340			×		×			
45	340	340		×					×	
46	340	340			×		×			
47	340	340		×			×			
48	340	340		×						×
49	340	340			×					×
50	340	340		×			×			

7. táblázat: Évi kész komposztmennyiségek, ládaürítési gyakoriságok

1	2	3	I 2010	II 2010	I 2011	II 2011	I 2012	II 2012	I Jelenleg	II Jelenleg	Ü
1	400	300					50%	50%	80%	80%	0
2	400	300					75%	75%	0%	0%	1
3	400	300					50%	50%	100%	80%	0
4	400	300					100%	100%	0%	40%	1
5	400	400					50%	50%	80%	80%	0
6	400	300					50%	100%	60%	40%	1
7	400	300			50%	50%	0%	0%	60%	60%	0
8	400	300			50%	50%	50%	50%	80%	80%	0
9	400	300					0%	0%	40%	0%	0
10	400	300					50%	50%	80%	0%	0
11	400	300					50%	50%	60%	60%	0
12	400	300					100%	50%	80%	0%	1
13	400	300					0%	50%	40%	60%	0
14	400	300					0%	0%	0%	0%	0
15	400	300					100%	50%	80%	40%	1
16	400	300					50%	100%	0%	100%	1
17	400	300			50%	50%	50%	50%	60%	60%	1
18	400	300			50%	50%	50%	50%	80%	80%	1
19											
20											
21	400	300					50%	50%	60%	100%	0
22											
23	400	300			50%	50%	75%	75%	100%	100%	1
24	400	300					75%	50%	100%	60%	0
25	400	300					0%	50%	0%	80%	0
26	400	300					0%	0%	0%	80%	0
27	400	300			50%	0%	0%	0%	60%	0%	0
28	400	300			50%	50%	50%	50%	80%	60%	1
29	400	300			75%	75%	0%	0%	0%	0%	1
30	340	340	50%	50%	50%	50%	100%	100%	60%	60%	4
31	400	300	50%	50%	50%	50%	100%	100%	60%	60%	4
32	400	300					50%	0%	60%	0%	0
33	800	340			100%	100%	100%	100%	0%	0%	3
34	400	300			75%	75%	50%	50%	100%	80%	0
35	400	300			75%	75%	50%	50%	60%	80%	1
36	400	300			75%	75%	0%	0%	40%	0%	1
37	400	300			75%	75%	50%	50%	100%	100%	1
38	400	300			50%	50%	0%	75%	0%	80%	1
39	400	300			0%	0%	0%	50%	0%	40%	0
40	340	340	50%	50%	50%	50%	75%	75%	100%	100%	2
41	400	300					50%	50%	60%	60%	0
42	340	340	50%	50%	50%	50%	75%	75%	100%	100%	2
43	340	340	100%	100%	100%	100%	50%	50%	80%	60%	3
44	340	340	50%	50%	75%	50%	50%	50%	100%	60%	3
45	340	340	50%	50%	50%	50%	75%	75%	100%	100%	2
46	340	340	100%	0%	100%	0%	50%	0%	60%	0%	3
47	340	340	50%	50%	75%	75%	75%	75%	0%	0%	5
48	340	340	100%	100%	100%	100%	75%	100%	60%	60%	5
49	340	340	100%	100%	100%	100%	75%	100%	60%	60%	5
50	340	340	100%	0%	100%	0%	50%	0%	60%	40%	5

8. táblázat: További komposztkezelési, valamint felhasználási jellemzők

1	2	3	Komposzt állaga	Segéd- anyag	Hulladék- apritás	Rostálás	Ft	Vt	Fü	Vir K	Vir B	Vir Sz
1	400	300	jó	t	0	n						
2	400	300	jó	n	ny	v	•	•		•		
3	400	300	sz	n	0	n						
4	400	300	jó	t	ny	v		•		•		
5	400	400	sz	n	0	n						
6	400	300	jó	f	ny	v		•		•		
7	400	300	sz	n	ny	n						
8	400	300	jó	n	ny	n						
9	400	300	sz	n	ny	n						
10	400	300	jó	n	ny	n						
11	400	300	jó	n	kg	n						
12	400	300	jó	f	ny	n	•			•	•	
13	400	300	ns	n	ny	n						
14	400	300	n	n	n	n						
15	400	300	jó	n	ny	n	•					
16	400	300	jó	t	0	n	•					
17	400	300	jó	n	ny	n		•				
18	400	300	jó	v	sg	i	•	•	•	•	•	
19												
20												
21	400	300	sz	f	ny	n						
22												
23	400	300	jó	n	ny	n		•		•	•	
24	400	300	sz	f	sg	n	•			•		
25	400	300	ns	f	sg	n						
26	400	300	sz	n	ny	n						
27	400	300	sz	n	0	n						
28	400	300	jó	n	ny	n	•			•	•	•
29	400	300	jó	n	ny	n	•					
30	340	340	jó	f	ny	v		•				
31	400	300	jó	f	ny	v		•				
32	400	300	jó	n	ny	n						
33	800	340	ns	f	ny	n						
34	400	300	jó	f	ny	n						
35	400	300	jó	f	ny	n		•		•		
36	400	300	sz	n	ny	n	•	•		•	•	
37	400	300	jó	v	ny	n	•	•		•		
38	400	300	sz	f	ny	n	•	•		•	•	•
39	400	300	sz	n	ny	n						
40	340	340	jó	v	ny	n		•				
41	400	300	sz	n	ny	n						
42	340	340	jó	f	ny	v	•		•	•	•	•
43	340	340	jó	t	ny	n		•				
44	340	340	jó	f	kg	v		•		•	•	•
45	340	340	jó	f	ny	v	•	•		•	•	
46	340	340	jó	n	ny	n		•				
47	340	340	jó	n	sg	v		•		•		
48	340	340	jó	f	kg	n	•	•		•	•	•
49	340	340	jó	f	kg	n	•	•		•	•	•
50	340	340	jó	f	ny	v	•		•	•	•	•

Az imént felvonultatott táblázatok a 2012. június 12-26. között, a kérdőívek alapján begyűjtött adatokon alapulnak. Ismertetem a jelmagyarázatot a táblázatok sorrendjének megfelelően:

Az 5-8. táblázatban rendre megtalálható az 1-3 kódú oszlop;

- 1. oszlop: vizsgált helyszín sorszáma.
A feketével jelzett kertekbe nem jutottam be.
- 2-3: az I. illetve a II. komposztláda térfogata dm³-ben.

Az 5. táblázat a komposztáláshoz használt anyagokat írja le;

- 4-7: növényi eredetű konyhai hulladékok: zöldség, gyümölcs, kávézacc, tea-fű.
- 8-9: egyéb eredetű konyhai hulladékok: gomba, tojáshéj.
- 10-11: más háztartási hulladékok: fahamu, komposztálási célra megfelelő papír.
- 12-18: kerti zöldhulladékok: lágyszárúak, falomb, fű, gaz, széna.
- 19-21: kerti barnahulladékok: levél, szalma, ág, gally, fűrészpor.

A 6. táblázat mutatja egyrészt, hogy mennyiszor forgatták át a láda tartalmát;

- Á0: Egyáltalán nem.
- Á1: Egy évben legalább egyszer.
- Á2: Egy évszakban legalább egyszer.
- Á3: Egy hónapban legalább egyszer.

Másrészt, hogy mennyiszor öntözték meg a komposztláda tartalmát;

- Ö0: Egyszer sem.
- Ö1: Félévente legalább egyszer.
- Ö2: Havonta legalább egyszer.
- Ö3: Kéthetente legalább egyszer.

A 7. táblázatban találhatóak a komposztládák töltésével-ürítésével kapcsolatos mennyiségi adatok;

- [I-2010; II-2012]: Készít komposzt mennyisége becslés alapján, %-ban kifejezve, 2010-2012 évekre I. és II. ládánként.
- [J-I; J-II]: Ellenőrzéskori hasznosított térfogat becslés alapján, %-ban kifejezve.
- Ü: Ürítések száma.

