

Hulladékgazdálkodás

Kaszáné Dr. Kiss Magdolna

Hulladékgazdálkodás

Kaszáné Dr. Kiss Magdolna

Publication date 2013

Szerzői jog © 2013 Debreceni Egyetem

TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1 MSc Tananyagfejlesztés

Interdiszciplináris és komplex megközelítésű digitális tananyagfejlesztés a természettudományi képzési terület mesterszakjaihoz

Tartalom

Előszó	ii
1. Bevezetés	3
2. A hulladékok keletkezése, típusai	5
1. A hulladék fogalma	5
3. A hulladékok típusai	7
1. Termelési hulladékok	7
2. Települési (kommunális) hulladékok	8
3. Veszélyes hulladékok	9
4. Biodegradálható hulladékok	12
4. A hulladékok gyűjtése, szállítása	13
1. Vegyes hulladékgyűjtés	13
2. Szelektív hulladékgyűjtés	14
5. A hulladékokkezelési lehetőségei	19
1. Hulladéklerakás (deponálás)	20
1.1. A hulladéklerakó kialakítása	21
1.2. A hulladéklerakó működése	24
1.2.1. Biogáz képződés	24
1.3. Csurgalékvíz	27
1.3.1. A hulladéklerakó ellenőrzése	28
1.4.	28
1.5. A hulladéklerakó lezárása és rekultivációja	29
1.6. A hulladéklerakás helyzete Magyarországon	32
2. Hulladékok termikus kezelése	32
2.1. A hulladékok égetése	33
2.1.1. Az égetés folyamata és berendezései	35
2.1.2. A maradékanyagok kezelése	37
2.1.3. A hulladékégetés előnyei, hátrányai	39
2.1.4. Hulladékégetés Magyarországon	40
3. Komposztálás	42
3.1. A komposztálás körülményei	42
3.2. A komposztálás módszerei	43
3.3. A komposztálás műveletei (a forgatásos prizmakomposztálás példáján)	44
3.3.1. Komposztáláshoz alkalmazott adalék- és segédanyagok	48
3.3.2. A komposztok felhasználása	48
4. A mechanikai-biológiai hulladékkezelés (MBH)	49
5. Biogáz előállítás	51
5.1. Az anaerob lebomlás feltételei	51
5.2. Az anaerob lebomlás folyamata	52
6. A hulladékok újrahasznosítása	55
1. Műanyag hulladékok újrahasznosítása	55
1.1. A leggyakrabban használt műanyagfajták, felhasználásuk és újrahasznosításuk ...	57
2. Üveg hulladékok újrahasznosítása	59
3. Papírhulladékok újrahasznosítása	60
4. Elektromos és elektronikai berendezések hulladékainak újrahasznosítása	62
7. A veszélyes hulladékok	66
1. A veszélyes hulladékok gyűjtése, tárolása és szállítása	66
2. A veszélyes hulladékok előkezelése	69
3. A veszélyes hulladékok égetése	69
4. A veszélyes hulladékok lerakása	71
8. A radioaktív hulladékok	74
1. A radioaktív hulladékok keletkezése és típusai	74
2. A radioaktív hulladékok kezelése	75
3. A radioaktív hulladékok kezelése hazánkban	79
9. A hulladékokkal kapcsolatos jogi szabályozás	81
1. A hulladékgazdálkodási törvények	81
1.1. A 2000. évi XLIII. törvény a hulladékgazdálkodásról	81

1.2. A 2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról	82
2. A termékdíj	84
10. Az EU hulladékgazdálkodásának jellemzése	88
1. Környezetvédelmi akció programok	88
2. Az Integrált Szennyezés Megelőzés és Szabályozás	89
3. Környezetirányítási rendszer	90
4. A hulladékgazdálkodás jogi szabályozása	91
5. Hulladékkezelés és -kezelés az EU tagországokban	93
5.1. Hulladékkezelés (az összes hulladékra vonatkozóan)	93
5.2. Hulladékkezelés (az összes hulladékra vonatkozóan)	95
5.3. Települési szilárd hulladékkezelés és -kezelés	97
11. Magyarország hulladékgazdálkodásának helyzete	101
1. A hazai hulladékgazdálkodás jellemzése	101
1.1. Hulladékkezelés	101
1.2. Szelektív gyűjtés	101
1.3. Hulladékkezelés	102
2. Az Országos Hulladékgazdálkodási Terv (OHT)	106
2.1. Az I. Országos Hulladékgazdálkodási Terv	106
2.2. II. Országos Hulladékgazdálkodási Terv	108
3. A hulladékcsökkentés, mint legfőbb feladat	109
3.1. A termelési hulladék csökkenésének elősegítése	109
3.2. A lakossági hulladék csökkenésének elősegítése	109
12. A hulladékgazdálkodás és a fenntarthatóság, új irányzatok a hulladékgazdálkodásban	110
1. A fenntartható fejlődés és a hulladékgazdálkodás	110
2. Új irányzatok a hulladékgazdálkodásban	111
2.1. Az integrált hulladékgazdálkodás	111
2.2. Az ipari ökológia	113
2.3. Nulla hulladék	114
13. Irodalomjegyzék	116

A tesztkérdések elérése

Minden fejezet végén tesztkérdések találhatók, amelyek a linkre kattintva érhetők el. Bejelentkezés a tesztkérdésekhez a Debreceni Egyetem Moodle oldalán:

Felhasználó: hallgato

Jelszó: Hallgato_12

Előszó

A jelen digitális tananyag a TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0025 számú, "Interdiszciplináris és komplex megközelítésű digitális tananyagfejlesztés a természettudományi képzési terület mesterszakjaihoz" című projekt részeként készült el.

A projekt általános célja a XXI. század igényeinek megfelelő természettudományos felsőoktatás alapjainak a megteremtése. A projekt konkrét célja a természettudományi mesterképzés kompetenciaalapú és módszertani megújítása, mely folyamatosan képes kezelni a társadalmi-gazdasági változásokat, a legújabb tudományos eredményeket, és az info-kommunikációs technológia (IKT) eszköztárát használja.



1. fejezet - Bevezetés

A természetben nem létezik hulladék. Az egyik élőlény „hulladékát” (legyen szó akár valamilyen anyagcseretermékéről, vagy elpusztult szervezetről) egy másik élőlény hasznosítani képes, táplálékkul szolgál számára. A természetes folyamatok révén minden anyag újra felhasználódik, nincsenek felesleges termékek. Az emberi társadalom és a gazdaság kialakulása ill. fejlődése teremtette meg a valódi hulladék fogalmát.

A termelési folyamatokra az egyirányúság jellemző, nincsenek meg a természeti erőforrások kihasználását korlátozó negatív visszacsatolási mechanizmusok és a körfolyamatokba történő záródás.

Emiatt a gazdasági tevékenységek és az ember mindennapi élete során különféle anyagokból álló, nagy mennyiségű hulladék keletkezik. A szemlélet változása (vagy legalábbis módosulása) - a gazdaság és a politika területén, valamint az állampolgárok körében – lehetővé tette a szerencsésen egyre növekvő mértékű hulladék hasznosítást. Ez a hulladékok termelésbe történő visszavezetését, körfolyamatokba történő zárását jelenti. Rendkívül fontos mind környezetvédelmi, mind a társadalom fenntarthatósága szempontjából, hogy a gazdaság igényeinek kielégítése érdekében a természeti erőforrásokat kíméletlen és korlátlan módon használta (használja), ami ahhoz vezetett, hogy bizonyos nyersanyag- és energiaforrások (vagy legalábbis a „könnyen hozzáférhető” részei) kimerülőben vannak. Az erőforrásokkal történő ésszerű, takarékos gazdálkodás az emberi társadalom fennmaradásának feltétele, a jövő nemzedékének alapvető érdeke. A hulladékok szelektív gyűjtésének és újrahasznosításának emiatt rendkívül nagy jelentősége van, hiszen a hulladékok környezetszennyező, környezetet károsító hatásuk mellett fontos nyersanyagforrások is. Ezért a hulladékkezelésnek erőteljes gazdaságpolitikai vonatkozása is van (Janklovics, 2005).

A hulladékok, mint potenciális szennyezőanyagok, súlyos környezeti károkat okozhatnak. A nem megfelelő tárolás, kezelés vagy elhelyezés esetén a környezetbe kikerülő anyagok a levegő, a talaj valamint a felszíni és felszín alatti vizek elszennyeződését okozhatják.

A levegő szennyezését elsősorban a szervesanyagok bomlása során keletkező bűzös és mérgező gázok, az ammónia és kénhidrogén idézi elő, de ezek mellett jelentős a képződő szén-dioxid és metán mennyisége is, amelyek mint üvegházhatású gázok, hozzájárulnak a globális felmelegedéshez. A gázok mellett a hulladék szilárd részei is szennyeznek a levegőt, ami a port jelenti és a szél által könnyen kifújható kisebb-nagyobb darabokat (papír, műanyag). A hulladék szándékos égetése vagy az öngyulladás révén keletkező égéstermékek (gázok, pernye, korom) ugyancsak szennyezőanyagként jelentkeznek.

A talaj közvetlen szennyezését a hulladékból kikerülő, kimosódó szervetlen és szerves anyagok okozzák. Napjainkban a hulladékok jelentős mennyiségben tartalmazhatnak nehézfémeket, vagy nehezen bomló szervesanyagokat, amelyek környezeti kockázata igen magas lehet. Ráadásul a talaj felső rétegének elszennyeződése után a talajvízbe is bekerülnek ezek az anyagok. A felszíni vizek közvetlenül, vagy közvetve, a talajvizen keresztül szennyeződnek el. Ezen folyamatok révén adott terület vízbázisában kedvezőtlen változások következhetnek be.

Nem elhanyagolhatók a hulladékok közegészségügyi vonatkozásai sem. Egyes hulladékfajták kórokozókat (vírusok, gombák, baktériumok, férgek) tartalmazhatnak. A közvetlen fertőzőképesség mellett az elszaporodó rágcsálók és rovarok is közvetíthetnek betegségeket.

A hulladékok környezeti hatásaiból semmiképpen sem hagyható ki az esztétikai vonatkozás, azaz a tájkép rombolása, vagy egyszerűen a „szemetes” környezet kellemetlen, zavaró hatása (Köztisztasági Egyesülés, 2003a).

A környezetvédelem kiemelt feladata a hulladékok keletkezéséből, elhelyezéséből, ártalmatlanításából és újrahasznosításából eredő problémák megoldása. Ez az emberi társadalom és a gazdaság hosszútávon történő fenntarthatóságának egyik legfontosabb eleme.

A hulladékokkal kapcsolatos feladatok elvégzése a hulladékgazdálkodás tevékenységi körébe tartoznak. A 2000. évi XLIII. hulladékgazdálkodási törvény meghatározása szerint a **hulladékgazdálkodás** a hulladékkal összefüggő tevékenységek rendszere, beleértve a hulladék keletkezésének megelőzését, mennyiségének és veszélyességének csökkentését, kezelését, ezek tervezését és ellenőrzését, a kezelő berendezések és létesítmények üzemeltetését, bezárását, utógondozását, a működés felhagyását követő vizsgálatokat, valamint az ezekhez kapcsolódó szaktanácsadást és oktatást. Az új törvényben (2012. évi CLXXXV. törvény) a hulladékgazdálkodás definíciója módosult, e szerint a hulladékgazdálkodás a hulladék gyűjtése, szállítása,

kezelése, az ilyen műveletek felügyelete, a kereskedőként vagy közvetítőként végzett tevékenység, továbbá a hulladékgazdálkodási létesítmények és berendezések üzemeltetése, valamint a hulladékkezelő létesítmények utógondozása. A hulladékgazdálkodási problémák megoldása során szem előtt kell tartani a törvényben rögzített alapelvek betartását, amelyek teljes mértékben összhangban vannak a környezetvédelmi törvényben (1995. évi LIII. tv.) megfogalmazottakkal.

2. fejezet - A hulladékok keletkezése, típusai

1. A hulladék fogalma

A hulladék fogalmának meghatározása nem egyszerű, sokféle definíció létezik de a különféle meghatározásban a tulajdonosa számára való „haszontalansága” a meghatározó. Ezt azért is lényeges kiemelni, mivel számos hulladék anyagában vagy energetikai célokra hasznosítható, tehát „más” számára használható, értékes anyag lehet.

Általánosan megfogalmazva **hulladék** minden olyan anyag, ami az ember mindennapi élete és gazdasági tevékenysége során képződik és a keletkezés helyén már nem hasznosítható. A hulladékok gyűjtéséről, megfelelő helyre történő elszállításáról a tulajdonosnak kell gondoskodnia. A jogi megfogalmazás (2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról) a következő: hulladék bármely anyag vagy tárgy, amelytől birtokosa megválnak, megválni szándékozik vagy megválni köteles.

A részletes hulladékjegyzéket, az Európai Hulladék Katalógusnak (European Waste Catalogue (= EWC) and Hazardous Waste List) megfelelő listát a KöM 16/2001. (VII.18.) rendelete tartalmazza. Ez utóbbi lista alapvetően 20 hulladék főcsoportot jelöl meg:

EWC kód	A főcsoport megnevezése
01	Ásványok kutatásából, bányászatából, kőfejtésből, fizikai és kémiai kezeléséből származó hulladékok
02	Mezőgazdasági, kertészeti, vízkultúrás termelésből, erdőgazdaságból, vadászatból, halászatból, élelmiszer előállításból és feldolgozásból származó hulladékok
03	Fafeldolgozásból és falemez-, bútor-, cellulóz rost szuszpenzió-, papír- és kartongyártásból származó hulladékok
04	Bőr-, szőrme- és textilipari hulladékok
05	Kőolaj finomításából, földgáz tisztításából és kőszén pirolitikus kezeléséből származó hulladékok
06	Szervetlen kémiai folyamatokból származó hulladékok
07	Szerves kémiai folyamatokból származó hulladékok
08	Bevonatok (festékek, lakkok és zománcok), ragasztók, tömítőanyagok és nyomdafestékek termeléséből, kissereléséből, forgalmazásából és felhasználásából származó hulladékok
09	Fényképészeti ipar hulladékai
10	Termikus gyártásfolyamatokból származó hulladékok
11	Fémek és egyéb anyagok kémiai felületkezeléséből és bevonásából származó hulladékok; nemvas fémek hidrometallurgiai hulladékai
12	Fémek, műanyagok alakításából, fizikai és mechanikai felületkezeléséből származó hulladékok
13	Olajhulladékok és folyékony üzemanyagok hulladékai (kivéve az étolajokat, valamint a 05, 12 és 19 fejezetekben felsorolt hulladékokat)
14	Szerves oldószer-, hűtőanyag- és hajtógáz hulladékok (kivéve 07 és 08)
15	Hulladékká vált csomagolóanyagok; közelebből nem meghatározott abszorbensek, törőkendők, szűrőanyagok és védőruházat
16	A jegyzékben közelebből nem meghatározott hulladékok
17	Építési és bontási hulladékok (beleértve a szennyezett területekről kitermelt földet is)
18	Ember, illetve állatok egészségügyi ellátásából és/vagy az azzal kapcsolatos kutatásból származó hulladékok (kivéve azokat a konyhai és éttermi hulladékokat, amelyek nem közvetlenül az egészségügyi ellátásból származnak)
19	Hulladékkezelő létesítményekből, szennyvizet keletkezésük telephelyén kívül kezelő szennyvíztisztítókból, illetve az ivóvíz és iparvíz szolgáltatásból származó hulladékok
20	Települési hulladékok (háztartási hulladékok és az ezekhez hasonló, kereskedelmi, ipari és intézményi hulladékok), beleértve az elkülönítetten gyűjtött hulladékokat is

A hulladék keletkezése szerint két fő hulladék típust különböztünk el: **termelési és települési (kommunális) hulladék**. A termelési hulladékok a termelési-feldolgozási (ipari, mezőgazdasági) és szolgáltató tevékenységek során keletkező hulladékok. A települési hulladékok pedig az ingatlanokon, intézményekben, közterületeken keletkeznek, de a termelő és szolgáltató egységekben is keletkeznek ilyen jellegű hulladékok.

Másik szempont a hulladékok veszélyessége szerinti felosztás, azaz a hulladék lehet **veszélyes és nem veszélyes** jellegű. A veszélyességi tényezők valamelyikével rendelkező veszélyes hulladék potenciálisan a környezet, az élőlények vagy az emberi egészség károsodását okozhatja. A nem veszélyes hulladék mai ismereteink szerint nem jelent ilyen veszélyt sem az emberre, sem a környezetre.

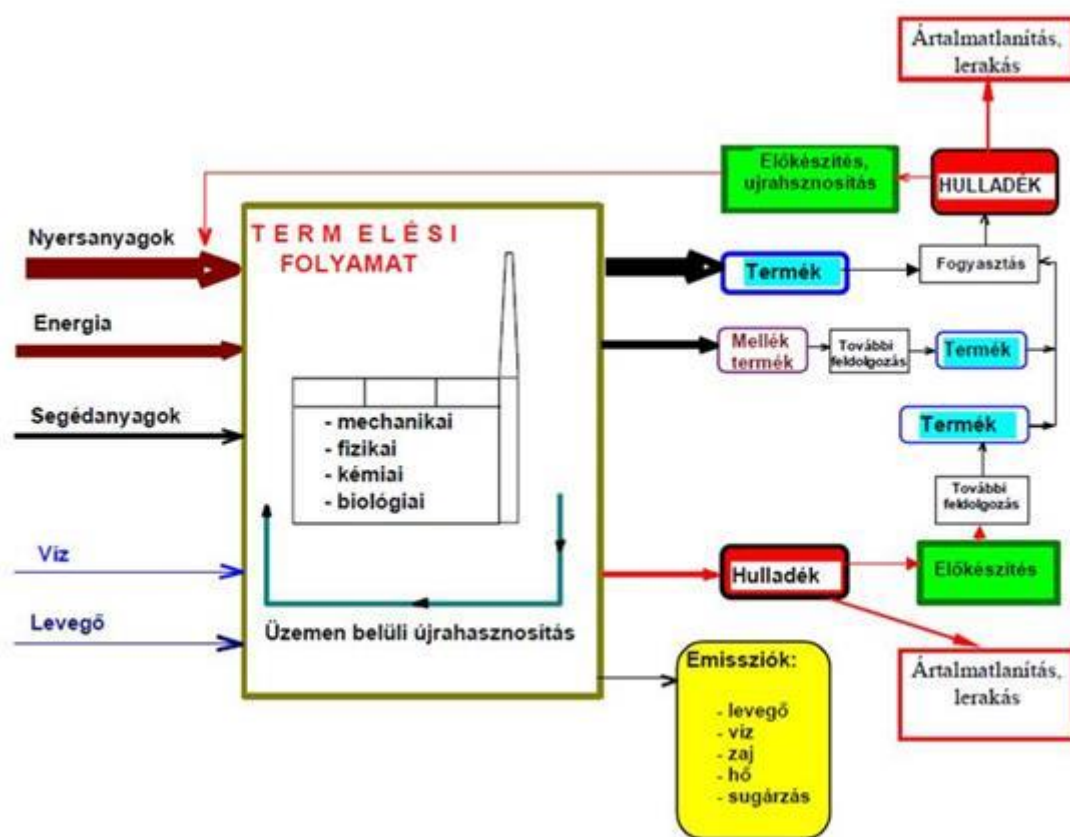
A hulladékok csoportosítása történhet még a halmazállapotuk szerint, mely alapján **szilárd, folyékony és iszap** jellegű hulladékokat különböztünk el.

3. fejezet - A hulladékok típusai

1. Termelési hulladékok

A termelési hulladékok egy része a kitermelő (bányászat), termelő-feldolgozó (ipari és mezőgazdasági) és a szolgáltató tevékenység során keletkező technológiai és amortizációs hulladékok, azaz a **termelés-specifikus hulladékok** (Csőke és Szabó, 2009). Keletkezhetnek természetesen a gyártás anyagátalakítási folyamataiban; az üzemi leállások, karbantartások során vagy a technológiai fegyelmetlenségekből eredően (pl. selejt termék) és a berendezések hiányosságaiból adódóan (Szabó, 1995). A **nem termelés-specifikus** hulladékok keletkezése is elkerülhetetlen velejárója a termelési, szolgáltatási tevékenységnek. Ide tartoznak pl. a csomagolóanyagok, vagy az irodai munkából eredő hulladékok.

A termelési hulladékok egyrésze akár az üzemben belül is hasznosítható, azaz rövid időn belül visszaforgatásra kerülhet a termelési folyamatba (pl. műanyag termék előállításánál keletkező, a szélekről levágott részek). A hulladékok másik része másodnyersanyagként – de már más termelési folyamatban – ugyancsak hasznosításra kerülhet (1. ábra). A termelési folyamatban a termékkel párhuzamosan keletkező melléktermékek közvetlenül is felhasználhatók vagy értékesíthetők.



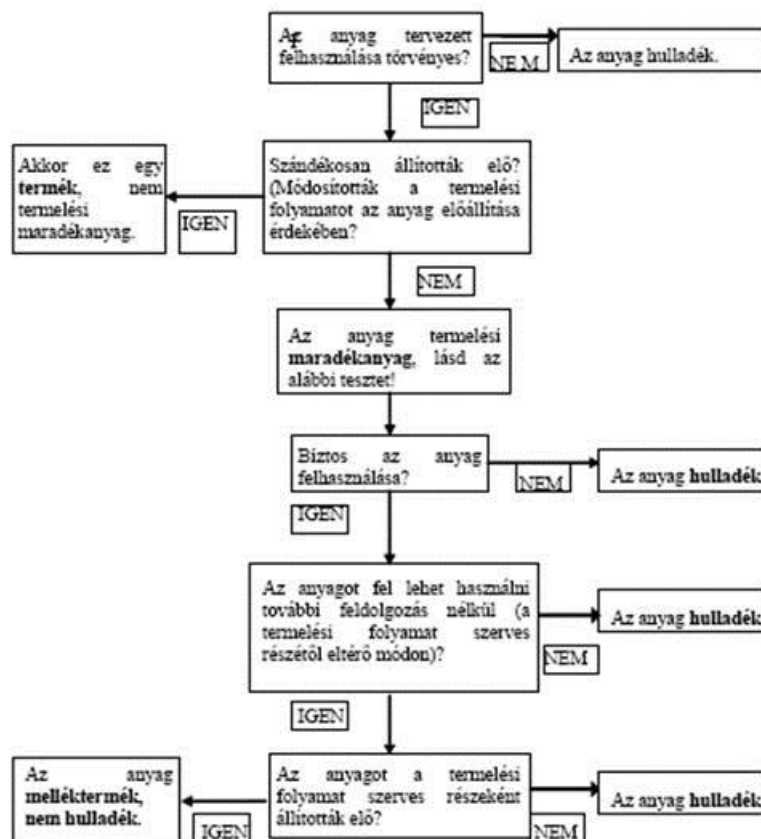
1. ábra A termelési folyamatban keletkező hulladékok és melléktermékek (Csőke és Szabó, 2009)

A legjelentősebb hulladéktermelő ágazat a bányászat, amelynek nagy tömegű hulladéka a meddő. Környezeti hatása abban áll, hogy - bár általában nem veszélyes hulladék - nagy területet foglal el, tájkép romboló hatása van és diffúz légszennyező forrás. Nagy mennyiségű termelési hulladék keletkezik a villamosenergia iparban is, salak, mésziszap, pernye formájában. A textiliparból legnagyobb mennyiségben fonodai hulladék kerül ki, de a szövési, kötési folyamatokból és a konfekcionálásból is származnak hulladékok. A papíripar jellemző hulladéka a szennyvíztisztítás során keletkező papíriszap és mésziszap. A bútoripar fahulladékai és az élelmiszeriparban keletkező nagy szervesanyag tartalmú növényi és állati eredetű anyagok könnyen és jól hasznosíthatók. Az építő- és az építőanyag ipar (mész-, cement-, téglá-, cserép-, betonelem gyártás, üvegipar, kőbányászat) is jelentős a hulladék keletkezés vonatkozásában, hiszen szervesen hulladékai a nem veszélyes termelési hulladék

kb. egyharmadát alkotják. A közlekedés és a hírközlés hulladékaihoz az elhasznált alkatrészek, a leselejtezett gépjárművek, kábelek, gumiabroncsok tartoznak.

A mezőgazdasági termelésből nagy mennyiségben kerül ki biomassa (szalma, kukoricaszár, stb.), amely közvetlenül vagy közvetve energetikai célokra, talajerő utánpótlásra vagy takarmányozásra használható (Vermes, 1998).

Az ipari termelés során sokféle anyag keletkezik, amelyek különböző gazdasági értékkel és eltérő környezeti hatással bírnak. Mind a termékek, mind a hulladékok tartalmazhatnak a környezetre káros vagy mérgező anyagokat, amelyek a nem megfelelő kezelés esetén veszélyeztetik a környezetet és az emberi egészséget. Az ipari termelésben keletkező anyagok általában nagyobb környezeti kockázatot jelentenek, mint a más eredetűek. Környezetvédelmi és jogi szempontból mindenképpen fontos, hogy az egyes anyagokat megfelelően sorolják a hulladékok közé. Azonban sok esetben nem egyszerű eldönteni, hogy a termelési folyamatban keletkező anyag melléktermék-e vagy valóban hulladék (2. ábra).



2. ábra Folyamatábra a hulladék-nem hulladék kérdés eldöntéséhez (EK Bizottság, 2007)

A Hulladékgazdálkodási törvény (Htv.) szerint **mellékterméknek** minősülő anyag vagy tárgy olyan folyamatban képződik, aminek elsődleges célja nem az adott anyag/tárgy előállítása. Emellett a következő feltételeknek is érvényesülnie kell ahhoz, hogy mellékterméknek tekintsék:

- további felhasználása biztosított
- feldolgozás nélkül, közvetlenül felhasználható
- az előállítási folyamat szerves részeként képződik
- a környezetre és az emberi egészségre nem káros
- további, meghatározott módon történő felhasználása jogszerű

2. Települési (kommunális) hulladékok

A **települési hulladék** a lakó-, üdülő- és pihenő épületekben, a közösségi helyiségekben és az ezekhez tartozó telken keletkezett szilárd hulladék, valamint az a folyékony hulladék, ami közvetlenül nem szennyvízgyűjtő csatornahálózatba, hanem a telken belül ideiglenes tárolásra kerül. (Ha a házi ülepítőkből a szennyvizet kiszippantják és elszállítják szennyvíztisztító telepre, onnantól már a szennyvízkezelésre vonatkozó szabályok érvényesek rá.) Települési hulladéknak számít a közterületeken képződő szilárd hulladék, valamint a háztartási hulladékhhoz hasonló jellegű és összetételű hulladék is. Az intézményekben, ipari létesítményekben, gazdasági vállalkozásoknál dolgozó emberek mindennapi hulladékai is ebbe a kategóriába sorolandók.

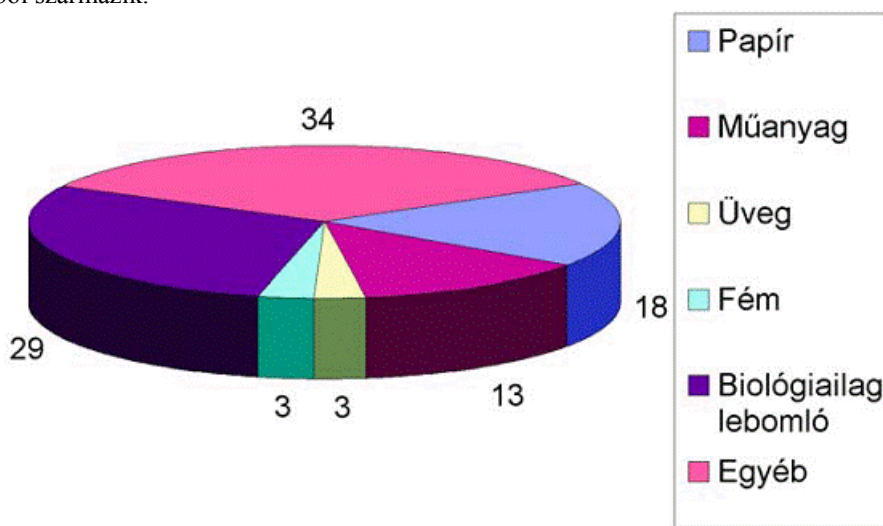
A háztartásokban keletkező hulladékok összetétele nagy mértékben változó és anyagi minőségét tekintve a legkülönbözőbb hulladékfajták előfordulnak benne: szerves hulladékok, csomagolóanyagok (papír, üveg, műanyag, fém, fa), textil, különféle elhasznált háztartási eszközök (pl. edények, kisebb bútordarabok), kerti hulladékok (nyesedék, lomb, lenyírt fű), a fűtésből származó hulladékok (salak, pernye, korom) és az ingatlan karbantartása, javítása során keletkező kisebb mennyiségű hulladék (pl. eltört ablaküveg, vakolat-, cserép- és tégladarabok). A hulladék összetételét tekintve meghatározó a biológiailag bontható szerves frakció, valamint a csomagolóanyagok (papír, műanyag) aránya (3. ábra).

A csomagolási hulladék minden hulladéknak minősülő csomagolás (csomagolóanyag, -eszköz, vagy akár termék). A csomagolásnak többféle típusa van (Hornýák, 2003):

- fogyasztói csomagolás: értékesítési egységet képez a végső felhasználó vagy fogyasztó számára a vásárláskor (pl. műanyag palack)
- gyűjtő csomagolás: amely ugyancsak értékesítési egységet alkot, de a fogyasztói csomagolástól elkülöníthető (pl. műanyag palackok zsugorfóliázva)
- szállítási csomagolás: a fogyasztói vagy gyűjtőcsomagolás kezelését és szállítását szolgáló csomagolás (pl. zsugorfóliázott műanyag palackok raklapon, fóliázva, rögzítőpántokkal)

A kommunális hulladékban értelemszerűen elsősorban a fogyasztói ill. kisebb mértékben a gyűjtő csomagolási hulladékok jelennek meg.

A papír hulladék a csomagolás mellett jelentős mértékben a széleskörűen elterjedt szórólapokból, reklámújságokból származik.



3. ábra A települési szilárd hulladék %-os (tömeg %) összetétele Magyarországon 2007-ben (Steiner, 2010)

Az ember mindennapi életéhez szükséges tárgyak, anyagok közül jelentős azoknak a száma, amelyek veszélyes hulladéknak minősülnek. A háztartási hulladékban jellemzően előfordulnak szárazelemek, világítótestek és égők, fel nem használt vagy lejárt szavatosságú gyógyszerek, mosó- és tisztítószer maradványai. Ezek mellett a kiskert gondozásából, a kisebb ingatlan felújításokból, javításokból és a barkácsolásból eredően szintén keletkeznek ilyen típusú hulladékok: fel nem használt növényvédőszer, oldószer, lakk, festék, ragasztó, olaj. A hazai adatok alapján hazánkban a települési hulladékban a veszélyes összetevők aránya 1 % alatt marad.

3. Veszélyes hulladékok

A hulladékok egyrésze különösen károsíthatja a környezetet és az emberi egészséget. Ezek a veszélyes hulladékok. A Hulladékgazdálkodási törvényben (Htv.) alkalmazott megfogalmazás: veszélyes hulladék az a hulladék, amely a veszélyességi jellemzők legalább egyikével rendelkezik. A Htv. 1. melléklete tartalmazza a 15 veszélyességi tényező listáját:

H1 *Robbanásveszélyes*: láng hatására robbanó anyagok, vagy ütésre, súrlódásra érzékenyebbek mint a dinitrobenzol

H2 *Oxidáló*: más anyagokkal (különösen gyúlékony anyagokkal) érintkezve hőtermelő (exoterm) reakcióba lépő anyagok

H3A *Tűzveszélyes*:

- folyadékok, amelyek lobbanáspontja 21 °C alatt van
- olyan anyagok és készítmények, amelyek levegővel érintkezve felforrósodhatnak és öngyulladásra képesek
- szilárd anyagok, melyek gyújtóforrással való érintkezést követően könnyen meggyulladnak, és a gyújtóforrás eltávolítását követően is tovább égnék
- olyan gáz-halmazállapotú anyagok, amelyek a levegőn normál nyomáson gyúlékonyak,
- olyan anyagok, amelyeknek vízzel vagy vízgőzzel történő érintkezésekor tűzveszélyes gázok keletkeznek

H3B *Kevésbé tűzveszélyes*: olyan folyékony anyagok és készítmények, amelyek lobbanáspontja 21 °C és 55 °C közötti

H4 *Irritáló vagy izgató*: olyan (nem maró) hatású anyagok, amelyek a bőrrel, szemmel vagy a nyálkahártyával való érintkezésük esetén gyulladást okoznak

H5 *Ártalmas*: belélegzésük, lenyelésük vagy a bőrön át történő felszívódásuk esetén korlátozott egészségkárosodást okozó anyagok

H6 *Mérgező*: olyan anyagok, amelyek belélegezve, lenyelve vagy a bőrön keresztül felszívódva súlyos egészségkárosodást, akár halált is okozhatnak

H7 *Rákkeltő* (karcinogén): belélegezve, lenyelve vagy a bőrön keresztül felszívódva rákot okozó, vagy annak valószínűségét növelő hatású anyagok, készítmények

H8 *Maró*: olyan anyagok, amelyek az élő szövettel érintkezve elroncsolhatják azt

H9 *Fertőző*: életképes patogén mikroorganizmusokat vagy azok toxinjait tartalmazó anyagok, amelyek betegséget okozhatnak az emberben vagy más élő szervezetekben

H10 *Reprodukciókárosító*: olyan anyagok, amelyek belélegezve, lenyelve, vagy a bőrön felszívódva fejlődési rendellenességet okozhatnak, vagy azok valószínűségét növelhetik

H11 *Mutagén*: olyan anyagok és készítmények, amelyek bejutva a szervezetbe örökletes genetikai károsodást okozhatnak, vagy azok előfordulási esélyét növelhetik

H12 *Mérgező gáz fejlesztésére* képes hulladék, ami vízzel, levegővel vagy savval történő érintkezés hatására jön létre

H13 *Érzékenységet okozó*: az élő szervezetbe bekerülve hiperérzékenységi reakciót kiváltó anyagok, amelyek ismételt expozíció esetén jellegzetes káros hatásokat is okoznak

H14 *Környezetre veszélyes* (ökotoxikus): olyan hulladék, amely közvetlenül vagy közvetve veszélyt jelent egy vagy több környezeti elemre

H15 Olyan hulladék, amelynek ártalmatlanítása során az előbb felsorolt tulajdonságok bármelyikével rendelkező anyag keletkezhet

A Htv. 55. § pontosítja ill. részletezi a veszélyes hulladékok meghatározását. Veszélyes hulladék az,

- amely a hulladékjegyzékről szóló miniszteri rendeletben szereplő hulladékjegyzékben veszélyes hulladékként szerepel és megfelel a fentebb említett Htv. fogalom meghatározásának
- amelyik egyetlen hatályos hulladékjegyzékben sem szerepel
- vagy amelynek összetétele ismeretlen.

A Környezetvédelmi Minisztérium rendeletének (16/2001. (VII. 18.) KöM rendelet a hulladékok jegyzékéről) 1./A melléklete tartalmazza a veszélyes hulladékok listáját a következő módon: a lista a már korábban felsorolt 20 fő hulladék csoportot részletezi (alcsoportok) és a veszélyesnek minősített hulladékok alcsoportjának kódját csillaggal jelöli.

Ugyancsak veszélyes a hulladék, ha a fentebb említett listában nem jelölt ugyan, de a Htv-ben felsorolt veszélyességi jellemzők valamelyikével és a H3-H8, H10 és H11 tulajdonságok tekintetében az alábbi egy vagy több jellemzővel rendelkezik:

- a) zárttéri lobbanáspont $<55\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- b) egy vagy több, nagyon mérgezőnek besorolt anyag összkoncentrációja (R 26-al, R 27-el, R 28-al jellemezve) $>0,1\%$,
- c) egy vagy több, mérgezőnek besorolt anyag összkoncentrációja (R 23-al, R 24-el, R 25-el jellemezve) $>3\%$,
- d) egy vagy több, ártalmasnak besorolt anyag összkoncentrációja (R 20-al, R 21-el, R 22-vel jellemezve) $>25\%$,
- e) egy vagy több, maró hatásúnak besorolt anyag (R 35-el jellemezve) összkoncentrációja $>1\%$,
- f) egy vagy több, maró hatásúnak besorolt anyag (R 34-el jellemezve) összkoncentrációja $>5\%$,
- g) egy vagy több, irritálónak besorolt anyag (R 41-el jellemezve) összkoncentrációja $>10\%$,
- h) egy vagy több, irritálónak besorolt anyag (R 36-al, R 37-el és R 38-al jellemezve) összkoncentrációja $>20\%$,
- i) legalább egy 1. vagy 2. osztályú rákkeltőnek tartott anyag koncentrációja $>0,1\%$,
- j) legalább egy 3. osztályú rákkeltőnek tartott anyag koncentrációja $>1\%$,
- k) legalább egy 1. vagy 2. osztályú reprodukciós toxicitású anyag (R 60-al és R 61-el jellemezve) koncentrációja $>0,5\%$,
- l) legalább egy 3. osztályú reprodukciós toxicitású anyag (R 62-el és R 63-al jellemezve) koncentrációja $>5\%$,
- m) legalább egy 1. vagy 2. osztályú mutagén anyag (R 46-tal jellemezve) koncentrációja $>0,1\%$,
- n) legalább egy 3. osztályú mutagén anyag (R 40-nel jellemezve) koncentrációja $>1\%$.

Az előbbieket megértéséhez szükséges a 44/2000.(XII.27.) EüM rendelet szerinti a veszélyes anyagok veszélyeire, kockázataira utaló R mondatok ismerete. Ezek jelentése pl. a b) pont esetében: R26=belélegezve nagyon mérgező (toxikus) R27=bőrrel érintkezve nagyon mérgező (toxikus) R28=lenyelve nagyon mérgező (toxikus). (Az említett osztályokba történő besorolás szempontjait is ez a rendelet szabályozza.)

A veszélyes hulladékok döntő hányada az ipari technológiákból kerül ki (elsődleges kibocsátás). A másodlagos kibocsátásban viszont szerepe van az összes anyag felhasználónak (mezőgazdaság, közlekedés, lakosság).

A veszélyes hulladékok csoportosítása történhet a technológiák szerint is (Kádár, 1998):

- növényi és állati eredetűek (pl. a cserzőüzemi iszap, szappangyártás lúgos maradéka, vágóhídi hulladékok)
- ásványi eredetű (pl. azbesztpor, kohászati salakok, fémek és vegyületeik)
- kémiai eljárás során keletkező hulladékok (pl. a galvániszapok, hulladék savak, olajok)
- települési és intézményi (pl. egészségügyi intézmények) veszélyes hulladékok

4. Biodegradálható hulladékok

A fő hulladék típusok mellett mindenképpen foglalkozni kell a biodegradálható hulladékokkal, hiszen az EU elvárásai alapján a lerakásra kerülő kommunális hulladék biológiailag bontható szervesanyag tartalmát jelentősen csökkenteni kell, mértékét 2016-ra 35 %-ra kell mérsékelni az 1995-ös mennyiséghez viszonyítva (ec.europa.eu/environment). Ezen a téren még igen sok a tennivalónk, hiszen a vegyesen gyűjtött települési hulladék – benne a biohulladékkal – döntő részben még ma is lerakásra kerül.

A **biohulladék** a háztartásokban, éttermekben, iskolai és munkahelyi menzákban és egyéb készített készítő és árusító kiskereskedelmi létesítményekben keletkező élelmiszer- és konyhai hulladék (4. ábra), továbbá az élelmiszer-feldolgozó üzemekben keletkező hasonló jellegű hulladék. Ide tartozik a kertekből és parkokból származó zöld hulladék is, viszont nem biohulladék az erdőgazdálkodási és mezőgazdasági tevékenységekből származó hulladék, a trágya, a szennyvíziszap, illetve egyéb olyan biológiailag bontható hulladék, mint a természetes szövetanyagok, a papír és a feldolgozott fa (Zöld Könyv, 2008). Nem számít biohulladéknak az élelmiszergyártás számos mellékterméke sem, mégpedig azok, amelyek más iparágak számára alapanyagként szolgálnak, illetve takarmányozási célokra közvetlenül vagy közvetve használhatók. Az előbb felsorolt szerves eredetű, de nem biohulladéknak tekinthető hulladékok a biodegradálható vagy biológiailag lebomló hulladékokhoz tartoznak. A **biodegradálható hulladékok** fogalma tehát szélesebb körű, meghatározása szerint minden olyan hulladék ide tartozik, amely aerob vagy anaerob módon lebomlik vagy lebontható, ide értve a biohulladékot is (2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról).



4. ábra A mindennapi életünk során képződő konyhai biohulladék (www.organics-recycling.org.uk)

A biohulladék mennyisége és minősége a kommunális hulladékban évszakosan nagy mértékben változó. A tavasz végi – nyári időszakban a legmagasabb és természetesen télen a legalacsonyabb a szerves hulladék aránya. Átlagosan magas nedvesség tartalom (50-70%) jellemzi, szervesanyag tartalma 30-40 tömeg %, térfogattömege 0,6 t/m³. A kerti hulladékok, ágnyesedék, lenyírt fű szervesanyag tartalma magasabb (50-70 tömeg %) az átlagnál, térfogattömege viszont lényegesen alacsonyabb (0,25 t/m³). Az összetétel alakulásában a háztartásban élők étkezési szokásai is jelentősen közrejátszanak, hiszen a zöldség- és gyümölcsfélékből származik a szerves hulladék döntő része. A kertés ingatlanokban a kert növényekkel való beültetésének mértéke, a fa- és lágyszárú növényzet mennyisége is meghatározó. Az alacsonyabb víztartalmú fásszárúak nyesedéke tavasszal-ősszel jellemző a biohulladékban, míg a magasabb nedvességtartalommal rendelkező lágyszárúak (zöldségek, kerti dísnövények) és gyümölcsök nyáron, kora ősszel.

Teszt

4. fejezet - A hulladékok gyűjtése, szállítása

1. Vegyes hulladékgyűjtés

A lakossági (kommunális) hulladékok gyűjtésének hagyományos módja a vegyesen történő gyűjtés, ami azt jelenti, hogy a különféle anyagú hulladékok már a keletkezés helyén ugyanabba a tárolóedénybe kerülnek. A tárolóedények lehetnek konténerek, szabvány szerint kialakított gyűjtőedények, esetleg zsákok. (A magyar köznyelvben a szeméttároló edényekre alkalmazott „kuka” szó az első ilyen tárolóedényeket előállító német cég nevéből származik: Keller und Knappich Augsburg).

A hulladék begyűjtését végző szolgáltató meghatározott rend szerint házhoz megy, ez az ún. elhordásos módszer.

Maga a begyűjtési rendszer háromféle lehet:

- átürítéses
- konténeres
- zsákos

Az **átürítéses** módszer esetén a megfelelő szállító jármű a tárolóedényt megemeli, a fedél csak a megfelelő pozíció elérése után nyílik fel, ami biztosítja, hogy a hulladék nem szóródik ki. A módszer gyors, higiénikus, a jármű tömörítő berendezése révén pedig gazdaságos is (a tömörítés aránya általában 1:5). Ezzel a módszerrel történik a kisebb gyűjtőedények (kukák) és az ún. kiskonténerek (660-1100 liter) ürítése. Ezeket általában lakótelepeken használják, ahol viszonylag kis területen nagy mennyiségű hulladék keletkezik (5. ábra).



5. ábra A jellemzően lakótelepi környezetben alkalmazott kiskonténerek ürítése (www.fkf.hu)

A **konténeres** módszer során maga a tárolóedény a rakodótér is, a szállítójárműre való emelés speciális emelőszerkezettel történik. Jellemző a cserekonténeres gyűjtés-szállítás, azaz egy üres konténert hagynak a megtelt, elszállított helyett. Vannak öntömörítős konténerek is, amelyek akár több 10 m³ térfogatúak, így nagy mennyiségű hulladék begyűjtése esetén (termelő egységeknél, áruházaknál) célszerű alkalmazni azokat.

A **zsákos** módszer rendkívül higiénikus és egyszerű. Nem igényel speciális szállítóeszközt, jó lehetőség, ha erősen változó mennyiségű hulladék képződik, alkalmas szelektív hulladékgyűjtésre. Ellenérve: rövid időn belül el kell szállítani, a zsák könnyen kiszakadhat, csak bizonyos típusú hulladékok gyűjtésére alkalmas.

A begyűjtés lehet *együtemű*, amikor a begyűjtést végző szállítójármű közvetlenül a hulladékkezelő telepre szállítja a hulladékot. A *kétiütemű* rendszer esetében először egy átrakó telepre kerül a hulladék (6. ábra), majd onnan – esetleges előkezelés után – a végleges hasznosító vagy lerakó helyre, így a gyűjtési és szállítási folyamat elkülönül. A kétütemű rendszer a regionális hulladéklerakók, -kezelők elterjedésével került bevezetésre.



6. ábra Átrakó állomás, ahol a kiürített hulladékot egy présgép tömöríti, majd zárt konténerekbe kerül
(www.gyulaihirlap.hu)

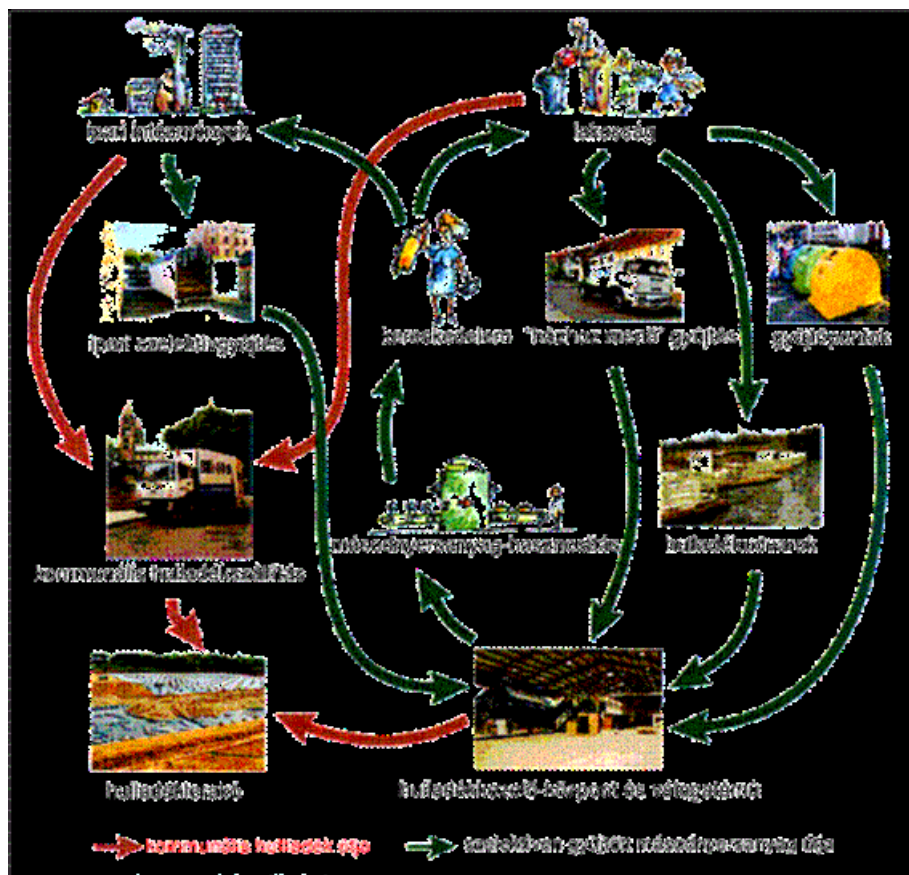
2. Szelektív hulladékgyűjtés

A hulladékhasznosítás alapvető kritériuma a hulladékok szelektív módon történő gyűjtése. A vegyesen gyűjtött hulladékokból utólag is lehetséges az egyes hasznosítható hulladéktípusok kiválogatása (fajsúly szerinti elkülönítés, mágneses vagy optikai válogatási módszerek ill. kézi válogatás). Ily módon azonban csak (kisebb-nagyobb mértékben) szennyezett anyaghoz juthatunk, ami az újrahasznosítást megnehezíti.

A szelektív gyűjtés célja, hogy az újrahasznosítható, a veszélyes és a biológiailag bontható szerves hulladékok elkülönítve, más típusú anyaggal nem szennyeződve kerüljenek összegyűjtésre és tárolásra. Az újrahasznosítás, a másodnyersanyagok előállításának alap követelménye az anyagfajtánként elkülönítve történő gyűjtés.

A hulladékok szelektív gyűjtése történhet

- a lakóházon, telken belül (az elszállítás a házhoz menő begyűjtés révén történik)
- hulladékgyűjtő szigeten
- hulladékgyűjtő udvarban (7. ábra)



7. ábra A hulladék útja (www.kvvm.hu)

A **lakóházakban** (különösen a többszintes épületekben) a közös helyiségekben vagy a lépcsőházban elhelyezhetők a szelektív gyűjtőedények, ahonnan meghatározott rendszerességgel elszállításra kerül a hulladék. A családi házas ingatlanokban, lehetőség szerint ugyancsak az épületben vagy a telken, szabadban kerül sor a tárolásra ill. preferált lehet a zsákokban történő gyűjtés.

A **hulladékgyűjtő szigetek** a településeken általában a nagyforgalmú bevásárlóközpontok mellett és a lakótelepek területén kerülnek kialakításra. A szigetek elhelyezését úgy célszerű megvalósítani, hogy lehetőleg 200 m-nél ne legyen távolabb (ráhordási távolság) a lakóépületektől. Végleges kialakításban 800-1000 fő/hulladéksziget sűrűséget célszerű kialakítani (Köztisztasági Egyesülés, 2003b). A gyűjtőszigetek őrzés nélkül, közterületen működnek, a hulladékok a nap bármely szakában elhelyezhetők. A nyílt gyűjtőhelyen azonban csak a másodnyersanyagként hasznosítható hulladékok gyűjtése történik, veszélyes és könnyen bomló szerves hulladékokat nem lehet elhelyezni. A gyűjtőszigetekeken alapvetően legalább háromféle (műanyag, üveg és papír gyűjtésére) gyűjtőkonténer található, de célszerű további gyűjtők beállításával a fém- és az üveghulladékok (fehér és színes) külön gyűjtése.



8. ábra A szelektív gyűjtőkonténerek típusai (www.okopannon.hu)

A gyűjtő konténerek színe jelzi, milyen típusú hulladékot lehet beledobni (8. ábra):

- kék színű – papír: elhelyezhető újságpapír, prospektus, könyv, karton, hullámpapír, csomagolópapírok, tetrapak doboz
- zöld – színes üveg: elhelyezhető színezett (barna, zöld, sárga) italos, konzerves, ép vagy törött üveg zárótető nélkül
- fehér – fehér üveg: elhelyezhető színezetlen italos, befőttes és egyéb üvegpalackok
- sárga – műanyag (+ fém): elhelyezhető PET palackok és egyéb műanyag flakonok, valamint ezek kupakjai, műanyag reklámszatyrok, szennyezetlen zacskók és fóliák
- szürke – fém (+ műanyag): elhelyezhető: fém italos- és konzervdobozok, apróbb háztartási fémhulladékok (pl. evőeszköz)

A szelektív gyűjtés alapvető szabályai:

- csak a megjelölt hulladékok kerüljenek a gyűjtőkonténerekbe
- csak tisztán, kiürítve, kimosva dobják be a különféle üvegeket, dobozokat, palackokat a konténerekbe
- lehetőleg minél kisebb térfogatra csökkentve (fémdobozok, PET palackok összenyomva, papírdobozok szétszedve vagy összehajtogatva) legyenek elhelyezve

A **hulladékgyűjtő udvarok**ban általában a lakosságnál keletkező mindenféle hulladék térítésmentesen elhelyezhető. A kerítéssel körülvett területen zárható építmények vagy konténerek is találhatók. A hulladékok beérkezését és elhelyezését szakszemélyzet irányítja meghatározott nyitvatartási időben. A hulladékudvarba beszállíthatók:

- a másodnyersanyagként hasznosítható hulladékok (papír-, műanyag-, üveg-, fém-, textil-, zöldhulladék)

- nem rendszeresen képződő darabos hulladékok (elhasználódott elektromos háztartási eszközök, gépek, egyéb „lomnak” minősülő hulladék)
- a háztartásban képződött veszélyes hulladékok (fénycsőek és világítótestek, szárazelemek, használt sütőzsiradék, akkumulátor, gyógyszer-, festék-, lakk- és növényvédőszer maradékok)
- építési és bontási törmelék

A hulladékudvart könnyen megközelíthető helyen kell kialakítani, szilárd burkolattal és megfelelő világítással kell ellátni, valamint biztosítani a személygépjárművek és a kisteherautók számára a megfelelő közlekedési útvonalat (9. ábra).