A 8. táblázatban találhatóak azok az adatok, melyekből a komposzt fizikai tulajdonságára, illetve összetételére lehet következtetni. Ezek az alábbiak;

- Komposzt állaga - jelenleg (**n**incs komposzt, **s**záraz, **j**ó, **n**edves).
- Segédanyag (**n**incs, **f**öld, **t**rágya, **k**omposztvegyszerrel).
- Hulladékprítás (**n**incs, **n**yesőolló, saját **g**ép, **k**ölcsönzött **g**ép)
- Rostálás (**n**em volt, **v**olt,)

Ezt követi a komposzt felhasználási módok felsorolása;

- Fs: fás szárúak tövéhez
- Vt: veteményes kertbe
- Fű: füvesítéshez
- VirK: virágok ültetéséhez a kertben
- VirB: virágok ültetéséhez a balkonon
- VirSz: virágok ültetéséhez valamely szobában

4. 2. Értékelés

4. 2. 1. Helyszíni tapasztalatok

Komposztládák

Előnyök: Helyszíni szemléim során számos példát láttam arra, hogy a tárgyalt műanyagládákban sikerrel végbement a komposztképződés folyamata, tehát azok a célnak megfelelnek. A ládák könnyen szét és összeszerelhetőek, illetve szállíthatóak. Térfogatuk elégséges, évente megközelítőleg 5 főre jutó konyhai illetve háztartási hulladékot képesek elnyelni. Előállításukhoz műanyag hulladékot használnak, így az nem jár nagy költségekkel. Mivel jól szellőznek, nincs panasz bűzre. Rothadást egy esetben sem tapasztaltam.

Hátrányok: A ládákkal óvatosan kell bánni, mert igen törékenyek falvastagságukból fakadóan. Nem elég masszívak, túlságosan hajlékonyak. Szerkezetük instabil. Hő és mechanikai igénybevétel esetén a ládák deformálódhatnak, anyagszerkezetük meggyengülhet. Ez onnan is látszik, hogy nem mindig záródik jól a ládák alja, illetve teteje. Négyszögletességük miatt az erőhatások nem kiegyensúlyozottak, mert a sar-

kokra nagyobb erőhatás hárul, így az illeszkedő felületek terhelés hatására könnyen szétpattannak, különösképp akkor, ha túlságosan betömörödik a láda tartalma. Ezt a lakosok szegecseléssel illetve kötözéssel voltak kénytelenek orvosolni. A komposztládák tetejét sokszor felkapja a szél, így azokon rend szerint egy nagyobb követ találhattam. Az ürítés sok esetben a műanyaglapok torzulása miatt kellemetlenségekkel járhat, mivel nem nyílik, illetve záródik megfelelőképp az ürítő ablak.

Megoldás: A KOMPOLYT[®] által környezetbarát UV-stabilizált PE alapanyagból gyártott komposzt tartályok a hiányosságokat maradéktalanul kielégítik. Falvastagságuk nagyobb, épp ezért masszívabbak is. Csonka kúp formájuknak köszönhetően a statikai igénybevételeknek jobban ellenállnak, mert bennük a nyomás egyenletesebben oszlik el. Szellőzőnyílásokból kevesebb van, azok a ládák alsó részén találhatók. Így átlegegztetésük megoldott, ugyanakkor jobban tartják a hőt, így gyorsabbak a komposztálásban. Könnyebben nyithatóak, zárhatóak. A KOMPOLYT[®] ládák még esztétikusabbak is (8. kép). Hátrányuk, hogy az 1.000 dm³-es 28.616, a 400 dm³-es 21.402 Ft-ba, Ft-ba kerül, és az, hogy nem szétszerelhetőek.



8. kép: A javasolt komposzt tartályok

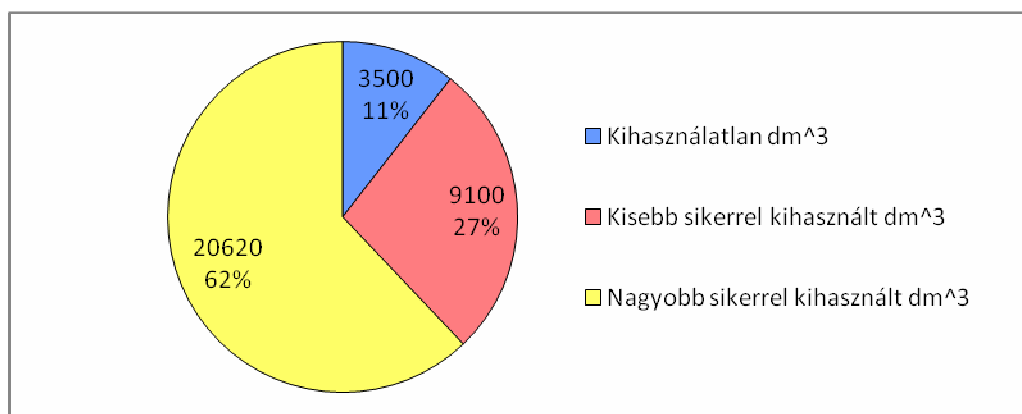
(<http://www.komposztalo.com/files/file/komposztalasiutmutato.pdf>)

Komposztálási aktivitás

Általánosan elmondható, hogy az idősebb korosztály, illetve a város külterületén élők aktívabban vesznek részt a programban, valamint az, hogy a lakosok anyagi helyzete nincs összefüggésben a komposztládák igénylésével. Arról nincs tudomásom, hogy lakótelepi család pályázott volna komposztládára.

A felmérés idején 94 db ládát ellenőriztem le. Számottevő különbséget az egy háztartáshoz tartozó ládák tartalmában nem véltem felfedezni. Érdekes módon akadtak olyanok is, akik elmondásuk szerint az átforgatás, az öntözés, a segédanyag hozzáadás, az aprítás valamelyikét kihagyták, és mégis sikerrel komposztáltak. Viszont a kérdőívezés és a fényképkészítés közös erővel rámutatott, hogy minél több hiányzott a műveletek végrehajtása közül, annál rosszabb volt az eredmény, és csak kisebb mértékű sikert könyvelhettek el maguknak. Épp ezért kellett 15 fő számára nyomtatósítani, hogy mit szükséges a jövőben pótolni komposztálás terén. Közülük 2 már körülményesnek tartotta a komposzttal való foglalkozást, így inkább az én tanácsomra megígérte, hogy megkér valaki mást, hogy folytassa helyette a munkálatokat.

5 db 400, 5 db 300 dm³-es ládát nem használtak - mármint komposztálásra. 2 helyen az egyik láda sem volt összeszerelve építkezés miatt, a maradék 6 helyen csak az egyik ládát használták komposztálásra, a másikat pedig még nem szerelték össze, olyasmit tároltak benne, aminek jobb lett volna, ha nem ázik meg. Ezt azzal indokolták, hogy túl sok volt 2 láda. Összegzésképp így megadtam a ládák dm³-enként való kihasználásának sikerességét (6. ábra).



6. ábra: Az összes vizsgált komposztláda használati fokának jellemzése

4. 2. 2. Kérdőívek értékelése

A kérdőívezés, illetve a helyszíni tapasztalatok begyűjtése után sikerült feltárni, hogy ki milyen módon komposztál. Szerencsére a komposztládáknak nem esett nagyobb bajuk, igyekeztek őket minél félárnyékosabb helyre tenni, nem került beléjük oda nem illő anyag.

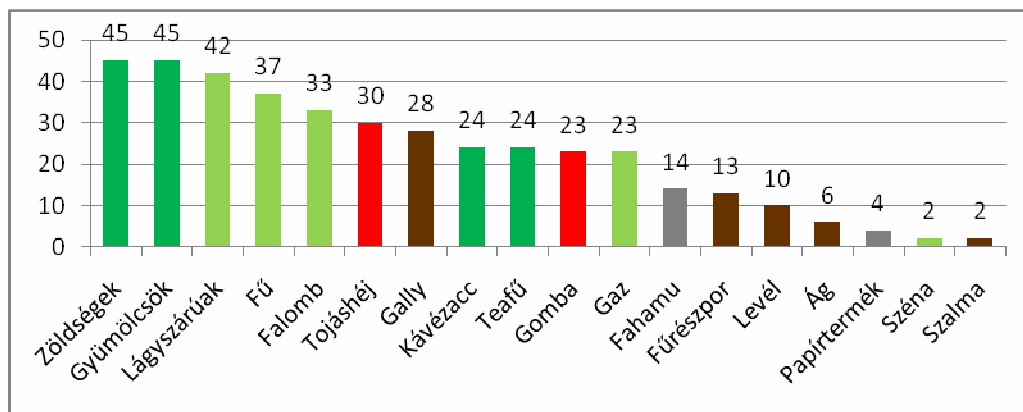
Ahogy az remélhető volt, kizárólag az *ismeretterjesztő előadáson* elhangzott komposztálható hulladékokat dobták bele a ládába (9. kép). Az arányokra is próbáltak figyelni. A problémák kiküszöbölésére tett tanácsaimat viszont megfogadták, és remélhetőleg alkalmazzák is majd a jövőben.