9. ábra Hulladékgyűjtő udvar a különböző hulladékok tárolására alkalmas tartályokkal, konténerekkel (hulladekudvar.hu)

A legkedvezőbb, ha már a háztartásokban elkülönítve történik a hulladékok gyűjtése. Az ún. **kétkannás gyűjtőrendszer**ben a hulladékok gyűjtésére, átmeneti tárolására kétféle edényt használnak. A biohulladék gyűjtésére szolgáló edényzetet barna színnel jelölik, konyhai és kerti hulladékok (zöldség-, gyümölchulladék, tojáshéj, kávézacc, teafű, falomb, fű- és ágnyesedék, stb.) kerülhetnek bele. A biohulladékot hetente el kell szállítani.

Az ún. maradék hulladékot - a biohulladék és az újrahasznosítható hulladékok (papír, műanyag, üveg, fém) elkülönített gyűjtése után még visszamaradt részt - , ami nem veszélyes és nem hasznosítható hulladékokat (pl. hamu, cigarettacsikk, bépipelenka) tartalmaz, a szürke tárolóedényekbe gyűjtik (10. ábra). Ezt a hulladékot csak akkor szállítják el, ha a tárolóedény megtelt. Győrben és környékén már bevezettek ilyen típusú hulladékgyűjtést és -szállítást. A vegyes, maradék hulladékot tartalmazó kukákba helyezett chip-ek segítségével regisztrálják az ürítést, így csak a tényleges szállítást kell kifizetni. Ez jelentős ösztönző hatással lehet a lakosság szelektív gyűjtésére.



10. ábra A Győrben és környékén bevezetett kétkannás gyűjtőrendszer barna- és szürkefedeles kukái
(www.kisalfold.hu)

Rendkívül fontos a lakosság tájékoztatása a szelektív hulladékgyűjtés fontosságáról és lehetőségeiről, a környezettudatos gondolkodás és szemléletmód kialakítása és fejlesztése. Ma még sajnos nem általános – de fejlődőben van – a lakosság szelektív gyűjtésre való hajlandósága és fegyelmezettsége (pl. ne keverjék össze a különböző típusú hulladékokat), ami a jövőre nézve reményteli a hulladék újrahasznosítás szempontjából.

Teszt

5. fejezet - A hulladékokkezelési lehetőségei

A hulladékok kezelésén a hasznosítást és az ártalmatlanítást értjük. A hulladékok **hasznosítása** minden olyan kezelési művelet, amelynek fő célja, hogy a hulladék olyan más anyagok helyébe lépjen, amelyeket egyébként valamely konkrét funkció betöltésére használtak volna, vagy amely eredményeként a hulladékot oly módon készítik elő, hogy ezt a funkciót akár az üzemben, akár a szélesebb körű gazdaságban betölthesse (2012. évi CLXXXV. törvény megfogalmazása). A jogi megfogalmazás kissé körülményes. A korábbi hulladékgazdálkodási törvény egyszerűbben fogalmazott, mely szerint hasznosítás a hulladéknak vagy valamely összetevőjének a termelésben vagy a szolgáltatásban történő felhasználása.

A hasznosítás formái:

- **anyagában történő hasznosítás** (bármilyen hasznosítási művelet az energetikai hasznosítás kivételével)

újrahasználat: a terméket vagy alkatrészét újra használják arra a célra, amelyre eredetileg szolgált

újrafeldolgozás: a hulladékot termékké vagy anyaggá alakítják annak eredeti használati céljára, vagy más célokra. Ide tartozik a szerves anyagok feldolgozása is, de a feltöltési célból történő anyag átalakítás nem.

- **energetikai hasznosítás** (a hulladék energiatartalmát kinyerik, ide tartozik a biológiailag lebomló hulladékból történő energia előállítás, valamint az üzemanyag és tüzelőanyag előállítás is)

A Hulladékgazdálkodási törvény 3. melléklete sorolja fel a hasznosítási műveleteket:

R1 Elsődlegesen tüzelő- vagy üzemanyagként történő felhasználás vagy más módon energia előállítása

R2 Oldószerek visszanyerése, regenerálása

R3 Oldószerként nem használatos szerves anyagok visszanyerése, újrafeldolgozása (ideértve a komposztálást, más biológiai átalakítási műveleteket, továbbá a gázosítást és a pirolízist is, ha az összetevőket az utóbbiaknál vegyi anyagként használják fel)

R4 Fémek és fémvegyületek visszanyerése, újrafeldolgozása

R5 Egyéb szerves anyagok visszanyerése, újrafeldolgozása (ideértve a talaj hasznosítását eredményező talajtisztítást és a szerves építőanyagok újrafeldolgozását)

R6 Savak vagy lúgok regenerálása

R7 Szennyezés csökkentésre használt anyagok összetevőinek visszanyerése

R8 Katalizátorok összetevőinek visszanyerése

R9 Olajok újrafinomítása vagy más célra történő újrahasználat

R10 Talajban történő hasznosítás, amely mezőgazdasági vagy ökológiai szempontból előnyös

R11 Az R1–R10 műveletek valamelyikéből származó hulladék hasznosítása

R12 Átalakítás az R1–R11 műveletek valamelyikének elvégzése érdekében (a hasznosítást megelőző előkészítő műveletek, pl. válogatás, aprítás, tömörítés, pellet-készítés, szárítás, zúzás, kondicionálás vagy elkülönítés)

R13 Tárolás az R1–R12 műveletek valamelyikének elvégzése érdekében

A törvény meghatározása szerint a hulladékok **ártalmatlanítása** minden olyan kezelési művelet, amely nem hasznosítás, még akkor is, ha az másodlagos jelleggel anyag- vagy energiakinyeréshez vezet. Azok a hulladékok kerülhetnek ártalmatlanításra, amelyeket nem lehet hasznosítani. Az ártalmatlanítás célja, hogy a hulladék környezetszennyező, környezetet károsító hatása megszűnjön. Ennek érdekében a hulladékot megfelelően el kell

szigetelni a környezettől vagy az anyagi minőség megváltoztatásával kell biztosítani, hogy ne kerülhessen a környezetbe. A Htv. 2. sz. mellékletében az alábbiak szerint sorolja fel az ártalmatlanítási műveleteket:

D1 Lerakás a talaj felszínére vagy a talajba (például hulladéklerakás)

D2 Talajban történő kezelés (például folyadékok, iszapok talajban történő biológiai lebontása)

D3 Mélyinjektálás (például szivattyúzható anyagok kutakba, sódómokba vagy természetes üregekbe juttatása)

D4 Felszíni feltöltés (például folyadékok, iszapok elhelyezése árkokban, mélyedésekben, tározó- vagy ülepítőtavakban)

D5 Lerakás műszaki védelemmel (például elhelyezés fedett, szigetelt, a környezettől és egymástól is elkülönített cellákban)

D6 Bevezetés víztestbe (kivéve a tengereket és óceánokat)

D7 Bevezetés tengerbe vagy óceánba, beleértve a tengerfenéken történő elhelyezést is

D8 E mellékletben máshol nem meghatározott biológiai kezelés, amelynek eredményeként létrejövő vegyületeket, keverékeket a D1–D12 műveletek valamelyikével kezelnek

D9 E mellékletben máshol nem meghatározott fiziko-kémiai kezelés, amelynek eredményeként létrejövő vegyületeket, keverékeket a D1–D12 műveletek valamelyikével kezelnek (például elpárologtatás, szárítás, kiégetés)

D10 Hulladékégetés szárazföldön

D11 Hulladékégetés tengeren (európai uniós jogi aktusok és nemzetközi egyezmények alapján tiltott művelet)

1. Hulladéklerakás (deponálás)

Hulladéklerakókra mindenképpen szükség van, hiszen vannak olyan jellegű hulladékok, amelyeket másképpen nem lehet ártalmatlanítani, csak lerakással. A lerakók kialakításával szemben alapvető elvárás, hogy a környezettől megfelelően elszigetelve történjen a hulladék elhelyezése. **Rendezetlen hulladéklerakás** esetén egyszerűen egy természetes vagy mesterséges mélyedésbe kerül a hulladék, mindenféle védelem kialakítása nélkül. Ezekben a mélyedésekben megjelenhet a talajvíz, a hulladékok rövidebb-hosszabb időre vízbe kerülnek és így rendkívüli mértékben megnő a szennyezőanyagok kimosódásának lehetősége, a talaj és talajvíz közvetlen elszennyeződésének veszélye. A hulladéklerakók legfőbb környezetszennyezése a víz segítségével valósul meg. A víz származhat a hulladékok nedvességtartalmából, a szerves hulladék biológiai bomlása során keletkező vízből, de sokkal inkább meghatározó a csapadékvíz ill. a felszín alatti víz. A **rendezett hulladéklerakók**ban szigetelő rétegek kialakításával, csurgalékvíz elvezetéssel, a hulladék lefedésével biztosítják, hogy a szennyezőanyagok kilúgozódása révén a környezet ne szennyeződjön.

Hulladéklerakó minden olyan hulladék ártalmatlanító létesítmény, amely a hulladéknak a talajra vagy talajba történő lerakására szolgál (1999/31/EK irányelv). A hulladéklerakóknak alapvetően három típusa különböztethető meg:

- nem veszélyes-hulladék lerakó
- veszélyes-hulladék lerakó
- inert-hulladék lerakó

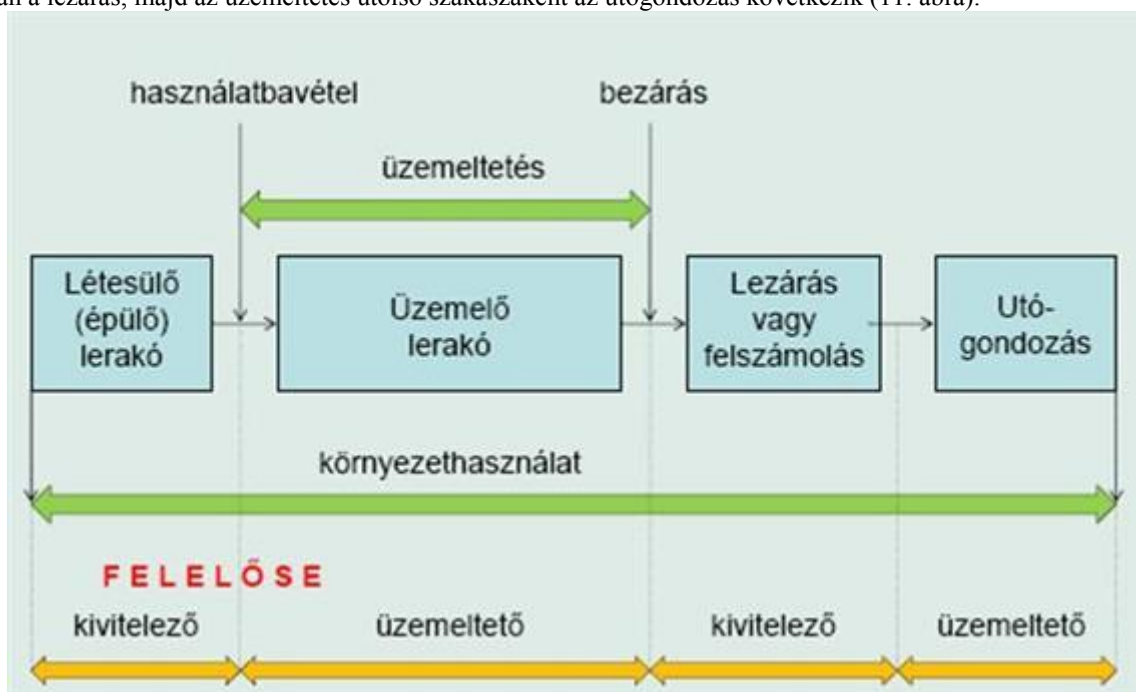
A hulladéklerakók létesítésére szigorú szabályozás vonatkozik (20/2006. KvVM rendelet). A lerakó helyének kijelölésekor számos szempontot, előírást kell figyelembe venni. Vannak olyan meghatározó tényezők, jellemzők, amelyek alapján a hulladéklerakó telepítése eleve kizárt. Például nem lehet kialakítani mezőgazdasági termelésre legalább közepes mértékben alkalmas területen, természetvédelmi vagy kulturális szempontból védett területen, árvíz és belvíz veszély fennállása esetén, stb.

A helykiválasztásnál a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- természeti adottságok, amelyek alapvetően meghatározók a hely alkalmasságának megítélése szempontjából (pl. földtani, hidrológiai, meteorológiai jellemzők)
- területgazdálkodási szempontok
- szociális, politikai szempontok
- hulladékgazdálkodási szempontok (pl. a begyűjtési terület, a hulladékgyűjtési és szállítási rendszer, a begyűjtésre kerülő hulladékok jellemzői)
- gazdasági szempontok (minél kisebb költséggel legyen megvalósítható és működtethető a hulladéklerakó)
- jogi viszonyok (pl. a tulajdonviszonyok, a vonatkozó jogszabályok, műszaki előírások, szabványok)

A kiválasztott területre vonatkozóan előzetes környezeti hatástanulmányt kell végezni, ami alapján eldönthető, környezetvédelmi szempontból megvalósítható-e a hulladéklerakó.

A szükséges helyi hatósági (telepengedély, építési engedély), valamint a környezetvédelmi hatósági engedélyek (környezetvédelmi-, hulladékkezelési-, környezethasználati- és vízjogi engedély) megszerzése után kezdődhetnek el a létesítési munkálatok, majd a lerakó üzemeltetése. A tervezett hulladékmennyiség lerakása után a lezárás, majd az üzemeltetés utolsó szakaszaként az utógondozás következik (11. ábra).



11. ábra A hulladéklerakók üzemeltetésének szakaszai (Bese, 2009)

1.1. A hulladéklerakó kialakítása

A közvetlen kialakítás tereprendezési munkákkal kezdődik. El kell távolítani a növényzetet, fákat, cserjéket ki kell vágni. A talaj felső humuszos rétegének kitermelése után azt célszerű deponálni és majd a későbbi rekultiváció során felhasználni. El kell végezni a szükséges felszíni átalakításokat vagy pl. a területen áthaladó vízfolyás új mederbe terelését.

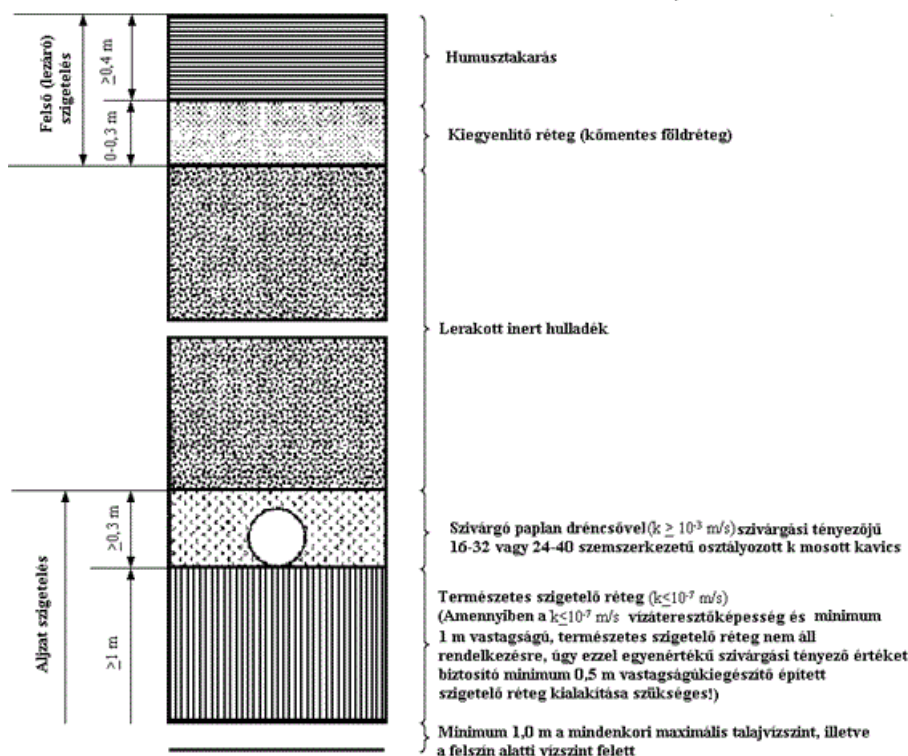
A depónia kialakításánál legfontosabb tényező a megfelelő szigetelő rétegek létrehozása. Alapvető kitétel, hogy a talajvíz maximális szintjének legalább 1 méterrel a lerakó szigetelőrendszerének fenékszintje alatt kell lennie. Lakóterülettől vagy más védendő területtől a hulladéklerakó telekhatárának megfelelő védőtávolságban kell lennie. Nem veszélyes-hulladék lerakó esetén ez min. 500 m, veszélyes-hulladék lerakónál min. 1000 m, az inert hulladékot tartalmazó lerakónál pedig min. 300 m.

A hulladéklerakók kialakításakor az aljzaton és a lerakó oldalain megfelelő szigetelő réteget kell létrehozni (1. táblázat).

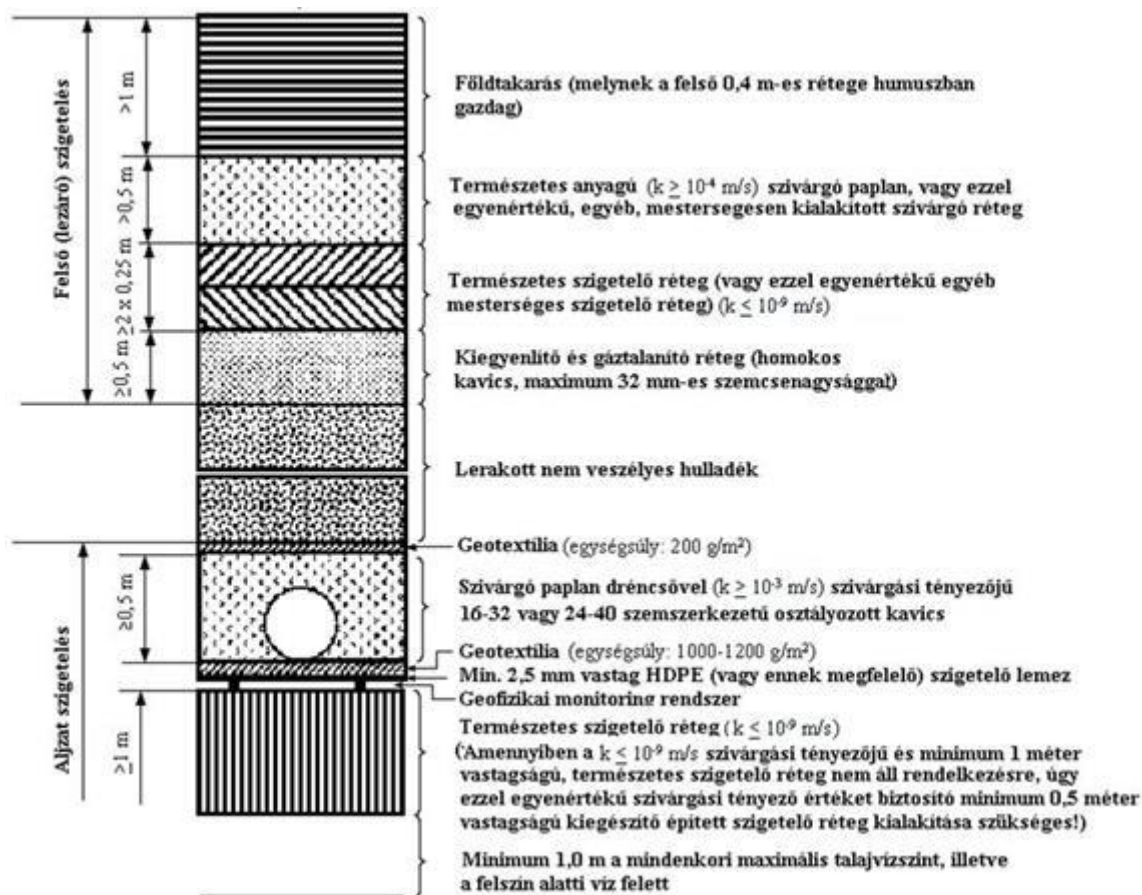
1. táblázat A hulladéklerakókban kialakítandó szigetelés rétegei (20/2006. KvVM rendelet)

szigetelési rétegrend elemei	hulladéklerakó típusa			
	inert	nem veszélyes		veszélyes
		szervetlen	vegyes összetételű	
mesterséges szigetelőréteg	nem előírt	előírt	előírt	előírt
geofizikai monitoring rendszer	nem előírt	nem előírt	előírt	előírt
szivárgóréteg	nem előírt	előírt	előírt	előírt

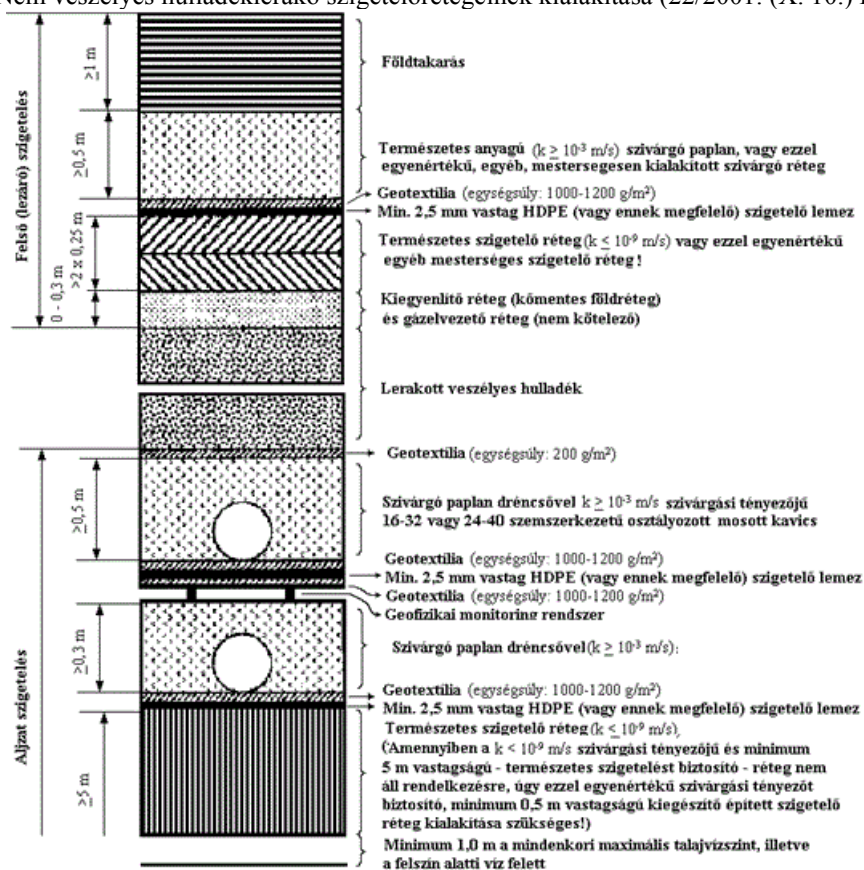
Szerencsés esetben az előírásnak megfelelő tulajdonságú **természetes szigetelő réteg**, altalaj (agyagásvány tartalma $\geq 10\%$, szervesanyag tartalma max. 5%, kationcserélő kapacitása $T > 15$ mekv/100 g) van jelen a területen. Ellenkező esetben természetes és/vagy mesterséges ásványi anyagokból a szükséges szivárgási tényezővel rendelkező minimum 0,5 m vastag réteget kell kialakítani (12. ábra). Ez az ún. **kiegészítő épített szigetelő réteg**. E fölött egy másik, ún. **szivárgóréteg** következik, amely jellemzően 0,5 m vastagságú. Ez a szivárgóréteg a csurgalékvíz összegyűjtésére és elvezetésére szolgál. Vízáteresztő képessége nagyobb 10^{-3} m/s-nál és osztályozott kavicsból áll, amelybe elhelyezésre kerülnek a dréncsövek. A szivárgóréteg aljára védő, műanyag fólia (geomembrán) beépítése szükséges (13. ábra). A kavicsréteget pedig két szűrő-védő réteg (geotextília) határolja, hogy megakadályozzák a hulladék szemcséinek bemosódását, amelyek eltömíthetik a réteget. A veszélyes-hulladék lerakók esetében előírás szerint két szivárgóréteget kell létrehozni (14. ábra), valamint geofizikai monitoring rendszer is kialakításra kerül, ami a beépített elektróda rendszer segítségével a földián keletkező esetleges hibahelyeket detektálja.



12. ábra Inert hulladéklerakó szigetelőrétegeinek kialakítása (22/2001. (X. 10.) KÖM rendelet)



13. ábra Nem veszélyes hulladéklerakó szigetelőrétegeinek kialakítása (22/2001. (X. 10.) KÖM rendelet)



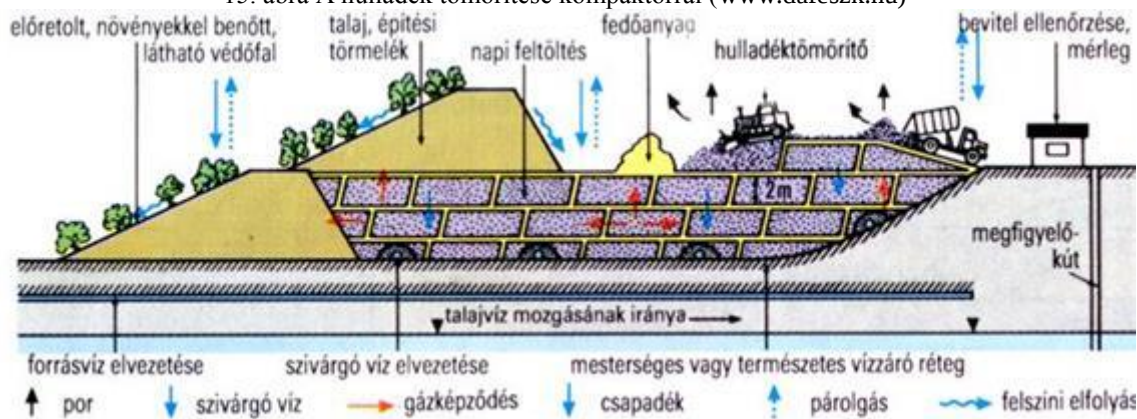
14. ábra Veszélyes hulladéklerakó szigetelőrétegeinek kialakítása (22/2001. (X. 10.) KÖM rendelet)

1.2. A hulladéklerakó működése

A hulladéklerakó lehet gödörfeltöltéses, dombépítéses kialakítású vagy akár a kettő kombinációja. Maga a lerakási technológia lehet prizmás, frontális vagy körkörös rendszerű, de minden esetben rétegesen kerül lerakásra a hulladék. A kiürített hulladékot tömörítik, a kompaktor harmadára-ötödére nyomja össze a hulladék tömeget (15. ábra). Általában 1,5-2 m vastag rétegeket alakítanak ki, amelyek között 10-25 cm-es inert fedőanyagot (homok, törmelék) helyeznek el (16. ábra). Ez a réteg abszorbeálja a keletkező biogázt, a beépített gázkutak pedig biztosítják a gázelvezetést.