9. kép: Egy láda tartalma
(Fényképezte: Pápai Péter Mátyás)

Komposztált anyagok

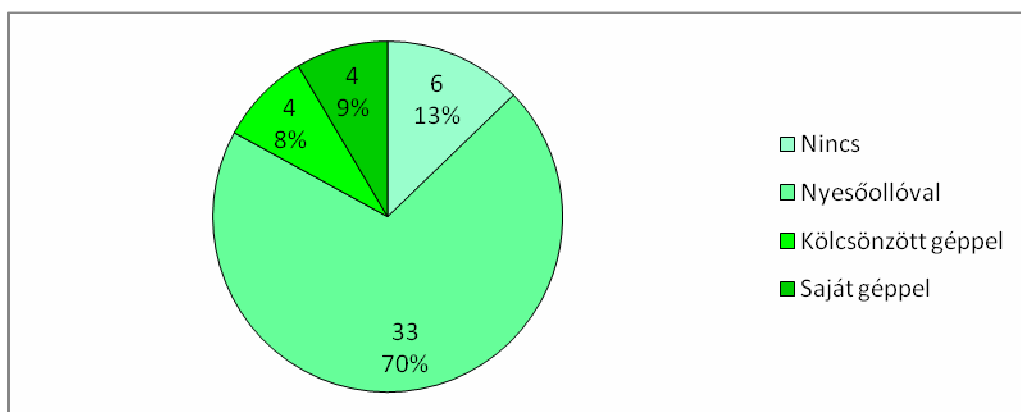
Zöldséget és gyümölcsöt komposztálnak a legtöbben, ám térfogatilag nem ez, hanem a lágyszárúak és a fű dominált. Meglepő módon a száraz leveleket csak minden 4. a nagyobb ágakat már csak minden 7. lakos komposztálta. Szénát, illetve szalmát alig használtak fel. A statisztikákat az előző fejezetben bemutatott adattáblának megfelelő színekkel készítettem (7. ábra).



7. ábra: A komposztált anyagok előfordulásának száma

Aprítás

A legkörülményesebb pont (8. ábra). Sokaknak nincs aprító berendezésük, és a kölcsönzés is körülményes, még a Városi Szolgáltató (VSZ) Zrt-től is, így a komposztálható hulladékot nem minden esetben tudják maradéktalanul felaprítani. Láthattuk, hogy milyen kevesen komposztáltak ágakat, gallyakat. A kérdőívészéből az is kikerült, hogy van összefüggés azzal, hogy kinek van aprítógépe. Akinek például nincsen kénytelen nyeseőllót ragadni. Vannak, akiknek kézi daraboláshoz nincs elég energiájuk, idejük, vagy kedvük, épp ezért még apróbb ágakat sem dobnak bele a ládába, márpedig azoktól valamilyen módon meg kell szabadulniuk, ha rendben kívánják tartani a portájukat.



8. ábra: Komposztaprítási módok

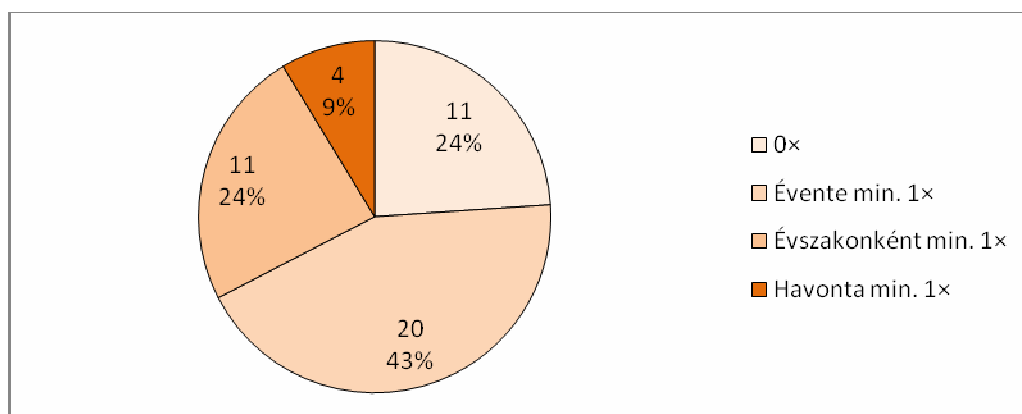
Átfogatás és öntözés

Az átfogatás függvényében többé-kevésbé elvált a félkész és a kész komposzt rétege. Nagyon kevesen szánják rá az időt a komposzt tökéletes homogenizálására, de vizsgálataim során akadt erre egy ellenpélda (10. kép).



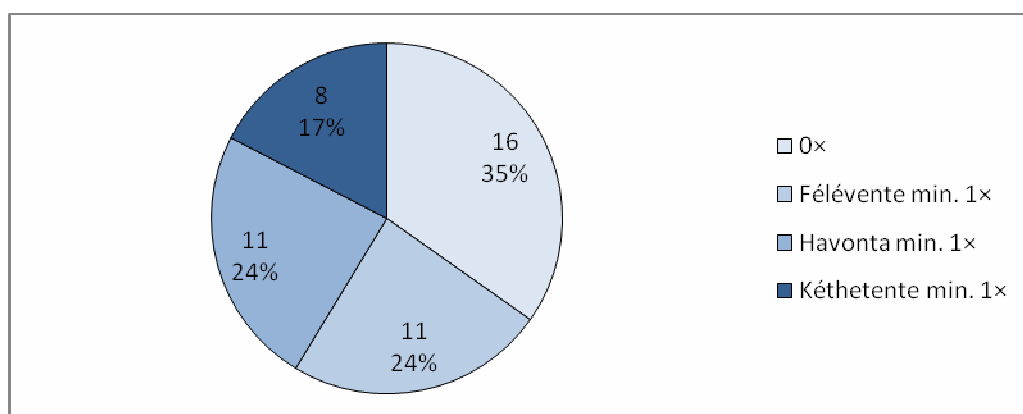
10. kép: Tökéletesen homogenizált komposzt, szellőztető csővel

A legtöbb esetben a komposztládába dobott hulladékok rétegei jól elválaszthatóak voltak, köztük kapcsolat alig látszott, mivel 24%-ban egyáltalán nem forgatták át a komposztot (9. ábra).