15. ábra A hulladék tömörítése kompaktortal (www.dafeszk.hu)

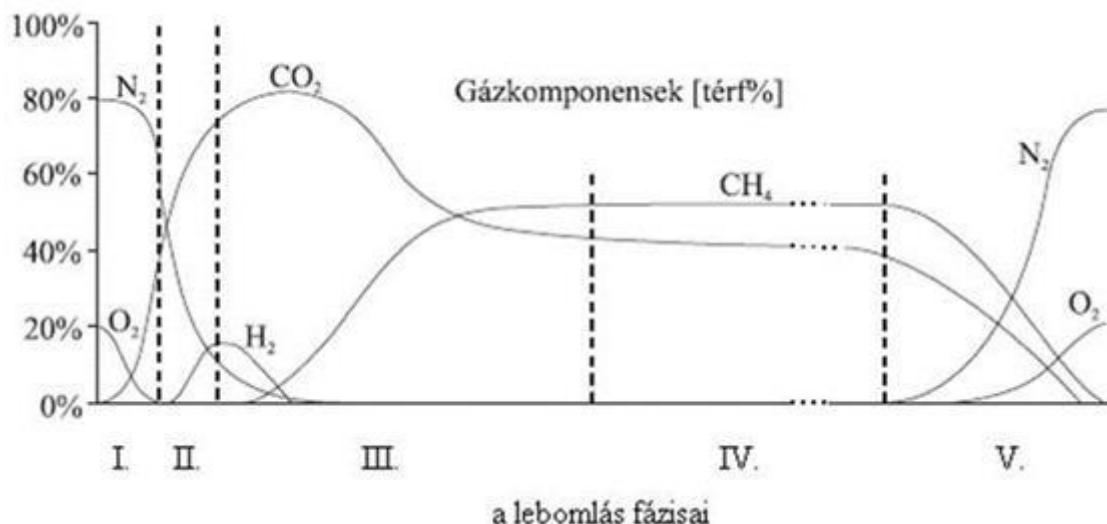


16. ábra Egy hulladéklerakó felépítése a vízforgalom feltüntetésével (kgk.pmmf.hu)

A veszélyes hulladékok lerakása is rétegesen történik, 3-4 m-es vastagságban. Tömöríteni ezeket nem szabad. A fedő- vagy takarórétegnek 0,4 m-esnek kell lennie. A veszélyes hulladékokat nem csak ömlesztve, hanem csomagolt vagy beágyazott formában is elhelyezhetik.

1.2.1. Biogáz képződés

A biológiailag bontható anyagok a hulladéktestben rövid időn belül bomlásnak indulnak. A hulladék elhelyezése után, a lebomlás kezdeti szakaszában (I. szakasz) még egy ideig rendelkezésre áll az oxigén. Ekkor abiotikus oxidatív folyamatok és aerob biológiai lebontási folyamatok zajlanak. A szakasz időtartama kb. 2 hét. A lebontás során termelődő hő miatt akár néhány nap alatt 60-70 °C-ra is felemelkedhet a hőmérséklet, de átlagosan 40-60 °C jellemző a lerakó átlagos belső hőmérsékletére. A mikrobiális tevékenység csak megfelelő nedvességtartalom mellett folyik, amelynek optimuma 60% körüli érték. A bomlás további folyamatai anaerob körülmények között zajlanak (17. ábra), 30-75°C hőmérsékleti tartományban.



17. ábra A biogáz képződés fázisai (Szabó, 1999)

Először (II. szakasz) a gázfázisban megnő szén-dioxid és a hidrogén mennyisége, megjelennek az illékony zsírsavak, nő a pH, emelkedik az ammónia koncentrációja az erjesztő és acetogén baktériumok anyagcseréje következtében. A redoxipotenciál csökkenésével a szulfát redukálódik, a keletkező szulfid pedig kicsapja a vasat, mangánt és a nehézfémeket. A következő fázisban (III. szakasz) a metanogén baktériumok elszaporodásával emelkedni kezd a metán mennyisége, a zsírsavak, szén-dioxid és hidrogén koncentrációja csökken. A szulfátredukció tovább folytatódik, a pH pedig a zsírsavak átalakulásával fokozatosan emelkedik és továbbra is képződik ammónia. A IV. szakaszban az ún. metán fázisban a metánképződés 50-60 %-on stabilizálódik, ennek a szintnek az elérése legalább két év múlva következik be. Az utolsó (V.) szakaszban a szervesanyag mennyisége erősen lecsökken, csak a nehezen bontható frakció marad meg. A metántermelődés mérséklődik, a légköri diffúzió miatt a gázösszetételben megjelenik a nitrogén és az oxigén.

A hulladéklerakóban lejátszódó bomlási folyamatokból keletkező bomlási termékek nem csak a biogázban, hanem a csurgalékvízben is megjelennek (2. táblázat).

2. táblázat A lerakókban lejátszódó folyamatok (Szabó et al., 2007)

<i>A lerakóban lejátszódó folyamatok követelményei és következményei</i>			
folyamat	anaerob bomlás	aerob bomlás	átmosódás
követelmények	levegőhiány a hulladék nedvességtartalma	rendelkezésre álló oxigén kevesebb nedvesség	a lerakót érő csapadék permeabilis fedőréteg
következmények	szilárdulás oldhatóság csökken	szivacsos szerkezet oldhatóság nő	Áteresztőképesség nő szalinitás, oldott anyag- tartalom lefelé nő (bemosódás)
	tömörödés, ásványosodás		
termékek	CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S	CO ₂ , NH ₃ , H ₂ O szerves savak	csurgalékvíz

Az anaerob körülmények között zajló szervesanyag stabilizáció hosszú időt, akár évtizedeket is igénybe vehet. A biológiai bomlási folyamatokat befolyásolja a hulladék összetétele, homogenitása, a tárolótér magassága és kialakítása, a bejutó csapadék mennyisége és a hulladék nedvességtartalma, végül természetesen a mikrobák

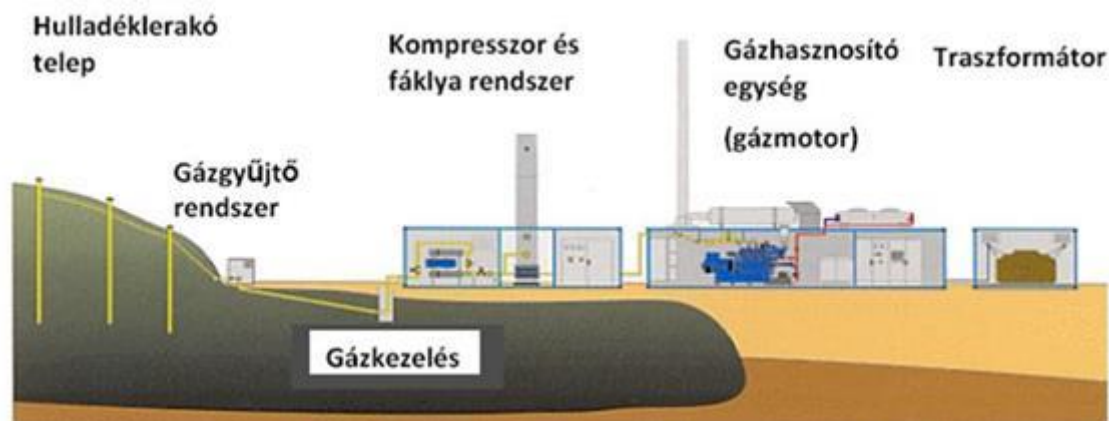
tevékenysége. A hőmérséklet csak a felszín közeli rétegekben lehet korlátozó tényező, a hulladéktömeg belsejének hőmérsékletét az exoterm folyamatok határozzák meg ill. biztosítják.

A depóniából a termelődött biogáz ellenőrizetlen kijutását meg kell akadályozni, ezért a gázmentesítést meg kell oldani és magát a gáztermelődést is ellenőrizni kell (18. ábra).



18. ábra Depóniagáz összetételének ellenőrzése (witch.pmmf.hu)

A helytelenül történő gázvezetés komoly problémát jelenthet ill. súlyos károkat okozhat: a nyomás következtében gázkitörések jöhetnek létre, a metán a levegővel elegyedve (5-15 tf%-ban) robbanáshoz vezethet, a környéken élők egészségét veszélyeztetheti. A gázmentesítő rendszer lehet passzív vagy aktív. Passzív rendszer esetén egyszerűen a nyomáskülönbség hatására, a diffúzió révén a depóniagáz a lerakóból a levegőbe távozik a függőlegesen elhelyezett perforált csöveken keresztül. A gáz nem hasznosul, tkp. csak eltávozik, kilevegőzik a keletkezési helyéről. Ez a rendszer nehezen ellenőrizhető ill. nem szabályozható, ezért alkalmazása ma már háttérbe szorult. Az aktív rendszerben vákuummal történik a gáz elszívása, amelynek segítségével nagy nyomáskülönbség állítható elő és így hatékonyabb az eltávolítás. A képződött gázok gyűjtése a vízszintesen vagy függőlegesen, hálózatosan elhelyezett gázutak és az azokat összekötő csőrendszer segítségével történik. A fővezetékbe kerülő gáz az energiatermelő berendezésbe (gázkazán, gázmotor) vezethető (19. ábra).



19. ábra Egy gáztermelő és hasznosító rendszer felépítése (www.mee.hu)

A biológiai bomlás révén keletkezett metán fáklyával történő elégetésére is lehetőség van, amit viszont ma már igyekeznek elkerülni, hiszen az értékes energia így veszendőbe megy. A hulladéklerakókban képződő biogázban valamivel kisebb arányban van jelen a metán, mint a mezőgazdasági termékekből, hulladékokból vagy a szennyvíziszapból előállított biogázban (3. táblázat).

3. táblázat A különböző eredetű biogáz jellemző összetétele (Tamás és Blaskó, 2008)

Összetevő	Mezőgazdasági biogáztelep	Szennyvíztisztítási melléktermék	Szemét depóniában keletkező biogáz
Metán	60...70 tf%	55...60 tf%	45...55 tf%
Szendioxid	30...40 tf%	35...45 tf%	30...40 tf%
Nitrogén	< 1 tf%	< 1 tf%	5...15 tf%
Hidrogénszulfid	< 600 mg/m ³	< 600 mg/m ³	< 100 mg/m ³
Ammónia	< 100 mg/m ³	< 100 mg/m ³	< 5 mg/m ³
Sziloxánok (SiO _x)	0...50 mg/m ³	0...50 mg/m ³	0...50 mg/m ³
Oxigén	0...1 tf%	0...1 tf%	< 10 tf%

A biogáz olcsó, környezetbarát energiaforrás és hasznosítása elsősorban a lokális energiaellátást segítheti (Lakatos, 2010). Általában 15-20 évig lehet számítani olyan mennyiségű metán termelődésére, amely hasznosítható.

1.3. Csurgalékvíz

A csurgalékvíz a hulladék eredeti víztartalmából, a hulladéktestben zajló biokémiai folyamatok során keletkező vízből, valamint a beszivárgó csapadékvízből származik. Mennyiségét alapvetően a depónia kialakítása, a technológia jellege (pl. tömörítés), a lerakott hulladékok típusa (pl. szennyvíziszap), a terület csapadék és párolgási viszonyai határozzák meg. Hazai viszonyaink között átlagosan 5-10 m³/ha/nap csurgalékvíz hozammal lehet számolni (Takács, 2011). A víz átszivárogva a hulladéktömegben bizonyos anyagokat kiold, illetve a bomlástermékek egyrésze is tovább szállítódik vele. A csurgalékvíz jellemzésére alkalmas paraméterek a pH, a lebegőanyag tartalom, KOI_{sc}, BOI₅, KOI_{sc}/BOI₅, az ammónium-nitrogén és a nehézfém koncentráció. A csurgalékvíz különféle szerves és szervetlen anyagokat tartalmaz, amelyek minősége és mennyisége az idővel változik. A csurgalékvizeknek három típusa különböztethető meg a hulladéklerakó kora alapján (4. táblázat).

4. táblázat Csurgalékvíz típusok a hulladéklerakó korától függően (Takács, 2011)

	<i>friss/jelenlegi</i>	<i>átmeneti</i>	<i>érett</i>
<i>kor (év)</i>	<5	5-10	>10
<i>pH</i>	6,5	6,5-7,5	>7,5
<i>KOI (mg/l)</i>	>10000	4000-10000	<4000
<i>BOI₅/KOI</i>	>0,3	0,1-0,3	<0,1
<i>szerves komponens</i>	80% illékony zsírsavak	5-30% zsírsavak + huminsavak és fulvosavak	huminsavak és fulvosavak
<i>biológiai bonthatóság</i>	jelentős	közepes	alacsony

Az idő előrehaladtával nő a pH, csökken az össz szervesanyag mennyiség ill. a biológailag könnyen bonthatók aránya, az „idős” lerakókban már csak az ellenálló humuszanyagok vannak jelen. Az összegyűjtött csurgalékvizet megfelelő pufferkapacitással rendelkező, szigetelt medencében kell tárolni, majd a benne lévő szennyezőanyagoktól függően kialakított tisztítási technológia alkalmazásával kezelni. A tisztított csurgalékvizet ezután a befogadóba lehet engedni vagy szükség esetén vissza lehet juttatni a hulladéklerakó felületére.

1.3.1. A hulladéklerakó ellenőrzése

A hulladéklerakó monitoring rendszereinek működtetése egyrészt az üzemeltetéssel kapcsolatos, másrészt a környezetszennyezés megelőzése céljából szükséges.

Az aljzat szigetelő rendszer épségének vizsgálata geoelektromos monitoring rendszerrel valósítható meg, amely a korszerű nem veszélyes-hulladék lerakókban is kiépítésre kerülnek. A veszélyes hulladék lerakókban egy ellenőrző dréncsőves szivárgó rendszert alakítanak ki a nagyobb biztonság eléréseért. A depónia alá, a telítetlen zónába is elhelyezhető talajnedvességmérők jelzik az aljzaton keresztül történő esetleges átszivárgást.

A lerakó köré telepített talajvízfigyelő kutakból származó víz rendszeres vizsgálatával valósul meg a talajvíz ill. közvetve a talaj monitoringja.

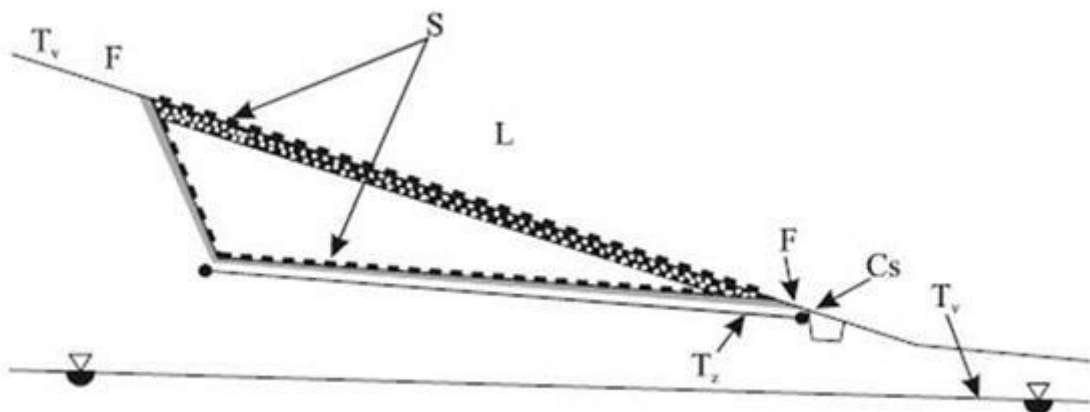
Az aljzatszigetelés csurgalékvízgyűjtő rendszerébe kerülő vízmennyiség ellenőrzése történhet a lerakótestbe elhelyezett figyelőkutakkal, nyomásmérővel (piezométerrel), vagy egyszerűen a dréncsővekből kifolyó vízmennyiség mérésével. A zárórétegben beépített dréncsővek vagy liziméterek segítségével lehet mérni a beszivárgást.

Szükséges a képződő biogáz mérése is, ami a lerakó közelében telepített megfigyelő kutakban a metán koncentráció regisztrálását jelenti, ill. egyszerű kiszellőztetés esetén a kiszellőztető kutakban mérik rendszeresen a metán, a szén-dioxid és az oxigén koncentrációját (Köztisztasági Egyesülés, 2003d).

A mozgásmegfigyelő rendszer a lerakó aljzatának és felszínének süllyedését, a lerakótestben vagy a fedőrétegben bekövetkező mozgásokat képes mérni. Az elmozdulások révén sérülhet a szigetelőrendszer, vagy megváltozhat a csurgalékvízgyűjtő rendszer esése, ami miatt nem távozik a víz a hulladéktestből (20. ábra).

A lerakón meteorológiai mérőállomás telepítése is szükséges. A monitoring rendszerek működtetése mind az üzemeltetés során, mind az utógondozás szakaszában kötelező.

1.4.



20. ábra A hulladéklerakó megfigyelő rendszerének elmei (T_v = talajvíz, T_z =telítetlen zóna, Cs =csurgalékvíz, S =süllyedések (felszín és aljzat), F =csapadék, felszíni lefolyás, L =levegő) (Csőke és Szabó, 2009)

1.5. A hulladéklerakó lezárása és rekultivációja

Ha a lerakó elérte a tervezett magasságot ill. az engedélyezett méretet, el kell kezdeni a lezárást, amely meghatározott terv szerint halad.

A lezárás funkciói a következők:

- ne kerüljön a hulladék közvetlen kapcsolatba a környezettel
- a csapadékvíz beszivárgása a hulladéktömegbe és a felületi lefolyás minimális legyen
- a defláció és az erózió hatására történő szennyezőanyag elhordás kivédése (21. ábra)
- a gázemisszió kontrolljának biztosítása
- az aljzatszigetelő rendszer sérülése esetén növeli a biztonságot





21. ábra Erózió által megrongálódott részsű a hasadékból kibukkanó hulladékkal (ocsa-varos.blogspot.hu)

A hulladéklerakó rekultivációja folyamatos. A dombépítéssel lerakóknál megfelelő lejtésű (1:2 arányú) **oldalfelület** kialakítása szükséges építési törmelékkel és termőföldből. A rézsűre bentonitszőnyeg kerül (22. ábra), ezután pedig két geotextil között elhelyezett szivárgóvíz elvezető réteg kerül kiépítésre. A felhordott termőföld rétegnek 20-40 cm vastagnak kell lennie és gyepráccsal is rögzíteni kell (23. ábra).



22. ábra Bentonit szigetelő paplan fektetése (euprojekt.karcag.hu)



23. ábra Az oldalfelület zárószigetelésének rétegei (euprojekt.karcag.hu)

Átmeneti felső záróréteg et kell kialakítani abban az esetben, ha a hulladéktestben még nem fejeződött be a biológiai bontható hulladékok stabilizálódása, hiszen emiatt a lerakó jelentős mértékben süllyedhet. Az átmeneti felső záróréteg kialakítása egy kiegyenlítő réteg felhordásával kezdődik, ami lehet stabilizált biohulladék, salak, pernye. Ezután egy szigetelőréteg következik, amelynek alapvetően az a feladata, hogy megakadályozza a túlzott csapadékvíz bejutást. Ez lehet bentonitszőnyeg, geomembrán ill. valamilyen más ásványi anyagú szigetelés. Legfelülre fedőréteg kerül, amely 30 cm-es stabilizált biohulladékból és 30 cm-es talajból/komposztból áll. Végül a növénytelepítés következik. Az átmeneti lezárásnál fontos, hogy a csapadékvíz egyrésze bejusson a depóba és biztosítsa a biológiai lebontási folyamatokhoz szükséges nedvességtartalmat. Az átmeneti lezárás a biológiai stabilizálódás befejeztéig, de maximum 10 évig állhat fenn.

A **végleges felső záróréteg** kialakításakor (13. ábra) egy legalább 0,5 m vastag *kiegyenlítő és gáztalanító réteg* kerül a lerakott hulladékokra. Ezzel kiegyenlítik egyenetlenségeket (az átmeneti lezárás alatt keletkezetteket is), biztosítják a felsőbb rétegek stabil elhelyezését és a biogáz elvezetését is. E fölé kerül a *szigetelőréteg*, amely többféle, természetes és mesterséges anyag rétegzéséből áll, kétszer 0,25 m vastag réteg és ún. hidraulikus gátként működve megakadályozza a víz bejutását. Az e fölé elhelyezett *szivargó-szűrő réteg* a fedőrétegen átszivargó víz elvezetésére szolgál. A *fedőréteg* alsó része egy vékonyabb osztályozott, tömör építési-bontási törmelékes vagy erősen kötött réteg, ami tkp. gyökérszűrő, azaz a gyökérzet nehezen tud rajta áthaladni (Szabó et al., 2007). Ezt követi az altalaj (stabilizált biohulladék vagy talaj) és végül a legfelső, humuszból gazdag réteg (talaj, komposzt). Ennek a rétegnek legalább 1 m vastagnak kell lennie, ami a hazánkban jellemző fagyhatár (~ 80 cm) alatt van és a sikeres rekultiváció megvalósításához szükséges.

Az előzőekben leírt záróréteg a nem veszélyes hulladékot tároló lerakókra érvényes. Az inert-hulladék lerakókon kevesebb (12. ábra), a veszélyes-hulladék tárolókon több védőréteg kialakítása szükséges (14. ábra).

A biológiai rekultivációs terv a tájhasználat és a tájba illesztési szempontok figyelembe vételével készül el. A cél a rekultivált terület növényzettel való betelepítése, amely nagyban hozzájárul a technikailag kialakított záróréteg stabilizációjához. A növények telepítéséhez ugyancsak többféle szempontot kell figyelembe venni. Elsősorban sekélyen gyökerező, nagy tűrőképességű fajokat célszerű telepíteni, fontos a szigetelőréteg sértetlenségének védelme, valamint hogy a zöldfelület fenntartása egyszerű és olcsó legyen. Ugyanakkor célszerű a tájba illesztés szempontjából az őshonos fajok ültetése, valamint az eredeti, természetes vegetációs struktúra kialakítására való törekvés. Első lépés mindenképpen a fűfélék vetése és ezzel megfelelően zárt gyepek kialakítása. Általában 4-5 fajt használnak erre a célra. Első telepítésre javasolt a vörös- és a réti csenkesz (*Festuca rubra* és *F. pratensis*), a francia perje (*Arrhenaterum elatius*), a magyar- és a sudár rozsnok (*Bromus*

inermis, *B. erectus*), valamint a csomós ebír (*Dactylis glomerata*). A területet néhány évig - míg meg nem erősödik és záródik a gyepterület - kezelni kell (kaszálás, öntözés, növényvédelem, tápanyag bejuttatás). A fásszárú növények közül cserjeként alkalmazható az egybibés galagonya (*Crataegus monogyna*), a cserszömörce (*Cotynus coggygria*), a közönséges kecskerágó (*Euonymus europaeus*), a jövevény fajok közül a francia tamariska (*Tamarix gallica*) és a gyalogakác (*Amorpha fruticosa*). A fafajok közül a mezei és a tatár juhar (*Acer campestre*, *A. tataricum*), a virágos kőris (*Fraxinus ornus*), a csertölgy (*Quercus cerris*), a nyír (*Betula pendula*), a behurcolt fajok közül pedig az ezüstfa (*Elaeagnus angustifolia*) és az akác (*Robinia pseudoacacia*).

A rekultivált lerakót még 30 éven át utógondozni kell, amely idő alatt a csapadék- és csurgalékvíz elvezető rendszer, a biogáz kinyerő rendszer, a monitoring rendszer és a zöldfelületek kezelése a feladat.

1.6. A hulladéklerakás helyzete Magyarországon

A deponálás az EU hulladékkezelési hierarchiájában – nem véletlenül - az utolsó helyen szerepel, hiszen számos érv szól a hulladékok ilyen módon történő „eltüntetésé” ellen. A lerakás révén hosszútávon nem oldódik meg a hulladékkezelés problémája, csak az későbbre tolható.

A hulladéklerakók elleni legfőbb érvek a következők:

- jelentős és értékes földterületeket foglalnak el
- gazdaságilag és környezetvédelmi szempontból kedvezőtlen, hogy a lerakókban eltemetett hulladékok nem hasznosulnak (pl. biohulladékok a komposzt, energia)
- a hulladéklerakókból kikerülő üvegházhatású metán gáz kibocsátása rendkívül nagy (az EU tagországok 2009-es metán kibocsátásának 31%-a hulladéklerakókból származott, ráadásul a metán a szén-dioxidnál jóval hatékonyabb gáz az üvegházhatás előidézésében (Lakatos, 2010))
- egyes lerakott hulladéktípusok lebomlási ideje rendkívül hosszú
- potenciális környezeti veszélyforrást jelentenek (a szigetelőrétegek sérülése esetén szennyezőanyagok kerülnek a környezetbe), folyamatos ellenőrzést igényelnek
- a lezárt hulladéklerakók rekultivációja, utógondozása költségigényes

Hazánkban a lerakás, mint hulladékkezelési lehetőség még mindig az első helyen áll (a KSH adatai szerint 2010-ben a települési szilárd hulladék mintegy 70%-a került lerakókba!). Ez kb. évi 5,2 millió tonna kommunális hulladékot jelent, amiből az anaerob biodegradáció révén mintegy 1400 millió m³/év depóniagáz képződik. Ez szén-dioxid egyenértékben 13 millió tonna CO₂ eqv/év-nek felel meg, ami az összes üvegházhatású gáz kibocsátásunk 20%-a. A depóniagáz hasznosítására többféle módszer létezik. A gázfáklyában történő elégetés tulajdonképpen csak ártalmatlanítást jelent (ill. biztonsági okokból ki kell építeni ezt a lehetőséget), de el lehet égetni kazánban, gázmotorban, mikroturbinában (melegvíz, gőz, villamosenergia előállítás), fel lehet használni közlekedési eszközökben, tüzelőanyag cellában és a földgáz hálózatba is be lehet vezetni (Máramarosi, 2011). A depóniagáz hasznosítás tekintetében nem állunk jól, jelentős a kihasználatlan potenciál (~ 50 MW). A szemléletváltás azonban nem csak környezetvédelmi és gazdasági szempontból szükséges, hanem az EU elvárásainak, jogi előírásainak is meg kell felelnünk. Azonban a hulladékhierarchia nem igazán érvényesül, nincsenek meg a megfelelő ösztönzők a lerakás mellőzése, kiváltása érdekében, ezért szakmapolitikai, jogi, gazdasági és műszaki szabályozások kidolgozása szükséges a probléma megoldására (Hornák, 2009).