9. ábra: A komposzt átfogatásának gyakorisága

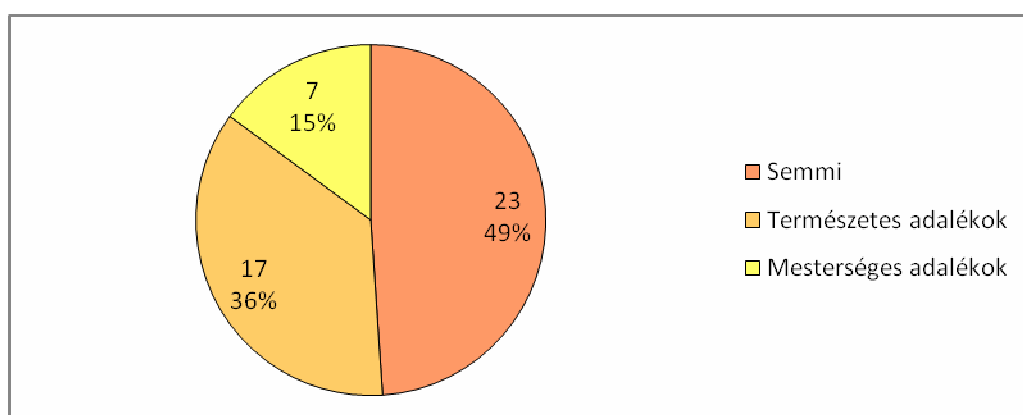
A komposztgyűjtéssel párhuzamosan kialakult egy átmeneti réteg a kész és félkész komposzt között, mely helyzetét a vertikális síkon a legutóbbi tavaszi vagy őszi ciklus alatt nagy tömegben betáplált, elsődlegesen kerti hulladékok határozták meg. A komposzt állaga előfordult, hogy öntözés nélküli ládákból is megfelelő, úgymond szivacszerű volt. Meglepő módon az öntözések száma nem korrelált annyira a komposzt nedvességtartalmához, mint amennyire várható volt. Az öntözésre csapadékos, párás időben nem volt szükség, azonban nyáron nagyban elősegítette a komposzt-képződést. 35%-ban egyszer sem öntöztek (10. ábra).



10. ábra: A komposzt öntözésének gyakorisága

Segédanyagok

49%-ban nem használnak semmilyen segédanyagot. 36%-ban természetes anyagokat használnak, mint például föld, trágya, homok. Bár ez utóbbit nem javasolja a szakirodalom. 15%-ban mesterséges komposztvegyeszeket használnak (11. ábra).



11. ábra: A komposzthoz adott segédanyagok

Megfigyelhető volt, hogy aki természetes anyagokat alkalmaz, az nem nyúl vegyszerekhez. Egy esetben az eddigieken felül 3 különböző természetes segédanyaggal, vagyis csalánlével, mezei zsúrlólével, tőzeggel egészítették ki a komposztláda tartalmát. Erre voltaképpen nincs szükség, ráadásul használatukat bűz övezi.

Amikor segédanyagokkal kapcsolatban kellett tanácsot adni, a föld, illetve a természetes trágya javaslásán felül nem láttam indokoltnak további anyagok ajánlását egyetlen esetben sem. Ahol gondok voltak, ott egyszerűbb, és nem eddig nem próbált megoldásokat ajánlottam, mint például összetétel módosítás, átforgatás, öntözés, hulladékprítás stb.

Ürités

A ládák folyamatosan fogadták a biodegradálható hulladékokat. Nem volt szükséges további anyagokat kivenni ahhoz, hogy kényelmesen tárolható legyen a következő adag. A betáplálás és az ürítés rend szerint nem párhuzamosan történt, mivel a komposzt térfogata folyamatosan csökkent (11. kép).



11. kép: A komposzt térfogatcsökkenésének figyelemmel kísérése

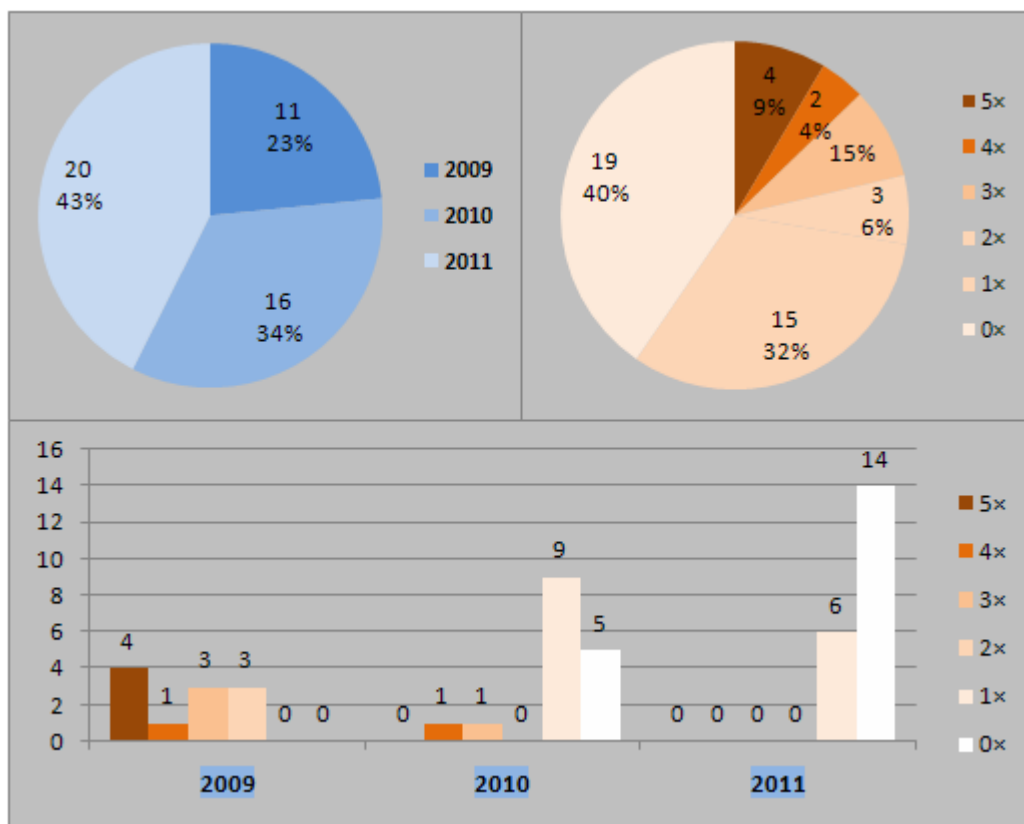
(http://media.treehugger.com/assets/images/2011/10/Compost_shreds.jpg)

Az esetek többségében egy év alatt bomlott le annyira a biohulladék, hogy azt a ládák alsó felében kész komposztnak lehetett minősíteni. Várhatóan fél év után a jelenlegi felső réteg is kész komposztta válik. Mindezek okán általában először egy év múlva, majd félévente időszerű a komposztládák ürítése. Például a 2010-ben csatlakozottak 2011. őszén szedhetnek ki és használhatnak fel először kész komposztot, aztán már alkalmuk adódik félévente üríteni, és felhasználni (9. táblázat).

9. táblázat: Ládaiürítési módszer egy 2010-ben csatlakozott háztartás példáján

Ellenőrzés ideje	2010 június	2010 december	2011 június	2011 december	2012 június	
Felső réteg	Üres.	Üres.	2010. dec. - 2011. jún.	2011. jún. - 2011. dec.	2011. dec. - 2012. jún.	Betáplálási intervallumok
Félkész komposzt						
Alsó réteg	2010. jún. - 2010. dec.	2010. jún. - 2010. dec.	2010. dec. - 2011. jún.	2011. jún. - 2011. dec.		
	Félkész komposzt			Kész komposzt		
Ürítve	Még semmi.		2010. jún. - 2010. dec.	2010. dec. - 2011. jún.	2011. jún. - 2011. dec.	
			Felhasznált komposzt			

A vizsgált háztartásokban igyekeztek e szerint ütemezni, habár 19 esetben nem gyűlt össze elegendő mennyiség az esedékes ürítésekig. Megvizsgáltam, hogy milyen kapcsolatban áll egymással a komposztprogramba való belépés dátuma, illetve a ládák ürítésének száma (12. ábra). A 2009 évben csatlakozottak mindegyike ürített már komposztládát. Ebből az is látható, hogy egyes háztartásoknál 2 évbe is beletelik, míg megtelik mind a két láda.



12. ábra: Csatlakozási évszámok és a ládaiürítések kapcsolata

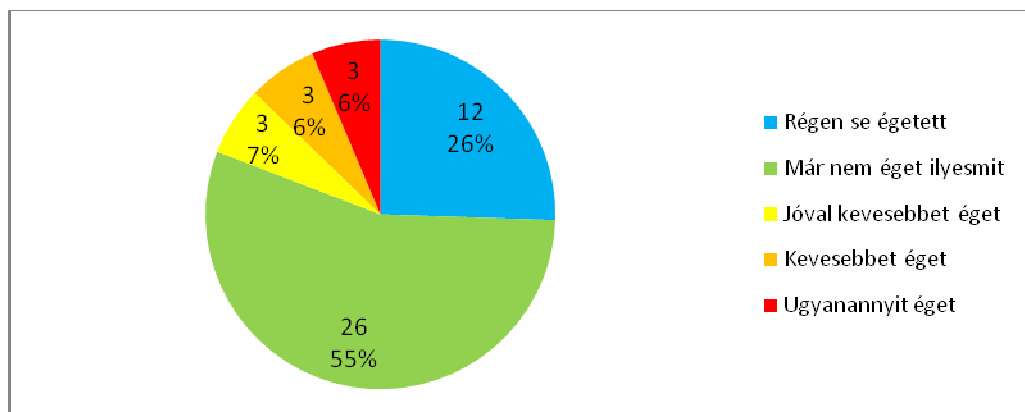
Rostálás

Voltak helyszínek, ahol úgy összeaprították a hulladékot, hogy valóban nem volt szükség rostára, ugyanakkor 77%-ban nem rendelkeznek rostával. Házilag való rostagyártásra már a komposztprogram előtt sor került, de utána nem volt jellemző. Annak ellenére, hogy egyes helyszínen sikerrel megoldják a problémát rosta nélkül is, elmondható, hogy többségében azonban a rosta hiánycikk.

Kerti hulladékok égetése

Nem minősítik házi hulladékégetésnek a szalonnasütögetéshez, és a fűtéshez használt növényekből származó tüzet, mert ezek a kikapcsolódás illetve a komfortot szolgálják. Egyszóval a haszontalan égetés az, ami ellen a komposztprogram indult.

A növénymaradványok más-más sebességgel bomlanak le vastagságuktól, összetételüktől függően. Nem egységes, hogy kinek mi a komposztáláshoz megengedhető méret. Ha túl nagy valami, akkor azt vagy elszállítják, vagy odaadják valaki másnak, vagy elégetik. Ezen lehetőségek figyelembevételével 3 csoportba soroltam azokat, akik a program ellenére még égetnek. Ők együttvéve 19%-ot tesznek ki (13. ábra).



13. ábra: Kerti hulladékok égetése

- A kerti hulladékok eltüzelése pl. CO₂, és NO_x, SO₂ légtérbe juttatásával jár.
- A keletkező füst zavarja a környezetet, károsítja a növény és állatvilágot, és kiváltképp veszélyezteti a légúti betegségben szenvedőket.

- Fennáll a tűzvész kockázata, ugyanis, ha nem határoltuk körbe a tűzteret, nem foglalkoztunk a széllel, nem állt rendelkezésre kellő mennyiségű víz, vagy nem figyeltük folyamatosan a tüzet akkor fennáll a veszélye annak, hogy a tűz környezete is lángokba borul, és a tűz elterjed (12-13. kép).



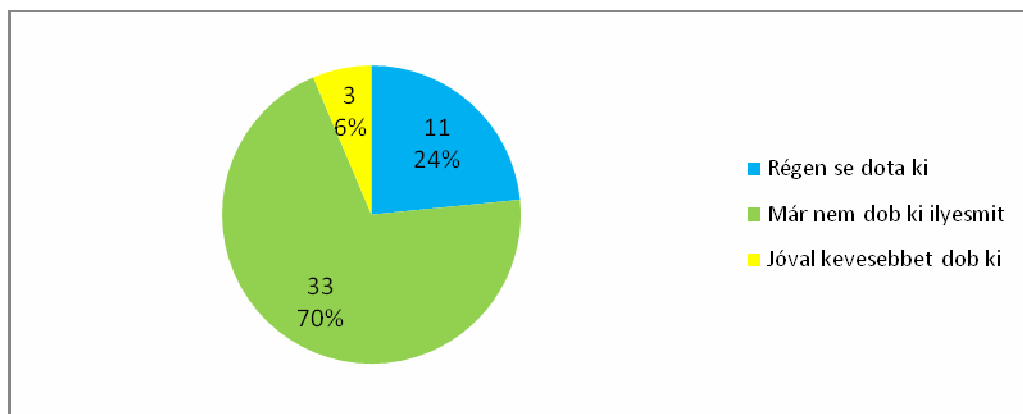
*12. kép: Kerti hulladékégetés, mint bozóttüzek forrása, 2012. szeptember 7.
(Fényképezte: Pápai Péter Mátyás)*



*13. kép: Kerti hulladékégetésből származó bozóttűz, 2012. szeptember 7.
(Fényképezte: Pápai Péter Mátyás)*

Kukába kidobott hulladékok

Egy átlagos családban 30% a komposztálható háztartási hulladék. Ezt a térfogatot meg lehet spórolni a komposztálás segítségével, sőt még kisebb kukára is lehet váltani. Ez által kisebb lesz a szemétdíj. Mivel már nem dobnak ki annyi hulladékot, mint a program előtt, Szentendrén is sokan kisebb kukára váltottak, vagy akarnak váltani. 4 címre kisebb kukákat igényeltek, 3 címre meg már tervezik. A komposztprogram a lakók érdekeit talán ezen a ponton szolgálta a legsikeresebben, így ez is az egyik legfőbb húzóereje. Mindössze 6% mondta azt, hogy van néhány háztartási és komposztálható hulladék, amit még mindig a kukába dob (14. ábra).



14. ábra: Konyhai hulladékok kukába dobása

A Szentendrei komposzt mérleg alakulása

A vizsgált 47 helyszínen összesen, becslésem szerint 33 m³ kész komposzt keletkezett, ebből 22 m³-t, vagyis 67%-ot használták fel, 11 m³-t pedig még tárolnak. A vizsgálat időpontjában összesen 7 m³ még nem tökéletesen komposztálódott hulladék volt tárolva.

Így elmondható, hogy összesen 3 év alatt 40 m³ hulladék képződésétől szabadult meg a 47 háztartás. Ez háztartásonként 3 év alatt 851 dm³ hulladékot jelent. Ha ezt kivétem a programban résztvevő összes, vagyis 400 háztartásra, akkor 340 m³ 3 éven belül el nem égetett, szemétbe nem dobott hulladékról van szó. Ez 113 m³/év hulladékot jelent.

E pontnál érdemes megemlíteni, hogy 2012-ben az Önkormányzat a tavaszi lomtalanítást, valamint az őszi zöld lomtalanítást az egész városban beszüntette. Erről a döntésről levélben tájékoztatta a lakosságot. A tavaszi lomtalanítás elmaradt, de a VSZ Zrt. 2012. november 3-17 három ütemben, vélhetőleg a lakosság nyomásra ismét tervezi a kerti zöldhulladékok begyűjtését. Jó, hogy évente van legalább 1 zöldhulladék elszállítási alkalom, ezt meg is kéne tartani, de megítélésem szerint az is kevés. Ráadásul a tapasztalatok szerint az sem volt elég alapos. Helyenként olykor elmaradt.

Tegyük fel, hogy nincs komposztprogram. A kukák átlagosan 120 dm^3 -esek. Ezeket évente 52-szer szállítják el 5.000 háztartásból. Ez legfeljebb évi 31.200 m^3 **tömörített** hulladékot jelent, melynek általában 30%-a szerves, ennek 80% kerti. Ebből az következik, hogy a teljes hulladékmennyiség 24 %-át, vagyis 7.488 m^3 -t égethetnének el a lakosok, ha nem hasznosítanák másképp.

Tegyük fel, hogy van komposztprogram, és egyáltalán nincs zöld lomtalanítás. 400 háztartás részt vesz a komposztálásban, ez az előző számítást folytatva $599 \text{ m}^3/\text{év}$ hulladék égetésétől kíméli meg a várost. A differencia alapján legrosszabb esetben akár $6.889 \text{ m}^3/\text{év}$ hulladékot is elégethetnek.

Meg kell jegyezni, hogy az $599 \text{ m}^3/\text{év}$ hulladéktól a helyszíni szemlék alapján mért $113 \text{ m}^3/\text{év}$ hulladéktól eltér. Egyrészt, mert nem minden háztartásban található kert, másrészt, a lakosságnak csak körül-belül 10 %-a került felmérésre, harmadrészt megeshet, hogy a becslések szerint hiányzó hulladék mennyiséget hasznosító módon, például kazánban eltűzelték. Így messzemenő következtetés nem vonható le a felmérés során számított adatokból.