A nem megfelelő kialakítású hulladéklerakóinkat az EU kötelezettségnek megfelelően 2009. július 15-ig be kellett zárni. A pénzügyi támogatási lehetőségek szűkülnek e téren, ezért a további lerakó kapacitások kiépítését, a meglévő lezárását, rekultivációját, utógondozását nagyobb mértékben kell saját pénzforrásokból megoldani.

A hulladéklerakó működését mutatja be az 1. sz. video.

2. Hulladékok termikus kezelése

A hulladékok termikus hasznosítása során a cél az energiatartalom kinyerése olyan körülmények között, amelyek biztosítják a környezet minél kisebb mértékű terhelését. A termikus hasznosításnak többféle módja lehetséges:

- hulladékégetés (tökéletes oxidáció)
- hőbontás (pirolízis = oxigénmentes ill. oxigénszegény környezetben történő hőbontás; gázosítás = részleges oxidáció)
- plazmatechnika alkalmazása (a szervesanyag plazma állapotban történő teljes oxidatív lebontása)

Ezek közül a leggyakrabban alkalmazott módszer az **égetés** (erről a későbbiekben részletesebben szó lesz).

A **pirolízis** viszonylag alacsony hőmérsékleten (450-550 °C) megy végbe. Előnyének tekinthető, hogy anyagában és energetikailag is hasznosítható pirolízisgáz és –olaj keletkezik (bár a pirolízisolaj felhasználás komoly emisszióval jár). Jelentős mennyiségű pirolízis kokszt is képződik és a salak nehézfém tartalma magas. Leginkább homogén termelési hulladékokat (pl. gumiabroncs, műanyag -, fa- és cellulóz hulladékok) hasznosítanak ilyen módon.

Az **elgázosítás** magasabb hőfokon zajlik (850-1700 °C), hátránya, hogy a keletkező gáz kalóriaértéke a földgáznál alacsonyabb és nagyjából csak a hasznosítóüzem működéséhez szükséges energiát biztosítja.

Az újabb fejlesztések a hőbontást és a keletkező termékek elégetését kombinálják. A keletkező nagy hőmérsékletű füstgáz energetikai célokra, a szintézisgáz és az üvegszerű salakolvadék vegyipari nyersanyagként hasznosíthatók. Az égetéshez képest a kombinált eljárások jobb környezeti paraméterekkel rendelkeznek.

Az EU által kiadott BAT Referencia Dokumentumban az előbb említett három termikus eljárási módszer szerepel, jellemzőiket az 5. táblázat mutatja.

5. táblázat A pirolízis, gázosítás és az égetés jellemzői (KvVM, 2008)

	Pirolízis	Gázosítás	Égetés
Reakció hőmérséklet (°C)	250-700	500-1 600	800-1 450
Nyomás (bar)	1	1-45	1
Égéskevego	Inert/nitrogén	Gázosító közeg O ₂ , H ₂ O	Levegő
Sztöchiometrikus arány	0	<1	>1
A termikus kezelés termékei			
Gáz halmazállapotú	H ₂ , CO, szénhidrogének, H ₂ O, N ₂	H ₂ , CO, CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O, N ₂	CO ₂ , H ₂ O, O ₂ , N ₂
Szilárd halmazállapotú	Hamu, kokszt	Salak, hamu	Hamu, salak
Folyékony halmazállapotú	Pirolízis olaj és víz		

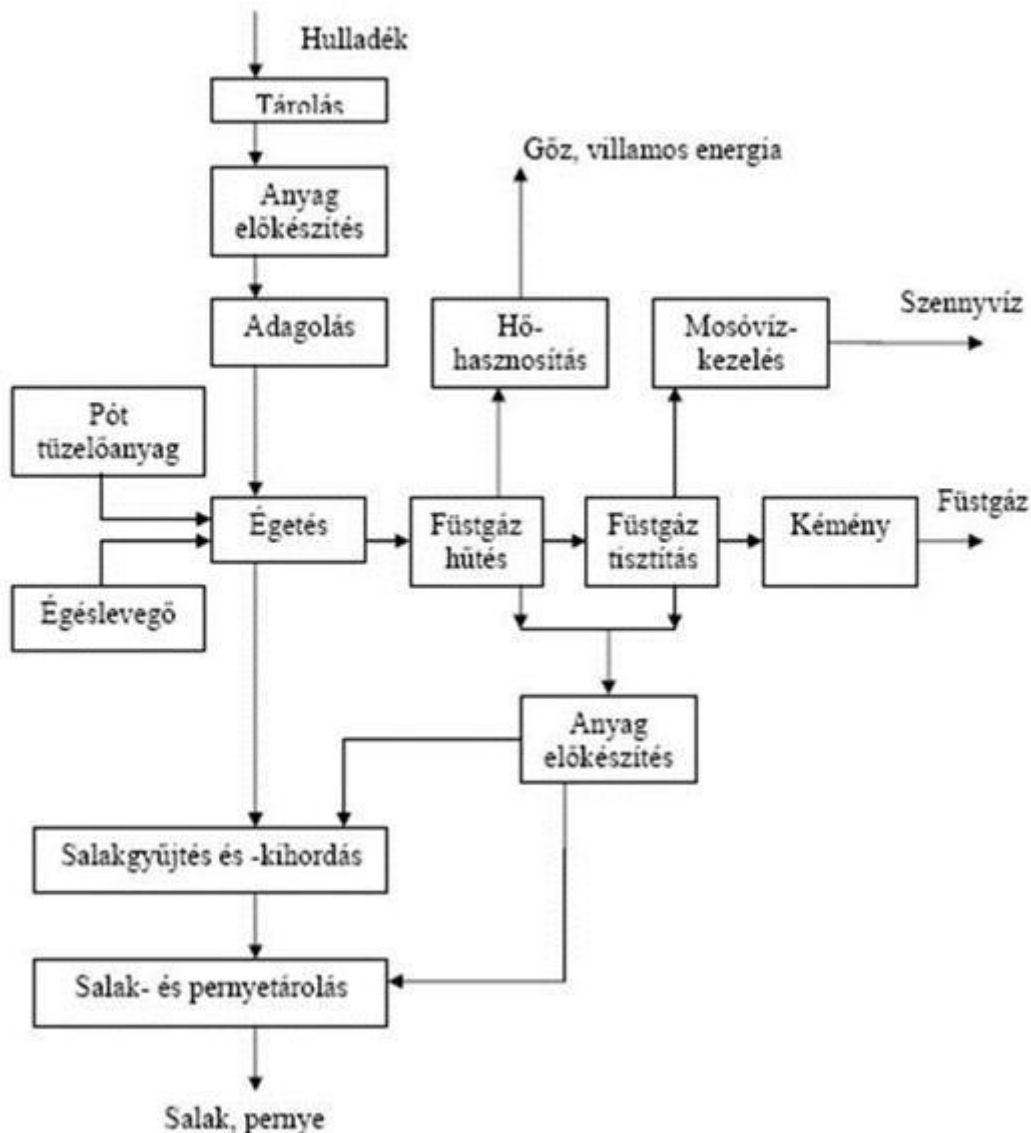
A **plazmatechnológia** még kevésbé ismert és alkalmazott eljárás, de már bizonyított, hogy a szerves ipari hulladékok ártalmatlanítására megfelelő módszer, a magas hőmérsékleten (> 5000 °C) pl. a poliklórozott bifenilek (PCB-k) is elbomlanak. Kevesebb a kibocsátott füstgáz, nagyobb mértékű a térfogatsökkenés és nagy fémtartalmú szervesetlen termelési és veszélyes hulladékok ártalmatlanítására is alkalmas. Kedvező az is, hogy az energia mellett az építőiparban jól használható anyagok (üveg, csempe, kerámia jellegű anyagok) keletkeznek a folyamat során (zoldtech.hu).

2.1. A hulladékok égetése

A hulladékok szervesanyagai az égetés során oxigén jelenlétében gázokká és vízzé alakulnak át, az éghetetlen szervesetlen anyagok pedig a salakban és pernyében halmozódnak fel. A hulladékok – különösen a TSZH (= települési szilárd hulladék) – összetétele erősen változó lehet, ami az égetést nagy mértékben megnehezítheti és szükség lehet kiegészítő tüzelésre is. A hulladékégetés során az anyagok mineralizálódnak, jelentős térfogat- és tömegcsökkenés (5-20 térfogat %, 30-40 tömeg % marad vissza) következik be, a felszabaduló hőenergia hasznosítható. A mai, korszerű égetési technológiákkal jó hatásfokú hőhasznosítást lehet elérni. Az eljárás során keletkező szennyezőanyagokról, a füstgáz tisztításáról, valamint a salak és pernye kezeléséről gondoskodni kell.

A hulladékégetőműben a hulladék a mennyiségi és minőségi átvétel után tárolótérbe kerül (TSZH égetésekor 3-5 napi mennyiséget tárolnak a folyamatos üzemeltetés biztosítása érdekében). A minőségi paraméterek közül alapvetően fontos a hulladék anyagi jellemzőinek ismerete: pl. halmazállapot, összetétel, darabosság, fűtőérték,

fém/nehézfém tartalom, mérgezőanyag tartalom. A hulladék előkészítés (alapvetően aprítás, homogenizálás) után kerül égetésre. A különböző hulladéktípusok esetében más-más égetési technológia alkalmazható, de alapvetően hasonló műveletekből áll a folyamat (24. ábra).



24. ábra A hulladékégetés általános technológiai sémája (Örvös, 2007)

A minél tökéletesebb égéshez

- elegendő oxigén (150-200 % levegőfelesleg)
- megfelelő tüztér hőmérséklet (min. 800 °C, veszélyes hulladéknál min. 1200 °C)
- a levegő és a keletkező gázok keveredése
- adott időtartam (min. 2-10 s tartózkodási idő) szükséges.

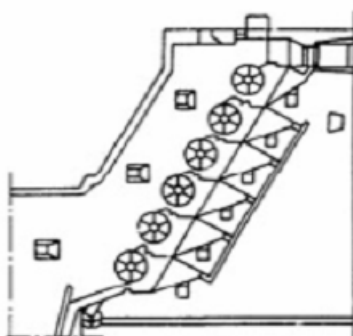
Az égetésre kerülő hulladék fűtőértékének változása miatt póttüzelés kialakítása szükséges olaj- vagy gázégő beépítésével. A tüzelőberendezés első égésterében történő égés az utóégető kamrában még folytatódik. A keletkező forró égési gázok hőenergiájának hasznosítása kazánban, gőz előállítására fordítódik, aminek hatásfoka 75-80%. A kazánból 250-300 °C-ra lehűlve távozik a füstgáz. Ennek energiatartalma már hőveszteségnek számít. A hőhasznosító egységet elhagyó füstgáz tisztítás után kerül a levegőbe.

2.1.1. Az égetés folyamata és berendezései

A hulladékégetők típusait a kemencék kialakítása alapján különböztetik el:

- rostélytüzelésű kemencék
- rostély nélküli (forgódobos) kemencék
- fluidágyas kemencék

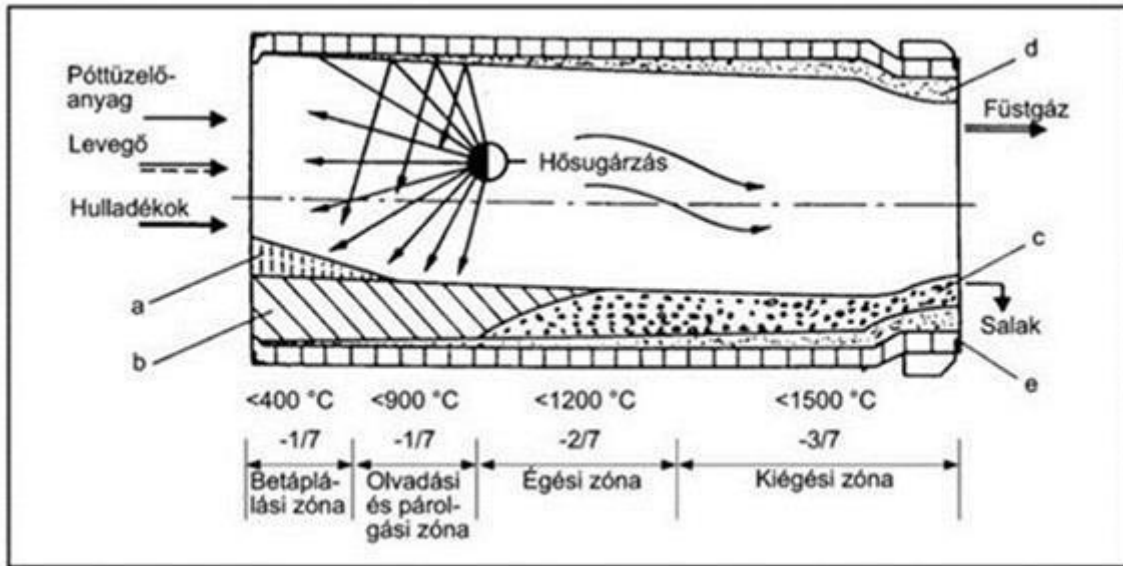
A **rostélytüzelésű** berendezések szilárd hulladékok égetésére alkalmasak (a TSZH égetők jellemzően ilyen típusú berendezések), de korlátozottan iszapszerű hulladékok kezelésére is használhatók. A rostélyos kiépítés lényege, hogy az elégetendő anyagot forgassa, lazítsa és ezáltal biztosítsa a levegővel való érintkezést, a tökéletesebb égést. A rostélyok kialakítására többféle lehetőség van, az egyik leggyakrabban alkalmazott megoldás az ún. hengerrostély (25. ábra).



25. ábra Hengerrostély (Örvös, 2007)

A hulladék 30-90 percet tartózkodik a rostélyon, kiszárad, 100-250 °C-on kigázosodik, 300°C körül meggyullad, 500 °C fölött elgázosodik, végül kb. 1200°C-on a gáz és a szilárd részecskék elégnék. A füstgáz az utóégető tűzteret 800-900 °C körüli hőmérséklettel hagyja el. A viszonylag magas levegőfelesleg (a légfelesleg tényező, $\lambda = 1,6 - 1,9$) biztosítása miatt nagy a füstgáz mennyiség és ez megnöveli a tisztítási költséget. A salak, hamu a rostély alatti vizes tárolóba kerül.

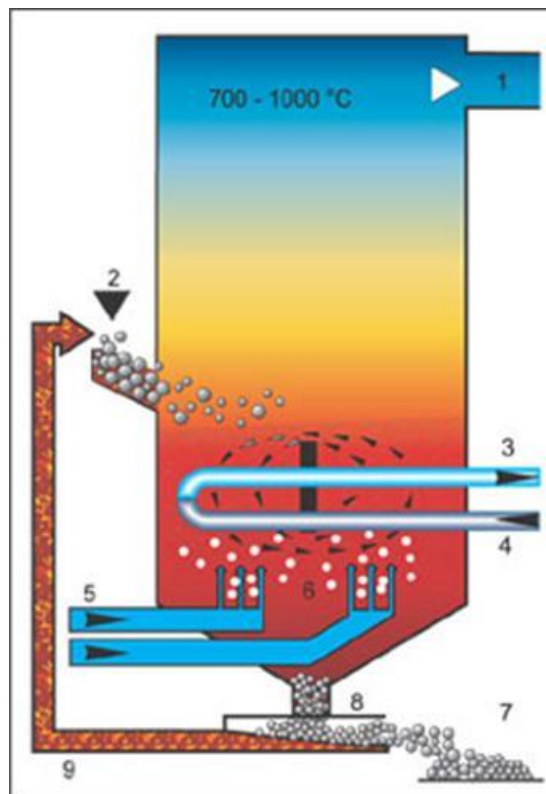
A **rostély nélküli** tüzelőberendezések hengeres kialakításúak, elsősorban folyékony, iszap és paszta halmazállapotú termelési hulladékok égetésére alkalmasak, azonban szilárd anyag égetésére is megfelelő. Ugyanakkor veszélyes hulladék ártalmatlanítására is használható. Legelterjedtebb típus a *forgódobos kemence*, amelynek hengeres kialakítású tűztere hossz tengelye mentén enyhén lejtő pozícióban forog (fordulatszám: 0,2-2 / perc; dőlésszög: 2-4 °). A hulladék 15-70 percet tartózkodik a tűztérben és részben a hengerpalásttal együtt mozog ill. arról visszacsúszik, valamint a lejtés irányába is elmozdul, ami a tökéletes égés szempontjából kedvező. A felszabaduló hő ugyanis a tűzálló falazatot felmelegíti, a dob elfordulásával pedig az elégetendő hulladék alá fordul. Így fokozódik a beadagolt anyag melege, kigázosodása, végül kiégetése (26. ábra).



26. ábra A forgódobos kemence hőmérsékleti zónái (a) vízgőz b) éghető anyag c) salak d) salakolvadék e) falazat) (Barótfi, 2000)

A kemence első részében az anyag felmelegedése, kiszáradása történik, a második szakaszban (400 °C felett) a kigázosodás, majd a harmadikban ég el az elkokszosodott szén. Az utolsó szakasz a salak kiégési zónája. A szükséges levegőfelesleg a rostélytűzelésű berendezésekhez képest nagyobb ($\lambda = 2-2,5$).

A **fluidágyas** kemencében mindenféle halmazállapotú hulladék égethető (aprított szilárd, folyékony, iszap, paszta). A kemence henger alakú, rácsozatán homokréteg helyezkedik el, amit az alulról áramló levegő mozgásban, lebegésben tart. Viszonylag kis hőmérséklet (750-850 °C) és légfelesleg ($\lambda = 1,1-1,3$) mellett intenzív és szinte tökéletes égés valósítható meg. Az elégetni kívánt anyag a fluidágyra esik, vagy a fölötte kerül beporlasztásra (27. ábra).



27. ábra Fluidágyas kemence (1. füstgáz 2. tüzelőanyag/hulladék 3. gőz/víz 4. víz 5. levegő 6. homok 7. égetési maradékanyag 8. rosta 9. homok visszavezetés) (vki.ejf.hu)

2.1.1.1. Utóégetés

Az utóégető kamrában fejeződik be az első égéstérben lezajló tökéletlen égés. Gyors reakciók zajlanak, de kevés az oxigén, ezért levegő bejuttatásával (szekunder levegő) kell növelni a mennyiségét, azaz az oxigén:gáz arányt; kevés a még éghető anyagok mennyisége; a nagy hőmérsékletű gázok nehezen keverednek a levegővel. Tehát összességében sokkal rosszabbak az égés körülményei, mint az első tüztérben.

2.1.1.2. Hőhasznosítás

Az égetőberendezésből távozó forró (850-1300 °C) füstgáz hűtésre kerül. Ha nincs hőhasznosítás, közvetlenül, hideg levegő bejuttatásával vagy víz bepermetezésével oldják meg a hűtést. Hőhasznosításra általában akkor kerül sor, ill. akkor gazdaságos, ha az égető hőteljesítménye eléri a 15-20 GJ/h értéket (Köztisztasági Egyesülés, 2003c). A gőzfejlesztő berendezésekben, kazánokban a hőenergia átadódik a víznek és forró víz vagy gőz keletkezik. A füstgáz a hőcsere következtében 250-350 °C-ra hűl le. Ebben a hőmérsékleti tartományban a savas gázok (SO_x, HCl) még nem csapódnak ki, ezért elkerülhető a korrózió veszélye.

2.1.2. A maradékanyagok kezelése

2.1.2.1. Füstgáztisztítás

A hulladékégetés legjelentősebb környezeti hatása a füstgázzal távozó szennyezőanyagok kikerülése. A füstgáz összetétel természetesen nagy mértékben függ az elégetett anyag minőségétől és a technológia sajátosságaitól. A TSHZ égetésekor keletkező füstgáz átlagos jellemzői a következők:

szilárd anyag 2-5 g/m³

SO₂ 1000-3000 g/m³

HCl 2000-8000 g/m³

HF 20-100 g/m³

NO_x 500-1500 g/m³

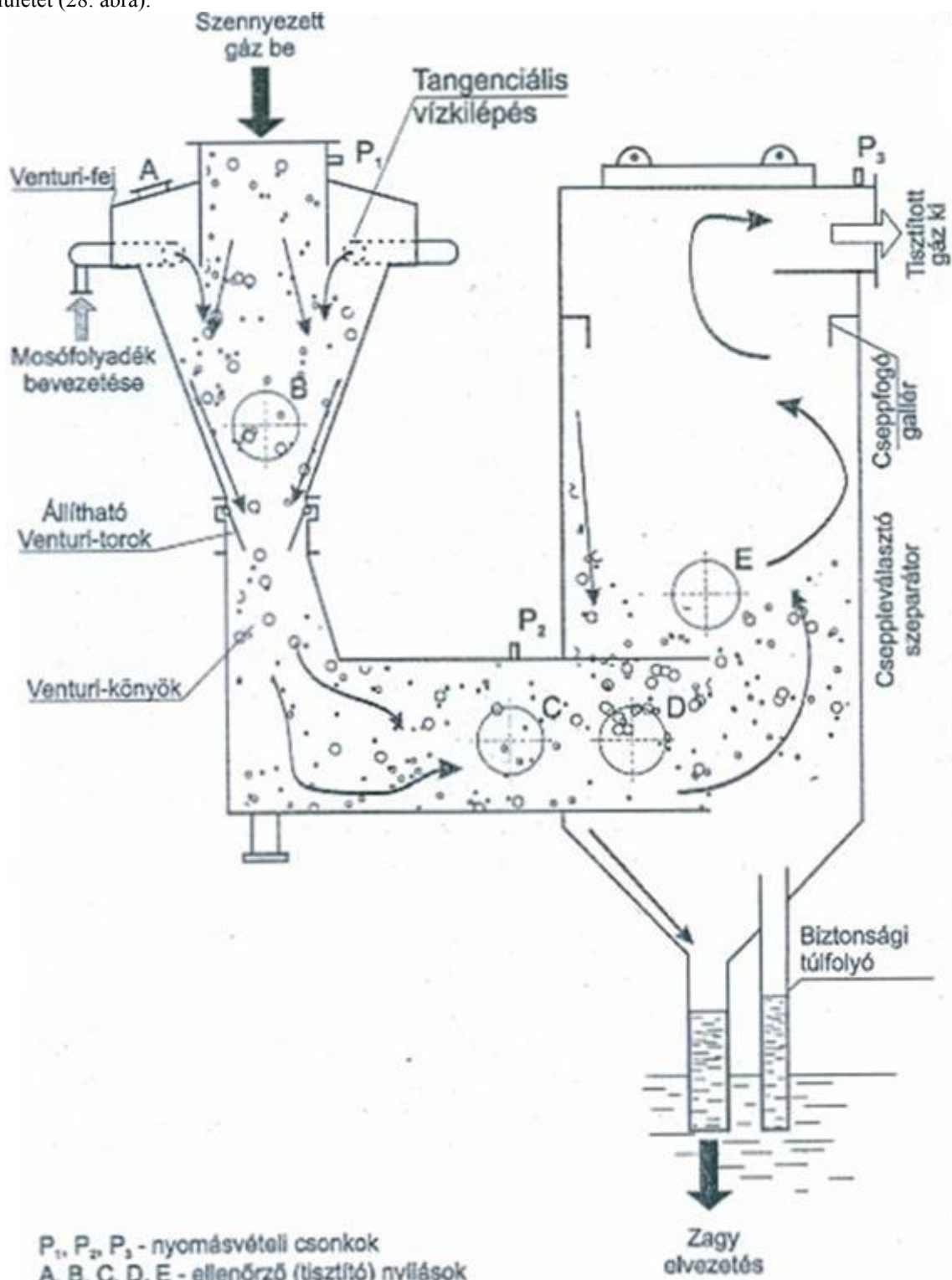
CO 500-1000 g/m³

A jellemző szennyező komponensek mellett jelen lehetnek nehézfémek (elsősorban higany, kadmium, ólom, réz, cink, arzén, szelén, nikkel, bárium, króm), valamint szerves szennyezőanyagok (policiklusos aromás vegyületek, dioxinok és furánok). A dioxin szennyezés legfőbb kibocsátója a klórozott szerves vegyületeket tartalmazó hulladékok égetése. A dioxinok leginkább 300-800 °C közötti hőmérsékleten keletkeznek, kibocsátásuk úgy csökkenthető, ha a füstgázt legalább néhány másodpercig 1000 °C fölötti hőmérsékleten tartják, mert ezen a hőmérsékleten lebomlanak. Ugyanakkor a füstgáz szilárd aeroszol részecskéihez is jelentős mértékben kötődnek, ami a hatékony porleválasztás révén távolítható el (Örvös, 2010).

A füstgáz tisztításnál meg kell oldani a szilárd szennyezőanyagok ill. az azokon adszorbeálódó gáz és gőz halmazállapotú komponensek leválasztását, valamint a folyadékban elnyelődő szennyezőanyagok eltávolítását. Emellett szükség esetén bizonyos anyagok redukcióval történő bontását is meg kell valósítani.

A füstgáztisztítás első lépése a szilárd részecskék eltávolítása, azaz a **porleválasztás**. Többféle módon történhet: porleválasztó ciklon, elektrosztatikus porleválasztó, szűrő alkalmazásával. A *porleválasztó ciklon* használata a legelterjedtebb, aminek működési elve a centrifugális erő hatásán alapul. A gázt érintőlegesen vezetik a berendezésbe és a szemcsék íves pályán mozogva a ciklon falára jutnak, ahol lefékeződnek és a gravitáció hatására a jellegzetes, fordított kúp alakú alsó részben a ciklon aljára ülepsznek. Ezzel a módszerrel hatékonyan a 10 µm-nél nagyobb méretű részecskék választathatók le. Az *elektrosztatikus porleválasztás* elve, hogy az elektromos térben a szennyező gáz molekulák ionizálódnak és a porszemcsékkel ütközve átadják nekik töltésüket. Ezután a polarizálódott szilárd részecskék a megfelelő elektródán kiválasztódnak. Előnyük, hogy a 0,1 µm-nél kisebb méretű részecskék is leválaszthatók ezzel a módszerrel, azonban a berendezés drága és nagy helyigényű. Legjobb hatásfokot a *porszűrőkkel* lehet elérni. Ezek alkalmasak a 0,1-0,01 µm méretű szemcsék akár 99%-os leválasztására is. Nagy portartalmú gázok esetében a szövetiszitákat alkalmazzák, szívó- vagy nyomó üzemmódban.

A füstgáztisztítás második szakasza a **füstgázmosás**. E folyamat során szilárd ($10\text{ }\mu\text{m}$ -nél kisebb méretű), valamint gáz- és gőz szennyezőket lehet eltávolítani. Alapfeltétel, hogy a gáz és a mosófolyadék minél intenzívebben, minél nagyobb felületen érintkezzék. A szilárd részecskék a tehetetlenségi és nehézségi erő hatására, a gázok diffúzió révén kerülnek a mosófolyadékba. Mivel a tisztított gáz folyadékcseppeket is tartalmaz, egy cseppelevasztó beépítése szükséges a mosó után. A füstgázmosás egyik technológiai megoldása a *permetező mosó*, ahol a szétporlasztott folyadékcseppeket (felülről) és a füstgázt (alulról) ellenáramban vezetik a berendezésbe. Másik megoldás a *Venturi mosó*, ahol a füstgáz és a mosófolyadék egy irányba mozog. A gáz bejutása után egy szűk csatornába (torok) kerül, ahová a mosófolyadékot is betáplálják. A szűkebb keresztmetszetben felgyorsuló gázáram cseppekre bontja a folyadékot, ami biztosítja a megfelelő érintkezési felületet (28. ábra).



28. ábra A Venturi mosó működési vázlata (Lábody, 2000)

A folyadékban elnyelődni nem képes szennyezőanyagok leválasztása **adszorpció**s módszerrel történik. Adsorbensként leggyakrabban aktív szén, aktivált alumínium-oxidot, szilikagélt vagy zeolitot használnak. Az adszorbeálódott gáz vagy gőz molekula megkötődhet csupán fizikai erők révén, de kémiai kötés is létrejöhet (kémiai adszorpció). Kialakításuk szerint lehetnek nyugvó vagy mozgó ágyas adszorberek, működhetnek folyamatosan vagy szakaszosan (Örvös, 2007).

2.1.2.2. A szilárd maradékok (pernye, salak) kezelése

A nem éghető hulladékrészek salak és pernye formájában maradnak vissza. Ezek környezetszennyező potenciáljuk miatt biztonságos lerakásra kell hogy kerüljenek. A salak a tüztérből általában vizes medencébe esik, ahol megszilárdul. A füstgázból leválasztott pernye az összes égési maradék 5-10 %-a, de egészen más tulajdonságokkal rendelkezik, mint a salak. Nagy gőz-, gáz- és nedvességmegkötő képesség jellemzi, magas lehet a kén, klorid, fluorid és nehézfém tartalma is, ezért lerakási előírása szigorúbb, csak veszélyes hulladéklerakóban lehet elhelyezni. A salak azonban nem csak lerakásra kerül, hanem hasznosítható is. A TSZH égető salakját előkészítés után útépitéshez hasznosítják, egyes alkotókat (pl. üveget, fémeket) pedig ki lehet nyerni és újrahasznosítani.

2.1.2.3. Hulladékégetők szennyvizének tisztítása

A hulladékégetőkben háromféle szennyvíz keletkezik:

- a füstgáztisztítás mosóvíze (a legszennyezettebb)
- salakozó hűtő- és mosóvíze
- egyéb technológiai vizek (pl. fűtőfelületek tisztítása, kazántápvíz előkészítése)

A szennyvíz kezelésére sokféle technológia áll rendelkezésre, jellemzően semlegesítésből, flokkulálásból, kicsapatasból áll, majd ezt követő ülepitésből, szűrésből. A szennyvízkezelés iszapmaradéka veszélyes hulladékként kezelendő.

2.1.3. A hulladékégetés előnyei, hátrányai

Az égetés előnyei:

- az égetéssel keletkező szén-dioxid egyrészt 50-60 %-ban nem fosszilis szén felszabadítását jelenti, azaz nem járul hozzá a klímaváltozáshoz; másrészt mint üvegházhatású gáz, a metánhoz képest kevésbé aktív
- közegészségügyi szempontból is előnyös, hiszen a kórokozók elpusztulnak, és számos szerves szennyezőanyag elveszti biológiai aktivitását
- az égési maradékok általában kis vízőldékonyságúak, így környezeti kockázatuk is kisebb
- az égetőben megtermelt energia hasznosítható, fosszilis tüzelőanyagot vált ki és a mai technológiák mellett biztonságosan, a környezetvédelmi előírások betartásával állítható elő

Az égetés hátrányai:

- másodlagos környezetszennyezéssel jár (légszennyező anyagok, szennyvíz, salak és pernye keletkezik, amelyek kezeléséről gondoskodni kell)
- az égetők építése és üzemeltetése viszonylag nagy költséggel valósítható meg, a bonyolult rendszer meghibásodása, a hulladék előkészítése ugyancsak többletköltséget jelent és társadalmilag sem igazán elfogadott (Bokányi és M. Üveges, 2008)

A hulladékégetést csak abban az esetben kellene alkalmazni, ha más hulladékkezelési technológiákkal összehasonlítva adott körülmények között kedvezőbb. A hulladékégetőmű létesítésekor számos szempontot kell figyelembe venni, ezek közül néhány általánosabb (Köztisztasági Egyesülés, 2003c):

- a költségek miatt elsősorban nagyvárosokban és sűrűn lakott régiókban érdemes létrehozni, a működtetés legalább 80000 – 100000 t/év kapacitás esetén gazdaságos

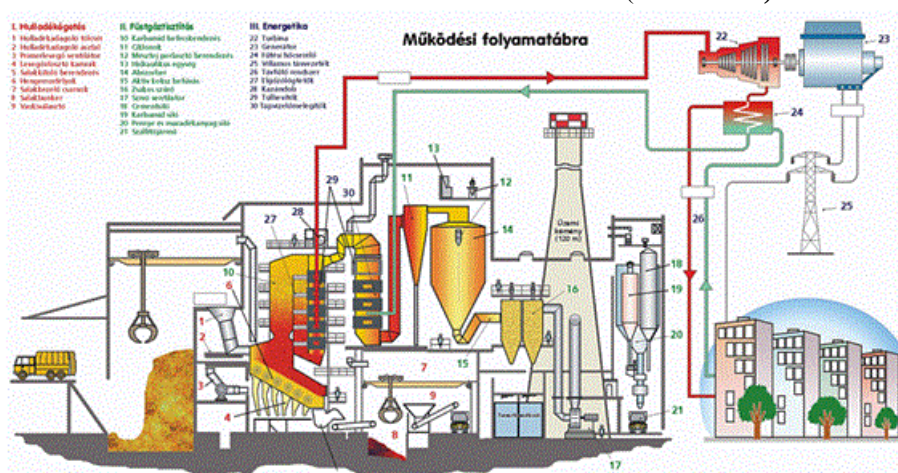
- fontos a hulladék fűtőértéke, ami jellemzően 6000-6500 kJ/kg érték felett legyen, hogy ne kelljen póttüzelést alkalmazni
- alapfeltétel a keletkező hő hasznosítása, ami leginkább a távhő termelést vagy a villamosenergia és távhő kombinált előállítását jelenti
- törekedni kell az amortizációs költségek csökkentésére
- az üzemelő égetőműnek be kell tartani a szennyezőanyag kibocsátásokat, ezért környezeti szempontból minél jobb füstgáz- és az égési maradékanyag kezelési technológia beépítése kívánatos (pl. szennyvízmentes füstgáztisztítási módszer)

2.1.4. Hulladékégetés Magyarországon

A települési szilárd hulladék kb. 10 %-a kerül égetésre (2009-es adat), ami fele az EU-ban jellemző értéknek. Hazánkban egyetlen települési szilárd hulladék égetésére létesített égetőmű létezik, ez a Fővárosi Hulladékhasznosító Mű (29. ábra), amelynek kapacitása 420 000 tonna/év.



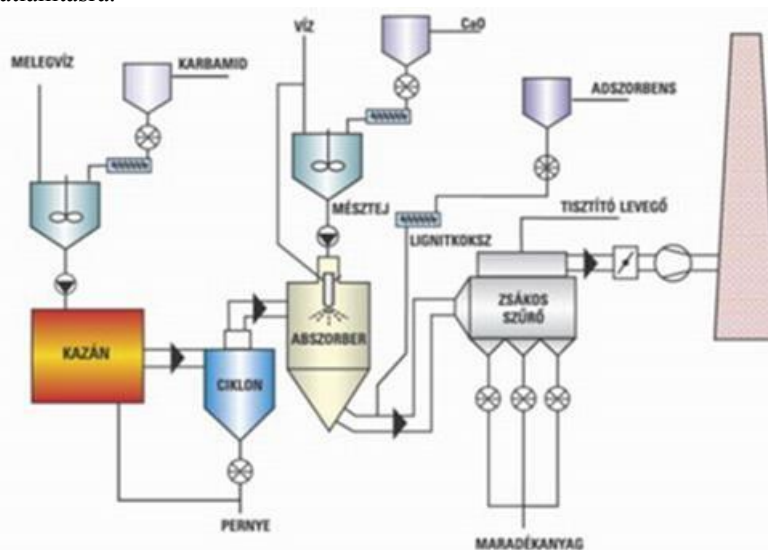
29. ábra A Fővárosi Hulladékhasznosító Mű (www.fkf.hu)



30. ábra Fővárosi Hulladékhasznosító Mű technológiája (www.fkf.hu)

A hulladékégető technológiája (30. ábra) röviden a következő. A beszállított hulladékot a hídmérlegen történő mérés után kiürítik a hulladékbunkerbe. A kemencébe történő beadagolást végző hídvaru egyben a hulladék homogenizálását is végzi. Az égéslevegőt a bunkertérből szívják el, ami egyúttal azt is megakadályozza, hogy az ürítéskor keletkező por és a bomlásból eredő gázok a környezetbe jussanak. A hulladék égése hengerek között

álló rostélyrendszeren történik, 1000-1100 °C hőmérsékleten. A bunkertérből származó, ~ 140 °C-ra felmelegített levegő, az ún. primer levegő a rostélyhengereken keresztül jut az égéstérbe, annak felső részébe pedig még további levegő befűtás történik (szekunder levegő). Ez utóbbi biztosítja az utóégetést, azaz a még éghető anyagok ill. gázok elégetését. A visszamaradó salak – kb. 23 %-a az eredeti tömegnek – vízfürdőbe hullik, ahol lehűl, granulálódik és végül a salakbunkerbe jut. A salakból mágneses módszerrel eltávolítják a vasat (ami újrafelhasználásra kerül), a maradék salakot pedig hulladéklerakón, takaróanyagként helyezik el. A berendezés kialakítása biztosítja, hogy a füstgáz hőmérséklete legalább 2 mp-ig 850 °C fölött legyen és ezzel a dioxinok és furánok mennyisége csökkenjen. A keletkező nitrogén-oxidok redukciójához karbamidot fecskendeznek a tüztér felső részébe. A füstgáz a kazánból 200-220 °C-osan kerül a füstgáztisztító rendszerbe (31. ábra), amely négy egységből áll: (1) kettős ciklon a pernyeleválasztásra, (2) mésztejes abszorber a savas gázok semlegesítésére, (3) aktív lignitkocsz-adagoló rendszer a dioxinok, furánok és a gőz halmazállapotú higany megkötésére, (4) zsákos szűrő a maradék anyagok (pernye, abszorbens, adszorbens, reakciótermékek) leválasztására. A pernye és a füstgáztisztítási maradék külön tárolásra kerül, majd konténerekben elszállításra, kezelésre és ártalmatlanításra.



31. ábra A fővárosi Hulladékhasznosító Mű füstgázkezelése (szemet361.blogter.hu)

3,5 tonna vegyes települési szilárd hulladék energiataralma kb. 1 tonna fűtőolajjal egyenértékű (Borda et al., 2009). A hulladék elégetésével megtermelt energia villamosenergia-termelés, illetve távhőszolgáltatás formájában hasznosul. Az égetőmű a főváros kommunális hulladékának 60-65%-át hasznosítja és 120000 lakos éves villamosenergia fogyasztását, valamint 200 000 lakos távhő igényét fedezi (www.fkf.hu).

Magyarországon a hulladékok égetőművekben történő felhasználása és a kinyert energia hasznosítása kismértékű. Az energetikai hasznosítás lehetőségeinek újragondolása mindenképpen célszerű lenne, hiszen Magyarország hosszútávon a TSZH 20-25 %-ának termikus hasznosítását vállalta az EU felé. Ennek érdekében legalább 4-5 regionális hulladékégető építése lenne szükséges, ez azonban a közeljövőben nem várható, bár már felvetődött egy újabb budapesti égetőmű létesítésének és egy RDF hulladék tüzelésű erőmű létrehozásának lehetősége a Dunántúl területén (RDF= refuse derived fuel, azaz hulladékból nyert fűtőanyag). Az égetőművekkel szemben mutatkozó ellenállás és a beruházások nagy költségigénye akadályozza a létesítést, de előbb-utóbb szükségessé válik az energetikai hasznosítási kapacitások bővítése (már csak az ország energiaellátási biztonságának növelése céljából is) (Groniewsky, 2011). Az égetőművek hiányában a termikus hasznosítás fokozása érdekében jobban ki kell használni az ún. együttégetési lehetőségeket (cementiparban, acéliparban, szén és biomassza tüzelésű villamos erőművekben). Szénerőműveknél 5-10 %-os, cementműveknél akár 50 %-os tüzelőanyag kiváltást lehet elérni.

Az EU-ban a hulladékégetés mértéke növekvő tendenciát mutat, mivel a lerakás alternatívájaként tekinthető. Azokban az országokban, ahol a szelektív gyűjtés rendszere jól működik, az égetés nagyobb jelentőséget kap a hulladékgazdálkodásban. A szelektív gyűjtés nagy mértékben befolyásolja a maradék hulladék tulajdonságait, amelyek az égetésre is befolyással lehetnek (6. táblázat).

6. táblázat A szelektív gyűjtés hatása a visszamaradó hulladékra (KvVM, 2008)

Hányzó frakció	A visszaradók hulladékra gyakorolt legfontosabb hatás
Üveg és fémek	- fűtőérték növekedése - salakból visszanyerhető fémek mennyiségének csökkenése
Papír, karton és műanyag	- fűtőérték csökkenése - klórtartalom csökkenése, amennyiben a PVC-t széles körben kinyerik hasznosítási célból
Szerves hulladék, pl. élelmiszer és kerti hulladék	- a magas nedvességtartalom csökkenése (főleg a kiugróan magas nedvességtartalomé) - fűtőérték növekedése
Nagydarabos hulladék	- kevesebb esetben szükséges az ilyen jellegű hulladékok eltávolítása/aprítása
Veszélyes hulladékok	- veszélyes fémtartalom csökkenése - egyéb veszélyes anyagok (pl. klór, bróm) mennyiségének csökkenése

3. Komposztálás

Már a keletkezése helyén elkülönítetten gyűjtött, biológiailag bontható szerves hulladékok egyik lehetséges kezelési-hasznosítási módja a komposztálás. E folyamat során aerob módon történik meg a szervesanyag lebontása, átalakítása és stabilizálódott szervesanyagok és ásványi anyagok keletkeznek. Ezen anyagok alkotják a komposzt humuszképző anyagait ill. a növényi tápanyagokat. A komposzt nagy nedvességtartalmú (40-50%), egynemű, földszerű anyag. A friss komposzt érlelés után válik alkalmassá talajjavítási célokra.

3.1. A komposztálás körülményei

Oxigénellátás

Az aerob biológiai folyamatok biztosításához megfelelő mennyiségű oxigén (levegő) jelenléte szükséges. A megfelelő oxigénellátás érdekében 20-30 % hézagterfogat meglelte szükséges. A komposztálandó hulladék megfelelő méretre történő aprítása és a különféle hulladékok összekeverése után laza hulladéktömeg keletkezik. A hulladéktömeg gázfázisának 5-15 tf %-os oxigén koncentrációja az optimális. A különféle komposztálási eljárásokban átforgatással vagy mesterséges levegőztetéssel lehet fenntartani az oxidatív viszonyokat. Az aprítás célja nem csak a homogenizálás és a megfelelő szerkezet elérése, hanem a felület növelése révén a mikroorganizmusok megtelepedését, hozzáférését is nagy mértékben javítani lehet.

Nedvességtartalom

A lebontást végző mikroorganizmusok működéséhez 40-60 % közötti víztartalom szükséges. A komposztálás során a nedvességtartalom változik, hiszen víz is keletkezik. A magas hőmérséklet miatt azonban jelentős a párolgás, amihez hozzájárul még a levegőztetés hatása is. A túl alacsony (40 % alatti) nedvesség tartalom gátolja a baktériumokat, míg a magas víztartalom esetén fennáll az anaerobia veszélye, aminek következtében beindulnak a rothadási folyamatok. A nedvességtartalom folyamatos ellenőrzése és szabályozása ezért alapvető követelmény a folyamat hatékonysága szempontjából. A kész komposzt nedvességtartalma a tárolási, szállítási szempontok miatt nem lehet több, mint 40-45 %.

pH

A biológiai működéshez a pH = 4-9 közötti érték tartása szükséges. A savas pH-t jellemzően a gombák, a lúgos pH-t pedig a baktériumok kedvelik. A jó homogenizálás, a különféle hulladékok keverése, a megfelelő levegőellátás biztosítja a pH optimális tartományban való tartását. A szerves sav köztitermékek a pH-t lecsökkenthetik ekkor mészes adagolása szükséges. A szerves savak párolgása és a keletkező bázikus anyagok következtében pedig emelkedhet a pH.

Hőmérséklet

Az aerob biológiai folyamatok során hő termelődik, így általában csak a nagy hőveszteséget kell elkerülni. A kórokozók elpusztítása érdekében szükséges a hőmérséklet magas szinten történő tartása (14 napon keresztül legalább 55°C fölött, vagy 7 napon keresztül 65°C fölött).

A hőmérséklet ezen kívül hatással van a mikroorganizmus közösség összetételére, az oxigén diffúziójára és oldhatóságára, a nitrifikáció sebességére, az ammónia kilevegőzésére, stb. (Kárpáti, 2007).

Tápanyagok aránya

A mikroorganizmusok tápanyag igényének optimális C:N aránya 30:1. A komposztálandó keveréket tehát úgy kell összeállítani, hogy a szén és nitrogén tartalmát tekintve ezt az arányt közelítse. Ha szükséges, adalékanyagokkal lehet ezt biztosítani (pl. nitrogén pótlás műtrágya adagolással). A különféle hulladékok C:N aránya jelentősen eltér. Néhány, a háztartásokban is képződő biohulladék átlagos C:N aránya a következő:

papír, karton 350:1

lomb 50:1

kerti hulladék 40:1

kommunális kevert biohulladék 35:1

fű 20:1

konyhai hulladék 15:1

A komposztálási folyamat végére a C:N arány 10-15:1-re csökken. A hulladék magas szén aránya a nehezen bomló alkotók túlsúlyát jelzi, a lebontás nehezen indul be, mert a nitrogén relatív hiánya limitálja a mikroorganizmusok működését. Az alacsony szén tartalom viszont a könnyen bomló szervesanyagok jelenlétére utal, ekkor a nitrogén feleslegben van, ami ammónia formájában távozik, így tkp. veszendőbe megy (Kárpáti, 2007).

3.2. A komposztálás módszerei

A komposztálás történhet helyben, ami azt jelenti, hogy az ingatlanon vagy a lakóközösség közös területén kerülnek kialakításra a feltételek (házi komposztálás). A helyi komposztálásnak számos előnye van, hiszen a keletkezés helyén történik a hasznosítás, nincs szállítási költség, a környezetszennyezés kockázata kicsi, kis költségigényű és megbízható minőségű komposzt állítható elő, amit maguk a lakók használnak fel a telkükön. A központi komposztálási módszerek a település szintjén vagy regionálisan gyűjtött hulladékok komposztálására létrehozott telepeken történik. Az üzemi komposztálási módszernek alapvetően három típusa van:

- nyílt rendszerű
- félig zárt rendszerű
- zárt rendszerű

A nyílt rendszerű komposztálás teljes mértékben a szabadban, prizmákban vagy halmokban megy végbe. Legegyszerűbb módszer az ún. *passzív komposztálás*, amikor a rendszerint növényi eredetű hulladékot halomba/prizmákba rakják és ezután minden további beavatkozás nélkül történik a komposztálás. Ennek megfelelően a komposztálás ideje hosszú, fél évtől akár három évig is eltarthat. Előnye, hogy egyszerű és alacsony költségigényű, viszont a bomlás rendkívül hosszú idejű lehet, fennáll a talaj szennyezésének veszélye, nagy helyigényű és a képződő komposzt minősége is rossz (Czupy és Vágvolgyi, 2011). Leginkább a *forгатásos, prizmákban* történő komposztálás használata a jellemző. Háromszög vagy trapéz keresztmetszetű prizma-kba hordják fel a hulladékot és rendszeresen átforgatják azt. 5-6 hónap alatt történik meg a komposzt képződése. A módszer hátránya a nagy terület- és munkaerőigény, valamint a folyamat kézbentartásának nehézsége. Ezek ellenére a viszonylag kis költségigényű, egyszerű és jól gépesíthető eljárást széles körben alkalmazzák. A levegőztetett prizmakomposztálás során a levegőbevitelt perforált csövek beépítésével mesterséges levegő bejuttatásával biztosítják. Kissé költségesebb megoldás, mint az előző, de jó minőségű komposzt előállítását biztosítja.

A részben zárt rendszerű technológiákban az előérlelés zárt reaktorokban megy végbe (ez néhány napot vesz igénybe), majd az utóérlelés nyílt téren történik kényszerlevegőztetéssel. Nagy energia igényű eljárás, a levegőt bioszűrőn keresztül vezetve kell megtisztítani.

A zárt rendszerű technológiákban a teljes érlelési folyamat zárt reaktorokban történik. A folyamat szabályozása automatikusan történik, így az oxigénbevitel és a hőmérséklet teljes mértékben kézben tartható (téli időszakban is megfelelő hőmérséklet érhető el). Nincs szagmisszió és a csapadékvíz kilúgzó hatása sem érvényesül. A folyamat gyorsabb és állandó minőségű komposzt állítható elő (www.atevszolg.hu). Kifejezetten magas beruházási és üzemeltetési költségigényű módszerek, emiatt csak ritkán alkalmazzák azokat. Zárt rendszerű technológiának tekinthető egy viszonylag új megoldási lehetőség, a szemipermeábilis membránnal takart prizma komposztálás (32. ábra), amelynek lényege hogy a mikroporózus anyag a vizet nem, de a vízgőzt és a levegőt átengedi. A belső felületen a kondenzvízből egy filmréteg keletkezik, ami megakadályozza a szaganyagok kijutását. A kis pórusméret ($0,2\ \mu\text{m}$) miatt a mikrobák átjutása is akadályozott. Viszonylag alacsony energiaigényű és üzemeltetési költségű, mobil eljárás. A komposztálási technológiák között ez egy teljes mértékben EU konform, BAT jellegű eljárásnak számít.



32. ábra Szemipermeábilis membrántakaróval takart prizmakomposztálás (Gore-Cover technológia) (www.profikomp.hu/index2.php?tid=2)

3.3. A komposztálás műveletei (a forgatásos prizmakomposztálás példáján)

Előkészítés

A beszállításkor célszerű a különböző hulladékok elkülönítetten történő tárolása, hiszen tápanyag tartalmuk (a C/N arány) jelentős mértékben eltérő lehet. A hulladékokból az idegen anyagokat kézi vagy gépi úton (rostálással, mágneses fémkiválasztással) el kell távolítani. Az előkészítés során fontos feladat a komposztálásra szánt biohulladék darabolása, megfelelő méretre történő aprítása (33. ábra). Az un. durva aprítás azt jelenti, hogy pl. fahulladékból nagyobb, 30-60 cm-es darabokat vágnak, amelyek kb. 30%-os arányban kerülnek bekeverésre a prizmába. Ezek a durva darabok határozzák meg a komposztálandó anyag szerkezetét és a kiindulási állapotban biztosítják a megfelelő oxigénellátást. A túlzottan kis darabokra történő aprítás a hulladék tömörödését és ezáltal az oxigénellátás romlását okozza. Az eltérő tulajdonságokkal rendelkező bio- és zöldhulladék optimális keverési aránya 1:3. A komposztálás során a biohulladék hajlamos az elnedvedésre és anaerob bomlása, míg a zöldhulladék a kiszáradásra.



33. ábra Aprítógép (www.koztegy.hu)

Érlelés

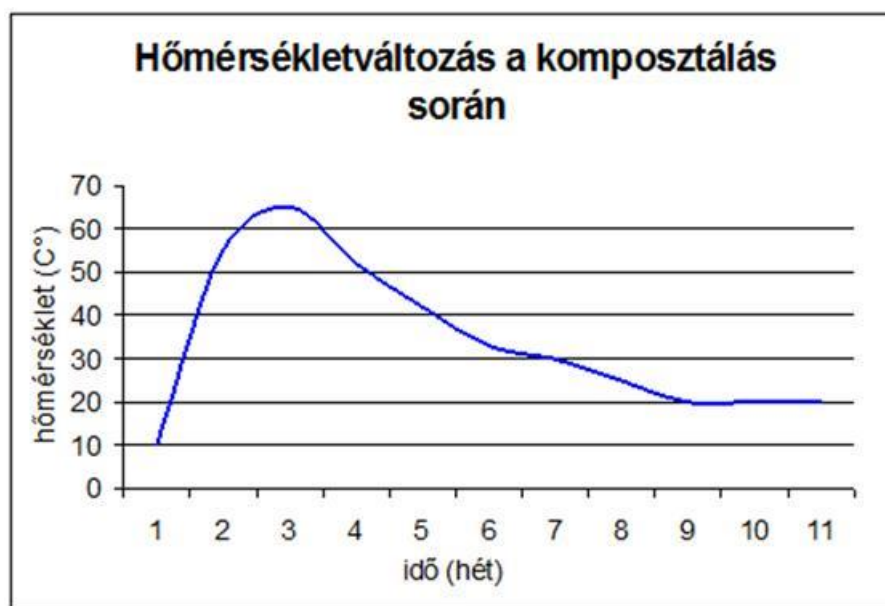
Az érlelés a prizmában megy végbe és a folyamat közben a levegőbevitel biztosítása az időnkénti átforgatással történik (34. ábra), amely egyben lazítja és tovább homogenizálja az anyagot. Három hónap elteltével a komposztot utóaprítják és átrakják. Ezután még legalább egy hónapig történik az utóérlelés.