A tények szerint a VSZ Zrt. 2011-ben 1.092 m^3 hulladékot szállított el, ami tömörítve kb. 80%-al kevesebb, vagyis 218 m^3 . Amennyiben $218 \text{ m}^3/\text{év}$ zöldhulladékkal számolunk, és ezt kiegészítjük $599 \text{ m}^3/\text{év}$ -el, az a 7488 m^3 -nek még mindig csak 11 %-át teszi ki. Ebből két dologra lehet következtetni. Egyrészt, hogy nem elég hatékony a zöldhulladék elszállítás, másrészt, hogy a továbbiakban 89 % kerti komposztálható hulladék még ki van téve az égetés veszélyének. Az ennél árnyaltabb számítások elvégzése, és további információk beszerzése további kutatásokat igényel.

A felhasznált komposzt

A kész komposztot azonnal felhasználták. Legnagyobb mennyiségben 2011.-ben volt jellemző a felhasználás, mert akkor már több résztvevője volt a programnak. Gyepesítéséhez három személy használt komposztot. Azzal tisztában voltak melyik növényhez milyen arányban szabad tiszta komposztot adni, így ebből nem adódott semmilyen komplikáció. Kerti és balkonnövények közül komposztot leginkább a muskátli, *Clematis* és a leánder ültetéséhez használták, szobai növények közül a kaktuszfélékhez, veteményes kertekben leginkább paradicsomhoz, paprikához, hagymához, esetenként eperhez, fás szárú növények közül pedig a szőlőhöz illetve a meggyfához. A helyszíni szemlék során készült felvételeim is erről tanúskodnak (14-17. kép).



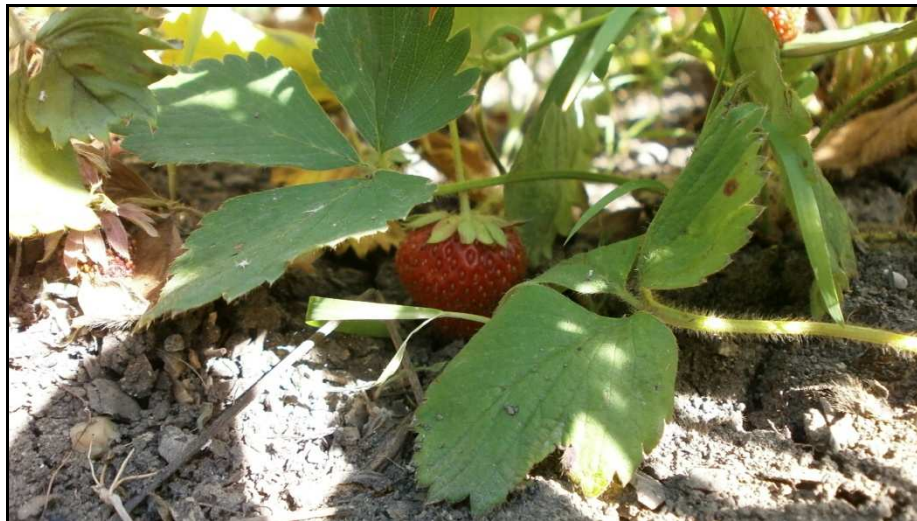
14. kép: Hasznosítás I: Muskátli



15. kép: Hasznosítás II: Clematis és egyéb dísznövények



16. kép: Hasznosítás III: Vöröshagyma, paprika



17. kép: Hasznosítás IV: Eper

Mindent összevetve 60 % nyilatkozta azt, hogy már használt fel komposztot a kertben. Közülük 12 %-nál, 1 éves teljes komposztálódási idő mellett viszont már idősebb lett volna, mivel 2010-ben csatlakoztak.

Aki egyszer már felhasznált valamilyen mennyiségű komposztot, az nem szakította félbe a műveletet és a későbbiekben is komposztált, hogy megismételhesse, hiszen örömet okozott a befektetett munka által elért eredmény. Igazából ez a második legfőbb húzóereje a komposztprogramnak a kukák kisebbre cseréléséből származó anyagi előny mellett.

4. 2. 3. A közösség véleménye

A programot, és magát a komposztálást illetően számos építő jellegű kritika került megfogalmazásra, valamint megerősítést kaptam arról, hogy a komposztprogramok eredményesen lefutottak, és sok lehetőség rejlik bennük.

Pozitívumok

A komposztot, ahol felhasználták, minden esetben sikerrel jártak. A növények gyorsabban és egészségesebbé fejlődtek. A programmal, mint ötlettel valamennyien egyetértettek. Örültek a kezdeményezésnek, és hasznosnak is tartják. A megkérdezettek közül 38-an másoknak is ajánlották a csatlakozást. Többen jelentkeztek, mint amennyi láda van, így, ha az anyagi lehetőségek engedik, az Önkormányzat bővíteni szeretné a használók körét. Szeretik, hogy a komposztládák könnyen szállíthatóak. Mióta használják őket, szinte nem kerül konyhai hulladék a kukába. Sokan ezért kisebb kukát vásároltak. Ez számukra igen öröndetes, mert így kevesebb lesz a szemétdíj. Bár néhányan undorodnak a komposztban megjelenő mocskos pajoroktól, illetve cserebogár lárvától, de ez nem szegte kedvüket a komposztálástól.

Negatívumok

Egyeseknek kevés a két láda, másoknak meg már túl sok. Általános panasz érkezett a zöldhulladék elszállítás megszüntetéséről, ami a programban résztvevőket is, de még inkább a programon kívülieket, vagyis a lakosság 92 %-át sújtja, mert a ládák kapacitása nagy mennyiségű komposztálható növényi összetevőkre nézve elégtelen, különösképp aprítóberendezés hiányában. A kis kukára áttérés sem mindig lehetséges, mert az egy háztartásban lakók számához helyi rendelet szerint kötve van, hogy mekkora lehet a legkisebb kuka. Rugalmatlan a szemétszállítás rendszeressége. Azoknak is ugyanannyit kell fizetni, akik kéthetente akarják elszállíttatni a szemetet, mint azoknak, akik csak hetente. Márpedig sokan úgy vélik, hogy a lakosok egy jelentős részét a pénztárcáján keresztül meg lehetne győzni, hogy csatlakozzon a programhoz. A fejlett hírközlési technológiák ellenére a lakosok többsége nem tájékozott a komposztprogramhoz való csatlakozás módozatairól. Nem tudják, hogy mikor lehet jelentkezni, mik a feltételek. A hír csak szájról szájra terjed.

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Mielőtt a munka eredményei alapján általános következtetéseket vonnék le, illetve azok szerint javaslatokat tennék, összefoglalom néhány fontosabb eredményt:

- A ládák évente megközelítőleg 5 főre jutó konyhai illetve háztartási hulladékot képesek elnyelni.
- 15 fő számára nyomatékositani kellett, hogy mit szükséges a jövőben pótolni komposztálás terén.
- 5 db 400, 5 db 300 dm³-es ládát nem használtak komposztálásra.
- Átlagosan száraz leveleket 4 lakosból egy, nagyobb ágakat 7 lakosból egy komposztált.
- 24%-ban nem forgatták át a komposztot, 35%-ban egyszer sem öntözték azt, 49%-ban nem használtak semmilyen segédanyagot, 77%-ban nem rendelkeznek rostával.
- 19%-ban még kisebb-nagyobb mennyiségben égetnek kerti zöldhulladékokat. 6% még mindig kidob bizonyos háztartási és komposztálható hulladékot a kukába.
- A vizsgált helyszíneken összesen, becslésem szerint 33 m³ kész komposzt rendelkezett, ebből 22 m³-t, vagyis 67%-ot használták fel.
- 11 m³ komposztot még tárolnak, melyből 7 m³ még *nem tökéletesen komposztálódott* hulladék.
- 60 % nyilatkozta azt, hogy már használt fel komposztot a kertben.
- A lakosság 92%-a nem részese a komposztprogramnak.

5. 1. Következtetések

A jelenlegi ládákban sikerrel végbement a komposztképződés folyamata, azonban a ládák igen instabil szerkezettel rendelkeznek, nehezen nyithatóak, zárhatóak, és a hőt nehezen tartják meg. Ez akadályt gördít a felhasználók elé.

A komposztládákat hulladékgyűjtésre aktívan használják, de sokkal kevesebben gondoskodnak a komposztládák tartalmáról, ez által kevesebb sikert érnek el komposzt-felhasználás terén.

Lakótelepeken nem terjedt el a komposztálás, ennek orvoslásával teljessé válhat a szentendrei komposztprogram, és megnövekedhetne a komposztálási aktivitás a lakosság körében.

Nagyobb ágakat igen kevesen komposztálnak, általában azért, mert nem rendelkeznek aprítógéppel, kölcsönzésre, vásárlásra pedig kevesen vállalkoznak. Ez egyrészt gátolhatja a megfelelő minőségű komposzt képződését, másrészt kerti hulladékégetéshez vezethet.

A komposzt átforgatással nagyon kevesen foglalkoztak rendszeresen. A legtöbb esetben betömörödött komposzt, és nem, vagy csak igen nehézkesen indult be a komposztképződés folyamata.

A komposzt-halom öntözésére a többség kevés gondot fordít. Többek közt a magas vízdíjak miatt. Ez megmutatkozik a komposzt állagában is, és a mikroflóra hiányában is. Különösen fontos ez a kérdés a nyáron, nagy szárazság idején.

A ládák ürítésének gyakorisága sok esetben rendszertelenséget mutat. Ez valószínűleg azért van, mert túl sok a két láda egy háztartáshoz. Egyszerűen nem lehet annyi biodegradálható hulladékot felhalmozni, ami megtöltené a ládát, hacsak nem rendszertelen a használat. Bár ezt nem lehet megállapítani egyszeri kérdőívezéssel.

Rostával kevesen rendelkeznek. Náluk előfordulhat, hogy nehézségek támadnak a komposzt és a termőföld összekeverésével. Ha ez nem lenne probléma a felhasznált komposzt töményebb, és ez által tápanyagban dúsabb lenne.

Még mindig vannak olyanok, a program résztvevői között is, akik kerti hulladékot égetnek, mivel a zöldhulladék szállítás olykor akadozik, ők pedig nem szállítják el a zöld javakat központi komposzttelepre.

A kukába kidobott hulladékok száma jelentősen lecsökkent. Ez ösztönzőleg hatott a lakosságra, mivel számos háztartásban a régi kukától megszabadultak, és helyette egy kisebbet vásároltak, melynek ára hamar megtérült, a szemétdíjak drasztikus

csökkenése miatt. Azoknak, akik komposztláda híján maradtak, ezt nem engedhették meg maguknak. Sajnos a hulladékszállítás rugalmatlansága miatt nem minden lakos számára adódott lehetőség kisebb kukákkal ellensúlyozni a magas szemétdíjakat. Ez a lakosság egy részét elkedvetleníti a komposztálástól, mert őket kezdetben csak a pénztárcájukon keresztül lehet meggyőzni a programba csatlakozás fontosságáról.

A zöldhulladék körülményessége főleg nem a komposztprogramban résztvevőket, hanem a kívül rekedteket érinti. Az ágak hulladékudvarba történő egyéni elszállítása még nagyobb légszennyezést okoz, a kipufogógázok által, mint a központi szállítás esetén. Egyébként ez a tavaszi lomtalanításra is igaz. Az ágakkal való "cserekereskedelem" nem minden esetben alakul ki a szomszédok közt esetleges kazánban való égetés, vagy más hasznosítás okán.

A programról sokan nem tudnak, mert híre sok esetben csak szájról szájra terjed. Egyelőre még túljelentkezés jellemző a városra, de fontos cél megőrizni a programnak ezt a nagy előnyét.

5. 2. Javaslatok

Az eddig leírtak tükrében az alábbi javaslatokat tenném a komposztprogram hatékonyságának növelése érdekében:

A KOMPOLYT[®] által gyártott jobb minőségű komposztáló ládákkal lenne érdemes komposzt programot szervezni, mivel számos tulajdonságban felülmúlja a jelenlegi ládákat. Ezek közül a legfontosabb, hogy hatékonyabban komposztál.

A későbbiekben a program minden résztvevőjét rá kell venni, hogy tartsa be az összes utasítást. Rá kell döbenteni a lakosságot, hogy a komposztálás nem csak környezetvédelmi tevékenység, hanem gazdasági és kertészeti örömforrás is lehet. Hangsúlyozni kell, hogy nem egyesével kell elkezdni ezt, vagy azt a komposztálási műveletet, hanem egyszerre. A komposzt öntözésére esővíz javallott. Az esővíz összegyűjtése szintén fontos. Érdemes kísérletezésre biztatni a felhasználókat, de ezt csak az után lehet, ha a klasszikus eljárás betartásával már értek el eredményeket.

Évenként legalább egyszer körbejárhatnák a várost egy aprítógéppel egy zöldhulladék gyűjtő alkalommal egybekötve, vagy lehetne rendelés alapján segíteni a lakosságnak a zöldhulladék felaprításában, vagy esetleg a komposztládákkal rendelkezőknek árengedményt adni aprítógépek vásárlásához.

A programot jobb volna úgy szervezni, hogy ne kelljen mindenkinek 2 tárolót kiszállítani, csak ha igényli. Érdemes emellett igény szerint lehetőséget biztosítani 2-nél több elvitelére is, akár az első jelentkezéskor, akár utólag. Az újonnan csatlakozottak pedig kezdetben kaphatnának egy rostát a komposztládákhoz mellékelten.

Visszaszorítaná az égetést a komposztládák használatán kívül az is, ha az abba már nem beférő ágakat az Önkormányzat rendszeresen, például 2 hetente elszállíttatná egy központi komposzttelepre, újrahasznosítás végett, ahogy az például Budakalászon történik.

A szemétszállítási rendszerben meg kellene oldani, hogy akik részt vesznek a programban, de nem engedélyezett számukra, hogy kisebb kukára váltsanak, legalább azok kapjanak kedvezményt a szemétdíjból. Emellett pozitív hatást érne el, ha a hulladékok elszállításért fizetett összegek összhangban volnának a hulladékok mennyiségével. Így ösztönözhetné az Önkormányzat a lakosságot a csatlakozásra.

Hogy minden lehetőséget kiaknázzunk, meg kellene valósítani, hogy a lakótelepeken is elterjedjen a komposztálási kultúra. A lakótelepi komposztálás esetén közös komposztláda használatában látom a megoldást, de ehhez szükség lesz olyan személyekre is - első sorban közterületen dolgozókra - akik a hiányzó kerti hulladékokat pótolják és együttműködnek a lépcsőház lakóival a komposztládák használatában, a kész komposztot pedig visszajuttatják a közterületekre.

A program hatékonyabb hirdetésére megoldás lehetne egy szórólap, melyet adópapírhoz, esetleg szemétszállítási csekkhez mellékelnének. A komposztprogram hirdetése megoldható lenne közintézmények területén - mint például templom, kisbolt - is. Sokan örvendetesnek tartanák, ha egész évben folyamatosan lehetne jelentkezni, és lenne utánpótlás ládákból. Nem kizárt, hogy más városok is példát vennének Szentendréről, ha látják, milyen sikereket ért el a környezetvédelemben.

A jövőben is érdemes helyszíni ellenőrzéseket tartani, hogy folyamatosan nyomon követhetőek legyenek a komposztálási szokások és a program hatékonysága, ez egyúttal a rendszeres tanácsadást is megoldaná.