34. ábra A félkész komposzt forgatása (koztegy.hu)

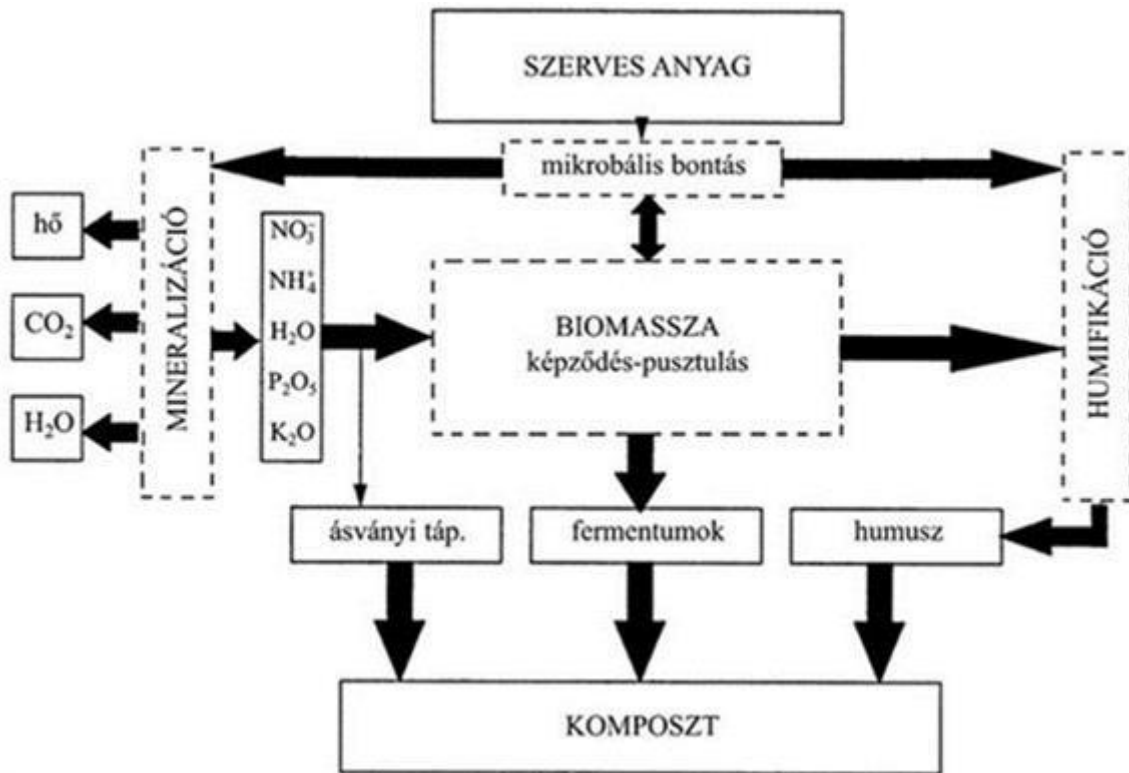
A szervesanyagok lebontását, átalakítását elsősorban az aerob és fakultatív anaerob baktériumok végzik, de a sugárgombák, gombák, állati egysejtűek is jelentős szerepet játszanak. Később a megjelenő makrofauna is javítja a komposzt szerkezetét. A mikroorganizmusok a szilárd részek felületén kialakuló vízrétegben telepednek meg és elsősorban extracelluláris enzimeik révén végzik a szervesanyag lebontást. A komposzt képződés folyamatát a hőmérséklet változás alapján négy szakaszra lehet bontani (35. ábra) (Nagy, 2005):

- **bevezető szakasz** : a mikroorganizmusok gyors, exponenciális szaporodása jellemzi és az intenzív anyagcsere révén gyors hőmérséklet emelkedés következik be. Ez a szakasz általában néhány óra alatt lezajlik, sok esetben nem is tekintik önálló szakasznak.
- **lebomlási (termofil) szakasz** : ekkorra a hőmérséklet már eléri a 25-30 °C-ot, ami a mezofil baktériumok számára kedvező tartomány. Anyagcserejük révén a hőmérséklet tovább emelkedik, és max. 24 óra alatt eléri az 50 °C-t, ami felett ezek a baktériumok már jórészt elpusztulnak. Azonban megjelennek a termofil mikroorganizmusok, amelyek számára az 50-55 °C közötti tartomány az optimális.
- **átalakulási (mezofil) szakasz** : a hőmérséklet ebbe a szakaszban jelentősen csökken és ekkor kezdődik el a lignin bontása, amelyből a humuszanyagok prekursor vegyületei keletkeznek. A szakasz akár több hétig (3-6) is tart.
- **felépülési (poikiloterm) szakasz** : a hőmérséklet tovább csökken, amelyen a pszikrofil baktériumok (15-20 °C-os hőmérsékleti optimum) és a penészgombák anyagcsere folyamatai következtében humuszanyagok képződnek. Ebben a fázisban megnő a sugárgombák száma, ezért használhatók a komposzt érettségének megállapítására.



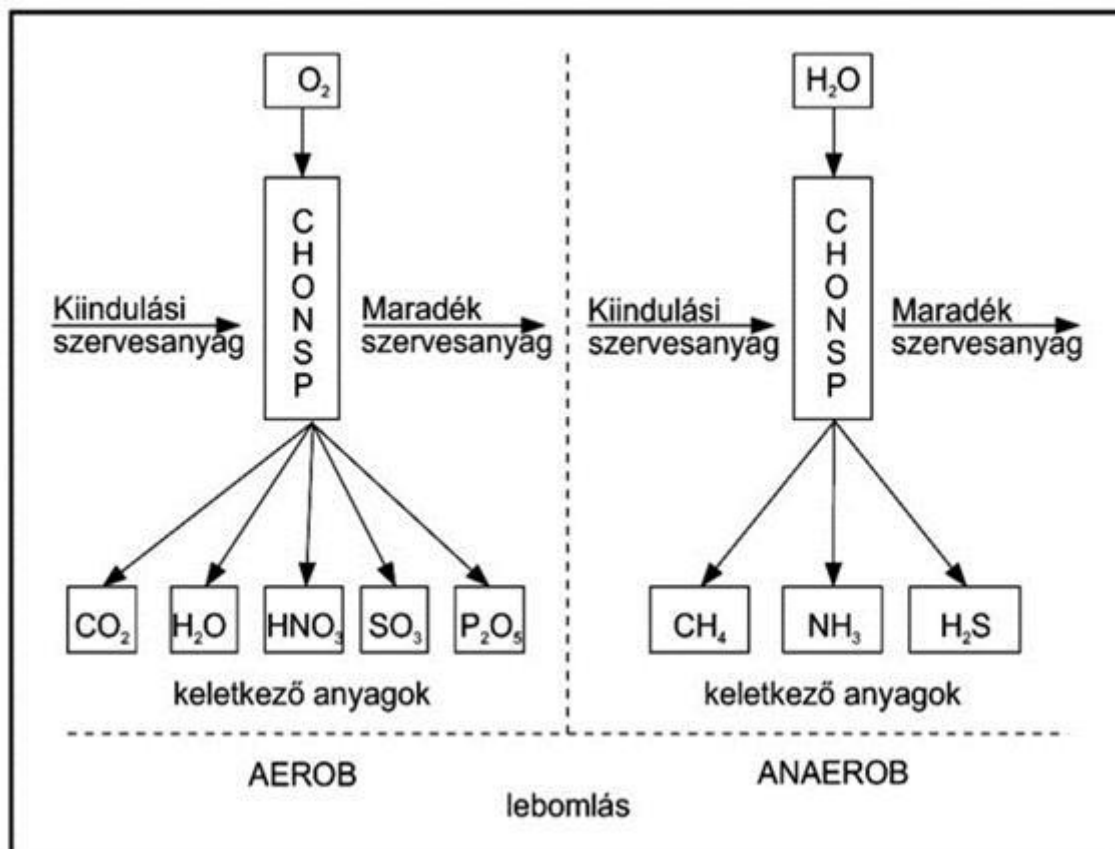
35. ábra A hőmérséklet változása a komposztálás során (Czupy és Vágvolgyi, 2011))

A szervesanyagok a komposztálás során stabilizálódnak. Egyrészt mineralizálódnak, azaz szén-dioxidra, vízre és szervetlen tápanyag (nitrogén, foszfor, kén) formákra bomlanak; másrészt a nem mineralizálódott anyagokból humuszanyagok keletkeznek (humifikáció) (36. ábra). A komposztálás folyamatában csökken a C:N arány (a komposzt átlagos 20:1 aránya megközelíti a talajok átlagos értékét); a szénhidrátok, fehérjék és a humusz előanyagok mennyisége csökken, a huminsavak mennyisége nő.



36. ábra A szervesanyagok átalakulása a komposztálás során (Czupy és Vágvölgyi, 2011)

A komposztálás során zajló folyamatok a korhadáshoz hasonlóan, míg az anaerob bomlási folyamatok (ahol kedvezőtlen a káros gázok - metán, ammónia, kénhidrogén - keletkezése) a rothadásnak megfelelően zajlanak (37. ábra). Mindkét típusú bomlás végbemegy, de a megfelelően irányított komposztálás során az anaerob folyamatok háttérbe szorulnak és az aerob lebomlás az uralkodó (Kocsis, 2005).



37. ábra Aerob és anerob lebomlás (Barótfi, 2000)

A komposzt kikészítése

Az utolsó fázisban történik a komposzt rostálása, amely során az idegenanyagokat és a le nem bomlott szerves hulladékot elválasztják (38. ábra). A komposzt felhasználási területe határozza meg, hogy milyen méretű lyukbőségű rostákat alkalmaznak. Kertészeti célokra 10 mm-es, szántóföldi elhelyezésre 20 mm-es rostákat alkalmaznak. Mulcsozási célra a 40 mm-nél nagyobb méretű darabok a megfelelőek. A komposztot ömlesztve vagy zsákolva értékesítik. A zsákolásnál legfőbb szempont a komposzt nedvességtartalma, legkedvezőbb ha 35% alatt van (Ángyán et al., 2003).



38. ábra A kész komposzt rostálása (koztegy.hu)

3.3.1. Komposztáláshoz alkalmazott adalék- és segédanyagok

Az adalékanyagok használatának célja, hogy elősegítsék a komposztálás folyamatát, javítsák magának a komposztnak a minőségét. A nyersanyagokhoz kevert adalékanyagok a következők lehetnek (Alexa és Dér, 2001):

- agyagörlemények: csökkentik a tápanyagvesztést és duzzadásuk révén a nedvességtartalmat, az agyag-humusz komplexek alkotórészei
- közetlisztek: növelik az ásványi anyag tartalmat, a környezeti körülmények javításával (pH, oxigénellátás, nedvességtartalom) segítik a mikrobiális folyamatokat, az ammónia megkötésével csökkentik a nitrogénvesztést
- mész: kalciumban szegény nyersanyagok esetén célszerű alkalmazni
- szaru-, csont- és vérliszt: tápanyag (nitrogén, foszfor) pótlásra alkalmas, de ritkán alkalmazott anyagok
- starter kulturák: életképes baktériumokat és gombákat tartalmazó készítmények, amelyek használatának célja a komposztképződés elősegítése, gyorsítása. A starter kulturák használata elsősorban az un. irányított komposztálásnál célszerű, amikor egy adott típusú anyag (szennyezőanyag) lebontása a feladat. Legtöbb esetben a már kész komposztnak, mint oltóanyagnak a bekeverésével biztosítani lehet a megfelelő mikroflóra jelenlétét.

3.3.2. A komposztok felhasználása

A komposztálás során keletkező komposztok típusai:

- **friss komposzt** : nem fertőzőképes, de a lebomlás még nem ment végbe, 4-6 hét érlelési idő után keletkezik (II-III. érettségi fok)

- **kész (érett) komposzt** : a lebomlás befejeződött, 5-7 hónap alatt képződik (IV-V. érettségi fok)
- **speciális komposzt** : különböző érettségű komposzt adalékanyaggal (pl. mészt, csontliszt, agyag, homok, kőzetliszt)

A komposztok érettségi fokát az elért legmagasabb hőmérsékleti érték alapján határozzák meg (Alexa és Dér, 2001):

érettségi fok hőmérsékleti maximum (°C)

I. 60-70

II. 50-60

III. 40-50

IV. 30-40

V. 20-30

Az eltérő érettségű komposztok különböző felhasználási célokra alkalmasak. Mulcsozásra a II.-III. érettségű komposzt használható. A IV-V. érettségű tápanyagutánpótlásra, míg palántanevelésre és egyéb igényes kultúrákhoz az V. érettségű fokú komposzt alkalmazása a megfelelő.

Alapvetően fontos, hogy a komposzt ne tartalmazzon (ill. csak a megengedett határértéken belül tartalmazhat) szennyezőanyagokat (nehézfémeket, szerves szennyezőket) és higiéniai szempontból is megfelelő legyen. A komposzt rendkívül jó hatással van a talajra. Használata nem csak a talaj tápanyag tartalmát növeli, de javul a talaj szerkezete, hő-, víz- és levegőgazdálkodása. A tápanyag feltáródás lassú, ugyanakkor az adszorpció kapacitás nő, így a tápanyagok kimosódásának veszélye nagy mértékben csökken. Jelentősen megnő a biológiai aktivitás. A nehezen felvehető anyagok a mikrobiális anyagcseretermékek és a képződő savak hatására a növények számára elérhetővé válnak. A komposzt tartalmazhat hormonhatású anyagokat is, amelyek serkentően hatnak a növények növekedésére.

A komposztot a szántóföldi növénytermesztésben (gabona- és zöldségtermesztés), kertészetekben (zöldség-, gyümölcs- és dísznövénytermesztésben) és kiskertekben egyaránt alkalmazzák. Megfelelnek tájépítési, zöldfelület kialakítási és rekultivációs célok (meddőhányók, hulladéklerakók esetén) megvalósításához is, erdő- és gyepgazdálkodásban történő használatuk is lehetséges. Homoktalajok vagy erősen kötött talajok javítására, az erózió csökkentésére is jól alkalmazhatók (Köztisztasági Egyesülés, 2003e).

4. A mechanikai-biológiai hulladékkezelés (MBH)

A hulladékok általában válogatás és kezelés nélkül kerülnek lerakásra. A hulladéklerakók kapacitása véges, létesítésük, működtetésük költséges és ez a módszer környezeti és gazdasági szempontból is rendkívül kedvezőtlen. Ugyanakkor a hulladéklerakóba kerülő anyagok jelentős része anyagában vagy energetikailag hasznosítható lenne.

A mechanikai-biológiai hulladékkezelés a maradék és a kevert kommunális hulladék, valamint a komposztálásra vagy anaerob kezelésre alkalmatlan hulladék kezelését jelenti. (A maradék hulladék a szelektív gyűjtés után megmaradt hulladékot jelenti, amely még a biohulladék teljes mértékű szelektív gyűjtése esetén is tartalmaz biológiailag bontható frakciót.) A mechanikai-biológiai kezelés tkp. a hulladék lerakását megelőző kezelést, illetve az energetikai hasznosításra történő előkészítést (Nagy, 2005). A MBH során a hulladék stabilizálódik, térfogata és környezeti veszélyessége csökken.

A MBH alapvetően háromféle célból történhet:

- A legegyszerűbb esetben a teljes hulladékmennyiség mechanikai-biológiai kezelésen esik át, aminek célja az anyag tömeg és az emissziók csökkentése a lerakást megelőzően.
- A MBH során egyes frakciókat a hulladékból elkülönítenek és ezek további felhasználásra kerülnek, ill. a megmaradó hulladékot lerakóban helyezik el.
- Az MBH során az energetikai hasznosításra történő előkészítés a fő cél.

Európában először a hulladékok un. mechanikai-fizikai stabilizálási módszere alakult ki, aminek célja nagy fűtőértékű másod tüzelőanyag (RDF=Refuse Derived Fuel) előállítása volt és csak az 1990-es években egészült ki a biológiai eljárásokkal.

A MBH alapvetően nyolc eljárásból áll (7. táblázat), amelyek a kezelés céljában és a keletkező termékek felhasználásának módjában különböznek egymástól.

7. táblázat A MBH eljárásai a cél és a technológiai lépések megjelölésével (Nagy, 2005)

eljárás	cél	technológiai lépések
a hulladék lerakás előtti stabilizálása	a TSZH biológiai bonthatóságának csökkenése; újrahasznosítható frakciók kinyerése	mechanikai kezelés + aerob biológiai kezelés
komposztszerű anyag kinyerése a TSZH-ból	olyan szervesanyag tartalmú frakció kinyerése, ami később komposztként használható	mechanikai kezelés + aerob biológiai kezelés
gyengébb minőségű talajjavító anyag kinyerése a TSZH-ból	mint az előző, de a kinyert szervesanyag tartalmú frakció alacsonyabb követelményi szintnek felel meg	mechanikai kezelés + aerob biológiai kezelés
RDF eljárás	hulladékból származó szilárd tüzelőanyag előállítás	mechanikai kezelés + biológiai kezelés
tüzelőanyag előállítás „biológiai szárítással”	az előzőhöz hasonló, de a tüzelőanyag alacsonyabb követelményi szintnek felel meg	mechanikai kezelés + biológiai kezelés
MBH termikus hasznosítással egybekötve	az MBH révén a <u>maradék</u> hulladék csökkentése, majd ezen teljes mennyiség energetikai hasznosítása	mechanikai kezelés + biológiai kezelés + égetés v. gázosítás
biogáz termelés	anaerob biológiai kezelés során biogáz kinyerés; az erjesztési maradék lerakóba helyezése	mechanikai kezelés + anaerob biológiai kezelés
biogáz és talajjavító anyag kinyerése	első lépésben biogáz termelés, majd aerob kezeléssel talajjavító anyag kinyerése	mechanikai kezelés + anaerob biológiai kezelés + aerob biológiai kezelés

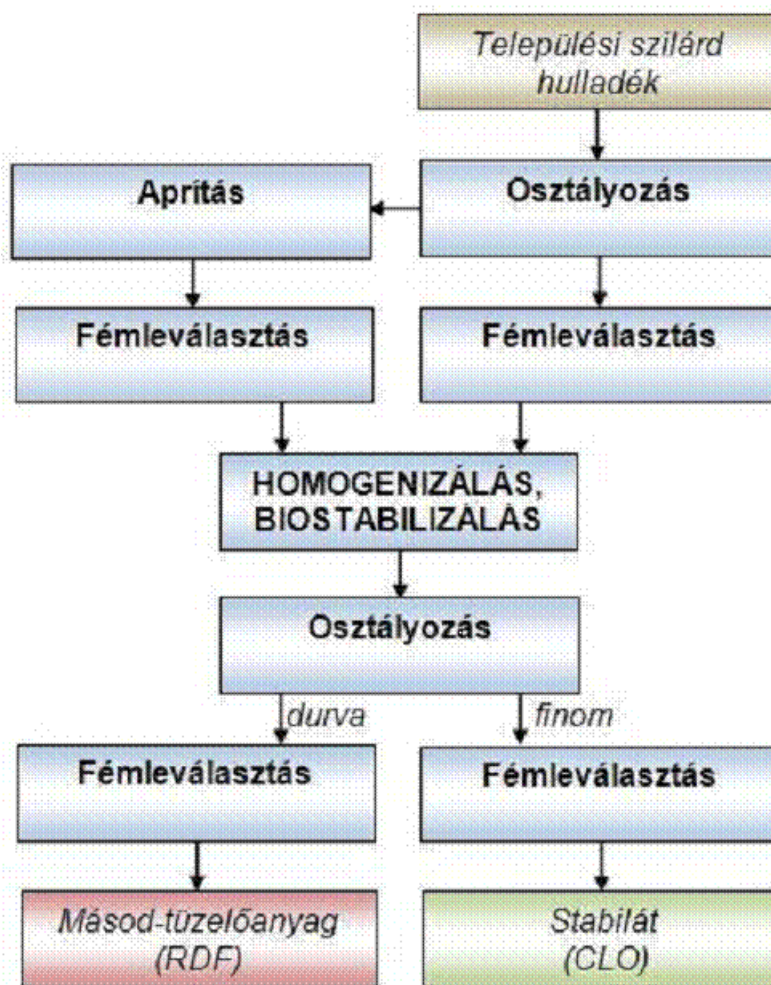
Bár a MBH technológiai lépései hasonlóak a komposztáláshoz, de itt a cél alapvetően a hulladék stabilizálása és másodlagos tüzelőanyag előállítása (39. ábra). (Komposztot csak szelektíven gyűjtött biológiailag bontható hulladékból lehet előállítani!)

A mechanikai-biológiai hulladékkezelés során a következő anyagok (*elsődleges kimenő anyagáramok*) keletkeznek (Csöke et al., 2006):

- komposztszerű anyag (= Compost-like Output) (az aerob kezelés során keletkezik, felhasználása korlátozottabb, mint a komposzté: szántóföldön, erdő- és gyepgazdálkodásban, energiaültetvényekben, rekultivációs és tájrekonstrukciós célokra, talajjavításra alkalmas)
- biogáz (az anaerob kezelés terméke, hő- vagy villamosenergia előállításra alkalmas)
- szilárd másodlagos tüzelőanyag (közvetlen vagy együttégetési módszerrel erőművekben, égetőművekben hasznosítható)
- bio-stabilizált hulladék (lerakásra kerül)

Az előbbieken kívül keletkeznek még un. *másodlagos kimenő anyagáramok* is:

- újrahasznosítható frakciók (fém, papír, műanyag)
- a mechanikai kezeléskor leválasztott idegenanyagok
- csurgalék- és szennyvíz



39. ábra Általános MBH technológia (Nagy és Cseppely, 2012)

5. Biogáz előállítás

A biogáz képződése oxigénmentes, anaerob körülmények között történik. A folyamat endoterm, tehát hő bevitelre, melegítésre van szükség. A folyamat mezofil mikroorganizmusokkal, 30-40 °C-os hőmérsékleti tartományban megy végbe. Magasabb hőmérsékleten, lényegesen gyorsabban is történhet a lebontás (50-60 °C) a termofil baktériumok közreműködésével. Az anyagféleségektől függően különböző mennyiségű biogáz ill. metán nyerhető egységnyi tömegű hulladékból és ennek átlagosan 15-25 %-át kell a rendszer fűtésére fordítani. A biogáz előállításának gazdaságosságát alapvetően a termosztálás energiaigénye határozza meg (Nagy, 2002).

5.1. Az anaerob lebomlás feltételei

Tápanyag

Az optimális C:N arány 20-30:1, míg a C:P arány 150:1 körüli érték. Ha az optimálisnál magasabb a C:N arány, akkor a nitrogén teljesen elfogy és a baktériumok elpusztulnak. Ha viszont alacsony a C:N arány, az ammónia felhalmozódhat és gátolja a metanogén baktériumokat.

pH

Az optimális pH tartomány az 5,5–8,5 között van, de az anaerob baktériumok nagyon érzékenyek a pH változásra. A felhalmozódó degradációs termékek (pl. az illó-zsírsavak) a pH csökkenését okozzák és ezáltal gátolhatják a mikrobiális tevékenységet.

Hőmérséklet

A folyamat hőt igényel. A biogáz előállítás a mezofil (30-40 °C), illetve a termofil (50-60 °C) hőmérsékleti tartományban zajlik. A termofil folyamat reakciósebessége mintegy 10-20 %-kal nagyobb, mint a mezofil folyamaté.

Nedvességtartalom

Az aerob biodegradációhoz képest az anaerob lebontás optimális nedvességtartalma, ill. szárazanyag tartalma tágabb határok között változik. A szárazanyag tartalom szerint különíthetők el az egyes eljárási típusok:

nedves eljárás 0,1- 5 % sza

szuszpenziós eljárás 5-15 % sza

félszáraz eljárás 5-25 % sza

száraz eljárás: 25-60 % sza

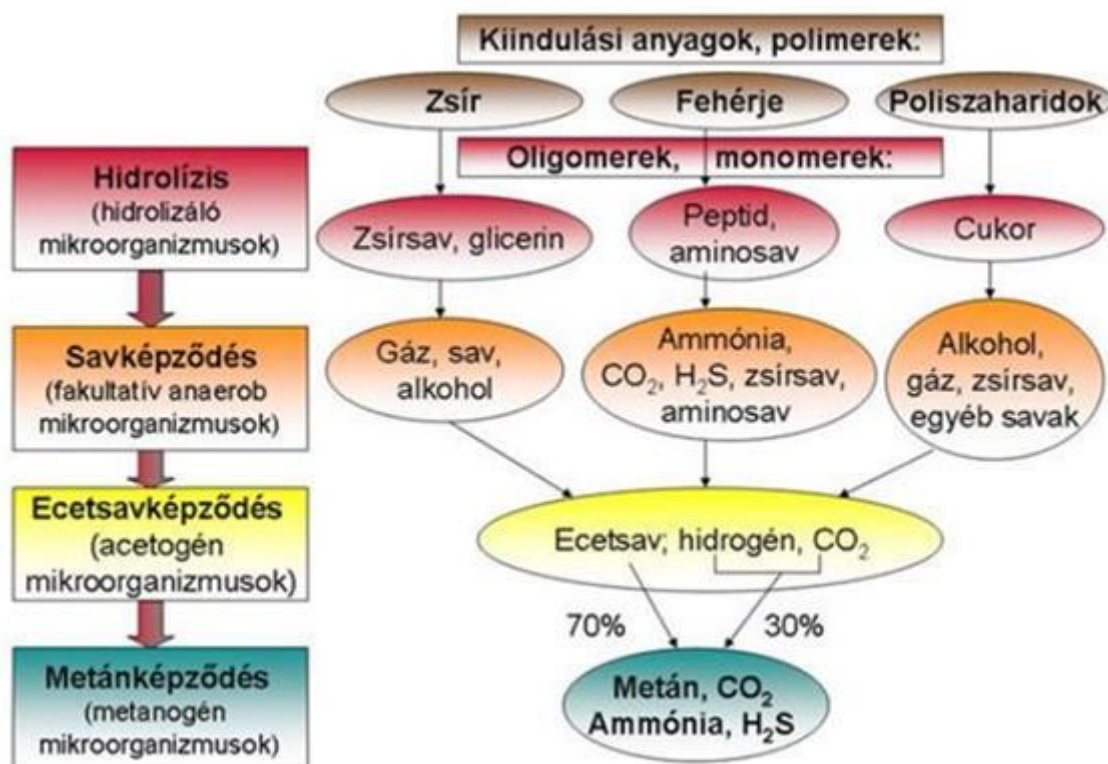
Az előbbi tényezők mellett befolyásolja a folyamatot a szemcseméret, a tartózkodási idő és az inhibitorok jelenléte.

5.2. Az anaerob lebomlás folyamata

Az anaerob biológiai lebontás összetett folyamat, amely négy fázisra bontható (40. ábra):

- hidrolitikus fázis: ebben a fázisban még jelen van az oxigén, a fehérje, szénhidrát és zsír molekulák hidrolízissel kisebb molekulákra bomlanak
- acidogén fázis: ez a fázis már anaerob körülmények között zajlik és az előző fázisban keletkezett vegyületeket a fermentatív mikroorganizmusok tovább bontják zsírsavakra, alkoholokra és szén-dioxidra
- acetogén fázis: ecetsav, hidrogén és szén-dioxid képződik a további bomlási folyamatok során
- metanogén fázis: az ecetsavat hasznosító metántermelő baktériumok az ecetsavat metánná és szén-dioxiddá, a hidrogenofil baktériumok pedig a szén-dioxidot hidrogén felhasználása mellett metánná alakítják (Öllös et al., 2010).