Zárszó

Megfelelő környezetvédelmi kultúra és/vagy tájékozottság híján egyrészt észérvekkel, bizonyítékokkal és szemléletformálással, másrészt rendezvényekkel és reklámokkal, harmadrészt büntetésekkel, jogi szabályozással lehet eredményeket elérni. Véleményem szerint a társadalomban való stabil környezetvédelmi ideológia és a nagyfokú elkötelezettség kiépítése az elsődleges a környezetvédelmi tevékenységekben. Ha ez megvan, az erőfeszítések során elért eredmények nem vesznek majd kárba. Mindez a különböző cégek, hatóságok, az oktatás, a család és az egyén feladata. Amennyiben valamelyik módszer eléri a kívánt sikert, sokkal gördülékenyebben léphetünk tovább a környezetvédelmi tevékenységekben, jelen esetben a komposztálási programok hatékonyságának javításában.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A jelen felmérés tárgya egy 2009-ben, Szentendre városában elindult komposztprogram sorozat. Keretében lehetőség adódott rá, hogy a lakosok pályázatot nyújtsanak be a város önkormányzatának, melynek fejében műanyag komposztládákat kaphattak. A dolgozat célkitűzése, hogy jellemezsem a program eddig elért eredményeit, hatékonyságát, és javaslatokat tegyek a program fejlesztésére a környezetvédelmi érdekek figyelembe vételével.

A program hatékonyságának leírásához a következő lépéseket tettem meg.

- Vizsgáltam, hogy a komposztládák mennyire alkalmasak arra, hogy segítségével a lakosság megfelelően végezhesen házi komposztálást.
- Feltártam, hogy a komposztálásban mennyire aktív a közösség, és hogy a folyamathoz szükséges teendőkben mekkora a hiányosság.
- Statisztikákat készítettem, illetve számításokat végeztem a megszerzett adatok alapján, a jelenlegi hatékonyság meghatározása érdekében.
- Kikértem a közösség véleményét a komposztprogramokról, hogy a személyes tapasztalatok mellett ezzel is elősegítsem a program fejlesztését.

A jelenlegi ládáknak sikerrel végbement a komposztképződés folyamata, azonban a ládák igen instabil szerkezettel rendelkeznek, nehezen nyithatóak, zárhatóak, és a hőt nehezen tartják meg. Ez akadályt gördít a felhasználók elé. A KOMPOLYT® által gyártott jobb minőségű komposztáló ládákkal lenne érdemes komposzt programot szervezni, mivel számos tulajdonságban felülmúlja a jelenlegi ládákat. Ezek közül a legfontosabb, hogy hatékonyabban komposztál.

A későbbiekben a program minden résztvevőjét rá kell venni, hogy tartsa be az összes komposztálással kapcsolatos utasítást. Rá kell döbenteni a lakosságot, hogy a komposztálás nem csak környezetvédelmi tevékenység, hanem gazdasági és kertészeti örömforrás is lehet. Hangsúlyozni kell, hogy nem egyesével kell elkezdeni ezt, vagy azt a komposztálási műveletet, hanem egyszerre.

A komposzt öntözésére esővíz javallott. Az esővíz összegyűjtése szintén fontos. Érdeemes kísérletezésre biztatni a felhasználókat, de ezt csak az után, ha a klasszikus eljárás betartásával már érték el eredményeket.

Nagyobb ágakat igen kevesen komposztálnak, általában azért, mert nincs aprítógépük. Ez kerti hulladékégetéshez vezethet. Évenként egyszer körbejárhatnák a várost egy aprítógéppel a zöldhulladék gyűjtő alkalommal egybekötve.

Az ládák ürítésének gyakorisága sok esetben rendszertelenséget mutat. A programot jobb volna úgy szervezni, hogy ne kelljen mindenkinek 2 tárolót kiszállítani, csak ha igényli. Érdeemes emellett igény szerint lehetőséget biztosítani 2-nél több elvitelére is, akár az első jelentkezéskor, akár utólag.

Még mindig vannak olyanok, a program résztvevői között is, akik kerti hulladékot égetnek, mivel a zöldhulladék szállítás olykor akadozik, ők pedig nem szállítják el a zöld javakat központi komposzttelepre. Visszaszorítaná az égetést a komposztládák használatán kívül az is, ha az abba már nem beférő ágakat az Önkormányzat rendszeresen, például 2 hetente elszállíttatná egy központi komposzttelepre, újrahasznosítás végett, ahogy az például Budakalászon történik.

A zöldhulladék elszállításának körülményessége főleg nem a komposztprogramban résztvevőket, hanem a kívül rekedteket érinti. Az ágak hulladékudvarba történő egyéni elszállítása még nagyobb légszennyezést okoz, a kipufogógázok által, mint a központi szállítás esetén. Az ágakkal való "cserekereskedelem" nem minden esetben alakul ki a szomszédok közt esetleges kazánban való égetés, vagy más hasznosítás okán.

Sokan örvendetesnek tartanak, ha egész évben folyamatosan lehetne jelentkezni. És lenne utánpótlás a ládákból. Nem kizárt, hogy más városok is példát vennének Szentendréről, ha látják, milyen sikereket ért el a környezetvédelemben.

A jövőben is érdemes helyszíni ellenőrzéseket tartani, hogy folyamatosan nyomon követhetőek legyenek a komposztálási szokások és a program hatékonysága, ez egyúttal a rendszeres tanácsadást is megoldaná.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] CZUPY I., VÁGVÖLGYI A. (2011): *Mezőgazdasági (növénytermesztés, állattartás, erdészeti) hulladékok kezelése és hasznosítása*. - Pannon Egyetem, Veszprém, 65 p.
- [2] VERMES L. (2005): *Hulladékgazdálkodás, hulladékhasznosítás*. - Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 220 p.
- [3] ANONIMUS (1921): *Welser Anzeiger vom 05.* - Austria, Jan. 1921, 67. Jahrgang, Nr. 2, S. 4
- [4] ANONIMUS (2011): *United States Environmental Protection Agency. "In-Depth Studies of Recycling and Composting Programs: Designs, Costs, Results"* - EPA, USA, p 190.
- [5] TAM L. (2011): *"Toward Zero Waste"*. - San Francisco Planning and Urban Research Association, USA, 1-4 p.
- [6] ANONIMUS (1999): *Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste*. - Council of the European Union, EU, 24 p.
- [7] KÁRPÁTI Á. (2007): *A komposztálás biológiája*. - Pannon Egyetem, Veszprém, 12 p.
- [8] ANONIMUS (2012): *Komposztálási útmutató*. - Polyduct Zrt., Nádudvar, 31 p.
- [9] ALEXA L., DÉR S. (2001): *Szakszerű komposztálás - Elmélet és gyakorlat*. - Profikomp Kft., Gödöllő, 264 p.
- [10] SÆBØ, A., FERRINI, F. (2006): *The use of compost in urban green areas - a review for practical application*. - Italy, Urban Forestry & Urban Greening 4 (2006) 159–169
- [11] KARNCHANAWONG, S., SURIYANON, N. (2010): *Household organic waste composting using bins with different types of passive aeration*, - Thailand, Resources, Conservation and Recycling 55 (2011) 548–553.
- [12] ANONIMUS (2003): *Hogyan komposztáljunk?* - Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Hulladékgazdálkodási és Technológiai Főosztály, Budapest, 31 p.
- [13] PIKE, B. (2007): *Directions For The Sulfide Test: Used To Determine If Compost Is Ripe (Finished)* - Pike Agri-Lab Supplies Inc., USA, 1 p.
- [14] LAOR, Y., RAVIV, M., BORISOVER, M. (2004): *Evaluating microbial activity in composts using microcalorimetry* - Israel, Thermochimica Acta 420: 119–

125.

[15] ANONIMUS (1996): *Monitoring Compost Moisture* - Cornell University, USA, 1 p.

[16] VEEKEN, A., DE WILDE, V., WOELDERS, H., HAMELERS, B. (2002): *Advanced bioconversion of biowaste for production of a peat substitute and renewable energy* - Netherlands, *Bioresource Technology* 92 (2004) 121–131.

[17] FAZEKAS B., PITÁS V., THURY P., KÁRPÁTI Á. (2011): *Komposztálás* - Pannon Egyetem, Veszprém, 31 p.

[18] HAUG, R. T. (1993): *The Practical Handbook of Compost Engineering*. - Technomics Publishing Co., Lancaster, 699 p.

[19] ALEXA L. (2010): *Prezentáció - XX. Nemzetközi köztisztasági szakmai fórum és kiállítás*, Szombathely, 31 p.

[20] DIETZ F. (2007): *Dumtsa Jenő városfejlesztési stratégia*, Szentendre, 61 p.