A végtermék tehát a biogáz, ami elsősorban metán és szén-dioxid keveréke (41. ábra), de ezek mellett elenyésző mennyiségben egyéb gázok is előfordulnak. A visszamaradó stabilizált szerves anyag (lebontási maradék) kiválóan hasznosítható komposztálással.

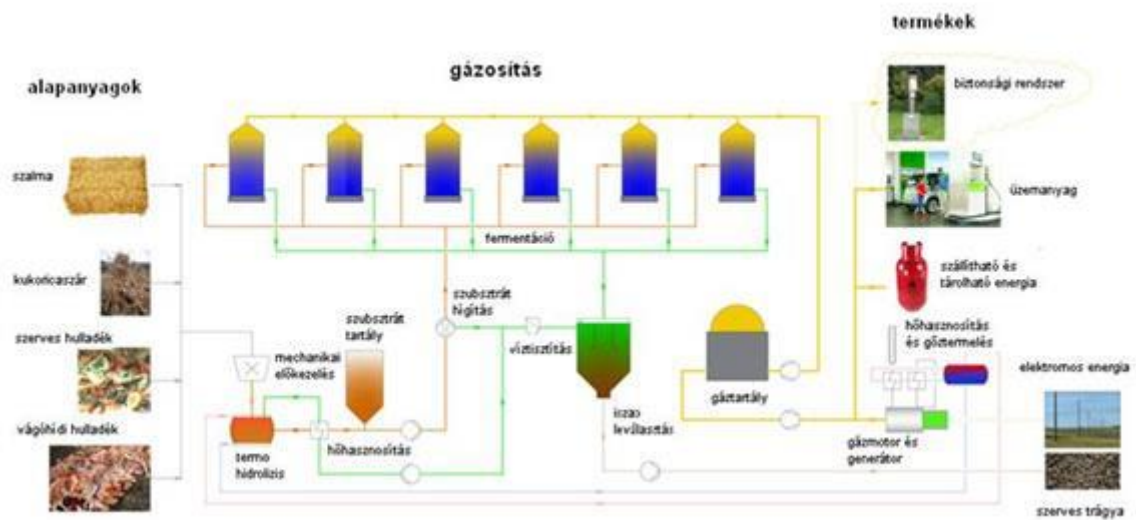


40. ábra A biogáz képződésének négy lépése (Tamás és Blaskó, 2008)

Hulladék típusa	Biogáz-kihozatal l/kg sz. a.	CH_4 %(V/V)
Zöldhulladék	500-600	55-60
Piaci hulladék	550-600	55-65
Zsírleválasztó hulladéka	600-1000	70-75
Burgonyacefre	400-700	60-65
Repcezúzalék	400-900	65-70
Étkezési maradék	800-1000	60-65

41. ábra A különböző biohulladékok biogáz és metán kihozatala (www.atevszol.hu)

A metángáz közvetlen elégetésével hő- és villamos energia termelhető. Szétválasztás és tisztítás után gázhálózatra való betáplálásra és üzemanyagként való felhasználásra is alkalmas. A biogáz termelés előnye még, hogy a lebontási maradék kezelés után a mezőgazdaságban felhasználható (42. ábra). Hátrányai közé tartozik, hogy a fermentáció hőmérsékletének biztosítása energiát igényel, bizonyos anyagok (lignin, cellulóz) nem vagy csak nehezen bomlanak le és a módszer jelentős beruházást igényel.



42. ábra A biogáz termelés folyamatábrája és a keletkező metán hasznosítási lehetőségei (www.fibag.hu)

Teszt

6. fejezet - A hulladékok újrahasznosítása

A hulladékok **újrahasználat**a napjainkban sajnos már eléggé háttérbe szorult. Erre alkalmasak a visszaváltható italos és befőttes üvegek, az újrahasználatos műanyag palackok, amelyek tisztítás, mosás után ugyanarra a célra kerülnek felhasználásra. Ebbe a kategóriába tartozik az újra futózott gumiabroncsok felhasználása is, hiszen itt a felület felújítása révén történik ugyan némi átalakítás, de alapvető változás nem történik. A többször felhasználható, újratölthető termékek igazán csak akkor válnak hulladékká, amikor kikerülnek ebből az újrahasználati körből. (Ez az üveg palack esetében 30-40, a műanyag palackok esetében jóval kevesebb – általában 10 alatti – alkalommal történő használat után történik meg.) A használt ruhaneműk és elektromos berendezések eladása, más használóhoz kerülése révén ezek a termékek is újrahasználatra kerülnek.

Az **újrahasznosítás**ra, újrafeldolgozásra a szelektíven gyűjtött, más anyagoktól mentes, tiszta hulladékok alkalmasak. A folyamat során a hulladék anyaga a termelésben, szolgáltatásban ismételt felhasználásra kerül, vagy valamely újrafeldolgozható összetevője kerül leválasztásra és alapanyaggá történő átalakításra. Végso soron a hulladék mint másodnyersanyag, félkész- vagy késztermék kerül visszavezetésre. Alapvető cél, hogy a hulladék hasznosítható anyagát a legegyszerűbb módon, a legkedvezőbb pénzügyi feltételekkel és a legnagyobb mértékben kinyerjék. Ennek következtében kedvező környezeti és gazdasági hatások jelentkeznek (Csőke és Szabó, 2009):

- a primer nyersanyagok és energiahordozók kíméletes felhasználásának elősegítése
- a másodnyersanyagok használatával csökken a kitermelés (bányászat) környezeti terhelése és a termelés energiaigénye
- csökken a hulladékmennyiség és a hulladéklerakás területigénye
- mérséklődik a környezet terhelése

A hulladékok újrahasznosítása nem minden esetben valósítható meg, illetve vannak korlátai:

- Egyrészt tulajdonságai miatt nem minden hulladék újrahasznosítható (pl. fertőző hulladék), vagy nincs kidolgozott technológia ill. csak gazdaságilag irracionálisan megvalósítható (nem hatékony, drága) technológia ismert az újrahasznosításra.
- Másrészt a hasznosítási ciklusok korlátozottak. Pl. a többszöri papír újrahasznosításnál a cellulózzrostok hossza annyira lerövidül, hogy már nem alkalmas az újrapapír előállításra. Szintén fontos dolog, hogy a termékek és azok anyagainak jelentős hányada a többszöri gyártási-szállítási-fogyasztási-szelektív gyűjtési folyamatban elvész, veszteséget szenved (Bartus, 2006).

A következőkben a három, legszélesebb körben szelektíven gyűjtött hulladék típus – műanyag, üveg, papír – újrafeldolgozásáról, valamint a napjainkban erőteljesen növekvő mennyiségű elektromos és elektronikai hulladékok újrahasznosításáról lesz szó.

1. Műanyag hulladékok újrahasznosítása

A műanyagok hulladékok mellett, hogy természetes módon rendkívül lassan bomlanak le, olyan adalékanyagokat (lágyítók, stabilizátorok, színezékek) is tartalmaznak, amelyek szennyezik a környezetet. A hőre lágyuló műanyagok könnyen újrahasznosíthatók. Az újrahasznosítás szempontjából legmegfelelőbbek a termelőktől begyűjtött hulladékok, amelyek tiszták és jellemzően homogének. A kereskedelemről származó műanyag hulladékok már keverték, feldolgozás előtt válogatást igényelnek. Legnagyobb problémát a fogyasztói hulladékok jelentenek, amelyek egyrészt különféle műanyagfajtákat tartalmaznak, másrészt szennyezettek (Borda et al., 2009).

A műanyag hulladékokat a következőképpen csoportosíthatjuk:

- technológiai hulladék

§ gyártási hulladék

§ feldolgozási hulladék

· ipari hulladék

§ továbbfeldolgozási hulladék

§ konfekcionálási hulladék

· funkcióját betöltött műanyag termékek

§ csomagolóanyagok

§ elhasználódott termékek

A technológiai hulladékok tehát általában tisztán gyűjtött hulladékok, aprítás után hasznosíthatók, míg az egyéb forrásból származó hulladékok már más anyagokkal szennyezettek, ezért a másodnyersanyag előállítás folyamatában tisztítás, mosás is szükséges (Czvikovszky et al., 2007).

A szelektíven gyűjtött műanyag hulladék válogatásra kerül (43. ábra), eltávolítják belőle az idegen anyagokat, majd a kiválogatott, újrahasznosítható hulladékot bálázzák (44. ábra). A kisebb térfogat miatt a hulladék könnyebben kezelhető és olcsóbban szállítható a feldolgozó üzembe.



43. ábra A műanyag hulladék kézi válogatása (okoviz.hu)



44. ábra A bálázott műanyag hulladék mozgatása (okoviz.hu)

A műanyag hulladékok legegyszerűbb hasznosítási módja csak **mechanikai** műveleteket tartalmaz: válogatás – mosás – aprítás, őrlés – granulátum másodnyersanyagként történő felhasználása (2. video).

A **kémiai** hasznosítás kisebb molekulájú vegyületekké, monomerekké történő átalakítást jelent. Ez történhet depolimerizációval, oldószeres bontással és hidrogénezéssel. A **termikus**(égetés, pirolízis, plazmatechnika) felhasználásra azok a műanyag hulladékok kerülnek, amelyek más módon nem hasznosíthatók és a felszabaduló energia jelenti a nyereséget. A **természetes** folyamatok révén történő hasznosítás azoknál a műanyagoknál lehetséges, amelyek vagy UV-ra érzékeny adalékanyagokat tartalmaznak, és így a napfény hatására bomlanak; vagy a biológiailag bontható műanyagoknál, amelyek vagy eleve biodegradálható vegyületek polimerizációjával készülnek, vagy a lebomlást katalizáló adalékanyagot tartalmaznak.

1.1. A leggyakrabban használt műanyagfajták, felhasználásuk és újrahasznosításuk

- PET = polietilén-tereftalát

Könnyű, merev, átlátszó, italos palackok ideális anyaga. A PET az egyik legfontosabb műanyaggá vált, amióta elterjedten alkalmazzák palackok előállítására. A palackok gyártásának növekedése következtében megjelent az újrahasznosítás igénye is. Ennek környezetvédelmi (nagyon lassan bomlik le a természetben) és gazdasági oka is van, hiszen az újrahasznosított PET használata jóval olcsóbb. A PET újrafeldolgozása szinte külön iparággá nőtte ki magát. Ez azért is lehetséges, mivel ebből a műanyag típusból nagy tömegben lehet homogén termékeket (palackokat) szelektíven begyűjteni. A PET újrahasznosítására mára már többféle technológiát is alkalmaznak (Pál, 2002).

A világon a 2006-os adatok alapján a PET felhasználás több, mint 12 millió tonna volt (8. táblázat). Rendkívül nagy arányban (több, mint 80%) a különféle italos palackok előállítására alkalmazták, az újrahasznosított PET viszont alig haladta meg a teljes felhasznált mennyiség 5 %-át. A PET alapanyag árának növekedésétől függetlenül egyre nő iránta a piaci igény és a palackok használatának növekedése elsősorban az üveg rovására nő (Lehoczki, 2007).

8. táblázat PET felhasználás a világon az alkalmazási terület szerint (Lehoczki, 2007)

	Kereslet 2006-ban kt	Növekedés 2005-höz képest		Részarány %
		kt	%	
Szénsavas üdítő	4 526	245	5,7	36,8
Ásványvíz	3 236	239	8,0	26,3
Egyéb ital	2 244	211	10,4	18,2
Élelmiszer	1 151	97	9,2	9,3
Nem-élelmiszer	541	52	10,6	4,4
Lemezek	1 257	106	9,2	10,2
R-PET	-646	-67	11,6	-5,2
Összes	12 309	883	7,7	100

Az PET újrahasznosítása (reciklált PET = RPET) használata csökkenti az alapanyagok iránti igényt, a nyersolaj-felhasználást és emellett még jelentős mennyiségű energiamegtakarítást is eredményez. Az újrahasznosítás mértékének növelése környezetvédelmi és gazdasági szempontból egyaránt kívánatos.

Az üdítőitalos, ásványvízes és egyéb italos palack hulladék feldolgozásából származó RPET használható új palackok készítéséhez. Az RPET sötétebb, sárgább, mint az eredeti PET, ami az újrahevítésből és a szennyeződésekéből származik. Ez utóbbiak lehetnek az eredetileg használt adalékok vagy valamilyen idegen anyag mikroszkópikus részecskéi (Lehoczki, 2010). A PET hulladék jelentős hányadából szálát készítenek, a belőle előállított textíliákat téli sportöltözetek hőszigetelő béléseként, hangszigeteléseként, geotextíliaként, szűrőként használják. A RPET alkalmas autóalkatrészek, villamosipari cikkek, bútorelemek, háztartási cikkek fröccsöntésére, de élelmiszerekkel közvetlenül érintkező csomagolás előállítására is.

- PE = polietilén

A kis sűrűségű PE (LDPE) a legrégebben és a leggyakrabban használt műanyag, elsősorban fóliák, csomagolóanyagok (pl. műanyag zacskók, szatyrok) előállítására. Az újrahasznosított formából ugyancsak fóliák (építőipari és mezőgazdasági célokra is), csövek, hulladékgyűjtő edények készülnek.

A nagy sűrűségű PE (HDPE) keményebb, hővel, vegyszerekkel szemben ellenálló. Különféle flakonok, kannák, italosládák és szigetelőanyagok készítésére használják. Újrahasznosítva szintén flakonok, egyéb műanyag használati tárgyak, lemezek, csövek készülnek belőle (www.loacker.hu).

- PP = polipropilén

Ez a műanyag fajta olaj- és zsírálló, alacsony a víz- és oxigénáteresztő képessége, emiatt alkalmas margarinok, étkezési olajok, majonéz, ketchup, mustár, salátaöntetek, pékáruk csomagolására; a műanyag palackok kupakja is általában PP-ből van. Az újrahasznosítás során virágtartók, bútor alkatrészek, műanyag használati tárgyak (pl. ruhafogas, vödör) készülnek belőle.

- PVC = polivinil-klorid

Csővek és idomok, fóliák, műbőrök, palackok, csomagolóanyagok, padlóburkolók készülnek belőle. Másodnyersanyagként ugyancsak csöveket, csőszerelevényeket, kerti eszközöket, ereszcatornát, kábelcsöveket állítanak elő belőle.

- PS (EPS) = polisztirol (expandált polisztirol)

A PS habosított (EPS) változatát használják leginkább, ez vízhatlan és hőszigetelő, élelmiszerekkel is érintkezhet. Csomagolóanyag, hang- és hőszigetelő anyag készül belőle (kornyezetbarat.hulladekboltermek.hu). Az EPS hulladék újrafeldolgozása nem nagyarányú, mert hasznosítása bonyolult és költséges. Az újrahasznosított PS-t elsősorban épületanyagok gyártásában használják fel, de készülhetnek belőle virágcserepek, különféle tokok, tartók.

A kevert műanyag hulladék feldolgozása nehezen oldható meg, mert a különböző műanyagfélék egymáshoz rosszul tapadó sokfázisú rendszert alkotnak. Az egyéb szennyezések (papír, fém, festékek) tovább rontják a

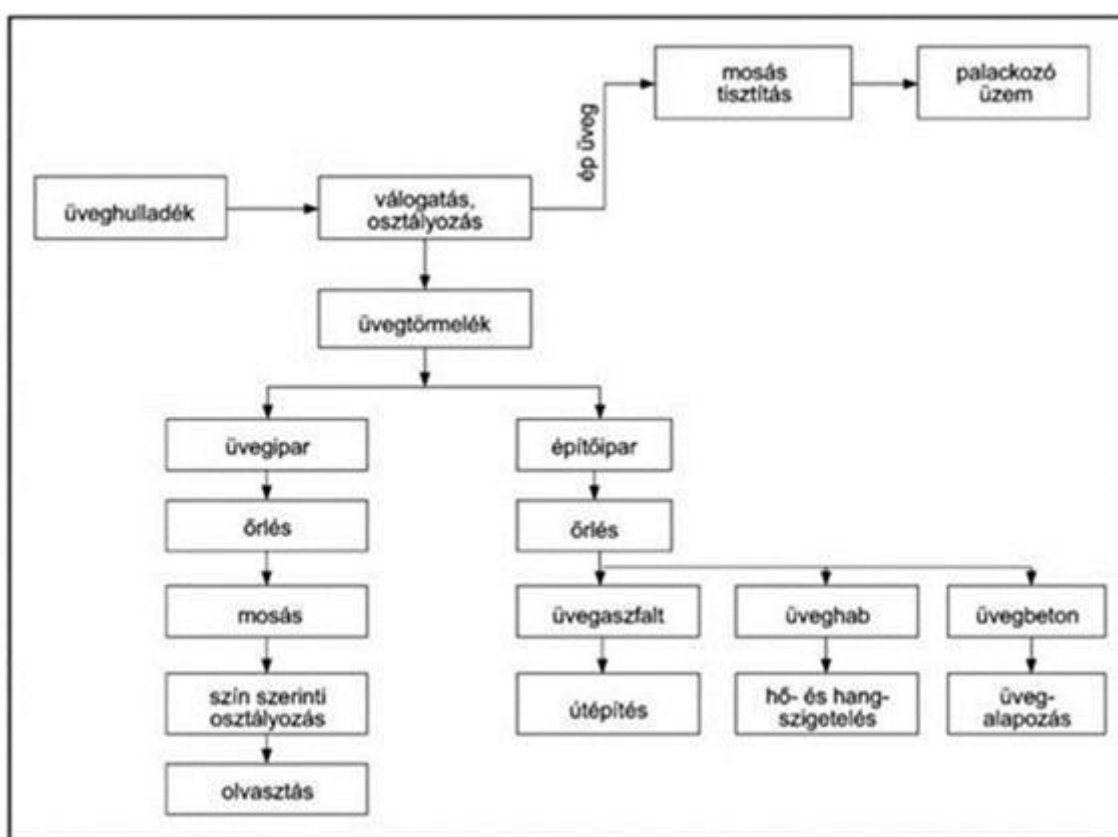
mechanikai tulajdonságokat. Kevért hulladékból ezért csak olyan termékeket gyártanak, amelyekkel szemben a mechanikai és esztétikai elvárások alacsonyak, leginkább rakodólapok és utcai bútorok előállítására alkalmasak.

2. Üveg hulladékok újrahasznosítása

Az üveghulladék szinte 100%-ban újrahasznosítható. Az újraolvasztás az elsődleges alapanyagok felhasználásához képest nagy energia megtakarítással jár. A szelektíven gyűjtött üveget tisztítás után őrlik, válogatják (kézi válogatás és a fémek gépi eltávolítása).

Az üvegtörmelék méret szerint osztályozzák és szín szerint válogatják. Az üvegőrleményt az üveggyárban az elsődleges nyersanyagokból olvasztott masszához keverik. Üvegpalackokat, síküveget állítanak elő belőle.

Az üveghulladék hasznosításának másik lehetősége az építőiparban történő felhasználás. Az üveg őrleményt különféle anyagokkal keverve használják útépítésben (cementtel vagy bitumennel keverve érdekesebb útfelület kialakítását teszi lehetővé), üvegbeton készítésére (szerkezetépítésben, belsőépítészetben de a bútorigarban is alkalmazható), és szigetelési célokra (45. ábra).



45. ábra Az üveghulladékok hasznosításának lehetőségei (Barótfi, 2000)

Új magyar szabadalmaztatású és rendkívül hasznos termék az üveghulladékból előállított habkavics (46. ábra, 3. video). Kedvező tulajdonságai révén az építőipar számos területén felhasználható: jó hang- és hőszigetelő, tűzálló.



46. ábra Az üveghulladékból készült habkavics (www.geofil-bubbles.com)

3. Papírhulladékok újrahasznosítása

A papír a legrégebben szelektíven gyűjtött és a legnagyobb mennyiségben újrahasznosított hulladékfajta. A lakosság által szelektíven gyűjtött papírhulladékban meghatározó az újságok, folyóiratok és a szórólapok aránya. Ezek együttes mennyisége mellett a hullám (áruházi) kartonok aránya is jelentős. A szórólapok (kétoldalt mázolt papírok) megnövekedett aránya az újrahasznosítást jelentősen megnehezíti, mert a feldolgozás érdekében megengedett max. 1%-os előfordulási arányt sokszorosan meghaladhatja. Emiatt a vegyes papírhulladékhoz más forrásokból származó, jobb minőségű, értékeőbb papírfajtákat (karton, nyomdai papírok, szélvágási hulladékok) kell hozzákeverni (www.fkf.hu).

A papírhulladékokat szabvány szerint (MSZ EN 643:2002) öt csoportba sorolják (inest.hu):

- általános kategória

Pl. vegyes, használatlan, anyagoktól mentes papír, karton; válogatott papír és karton keveréke (max. 40% újságot és folyóiratot tartalmaz); áruházi hullámpapír; eladatlan folyóiratok; telefonkönyvek

- közepes kategória

Pl. újságok (legfeljebb 5% anyagában színezett újság-, szórólaptartalommal); eladatlan napilapok; fehér vágási szélhulladék; válogatott irodai papír; író-nyomó papírok, könyvek, (kemény borító nélkül)

- kiváló kategória

Pl. vegyes nyomdai vágási szélhulladék; fehér, famentes iratok, fehérített szulfátkarton ívek

- kraftkategória

Erős csomagolópapírok és a nátronpapír, csak fehérítetlen cellulózt tartalmaznak. Pl. hullámkarton vágási szélhulladéka; nem használt hullámkarton dobozok, lemezek; kraftpapír zsákok.

- különleges kategória

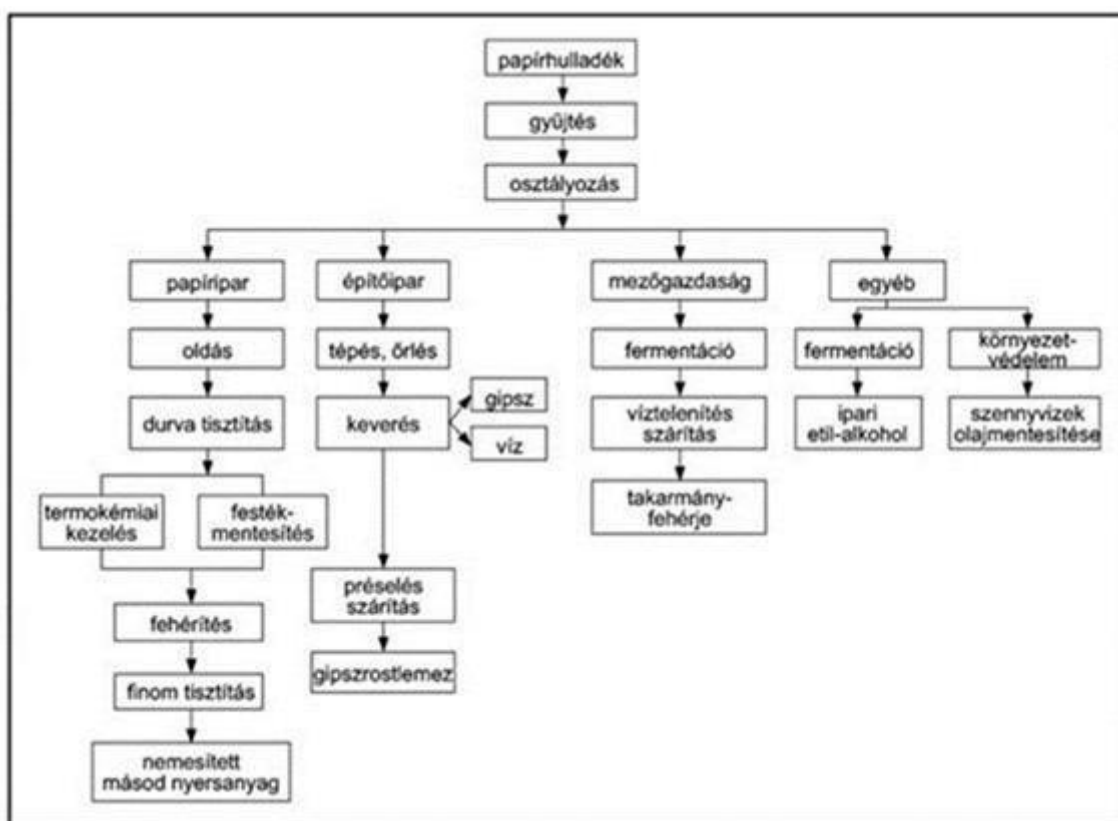
Pl. szelektív gyűjtésből származó, válogatás nélküli papír és karton; folyadéksomagoló karton

Első lépésként a papírhulladék válogatásra és bálázásra kerül (47. ábra). A felhasználás egyik lehetősége a papíriparban történő „újrapapír” előállítás.

A papírhulladék feldolgozása az áztatással kezdődik. A rostok fellazulnak, megduzzadnak, ezután pépesítés és a nem hasznosítható alkotók gépi eltávolítása következik. A papírmassza őrlése után, préselést és szárítást követően, papírtekercset (félkész termék) gyártanak (48. ábra).



47. ábra Bálázott hulladék karton (<http://www.avermann.hu/avhob2010.html>)



48. ábra A papírhulladék újrahasznosítási lehetőségei (Barótfi, 2000)

A papír újrahasznosításban a csomagolópapír gyártás áll az élen, a karton- és hullámpapír termékek (pl. dobozok, papírzacsok) szinte teljes egészében (95-98%-ban) papírhulladékból készülnek. Ezen kívül a papír termékek széles skálájának alapanyaga az újrapapír: egészségügyi papírok (WC-papír, zsebkendő, kéztörölő), írópapír, füzetek, tojástartó, stb. (49. ábra).



49. ábra Az újrahasznosított papírból még bútorok is készülnek (www.mfor.hu)

A papírhulladék hasznosítható az építőiparban is. A hulladék gépi tépése, rostokra történő bontása után gipsz és víz hozzáadásával, préseléssel, szárítással gipszrost lemezeket állítanak elő, amelyet falburkolati anyagként alkalmaznak.

Bakteriális bontás révén lehetőség van takarmányfehérje és ipari felhasználás céljára történő alkohol előállítására is (48. ábra).

A papír újrahasznosítása még nem éri el a környezetvédelmi szempontból elvárt mértéket, bár a nagy papírfelhasználású országokban már jelentős arányú, átlagosan 52%. A újrahasznosítás növelésének korlátozó tényezője, hogy a többszöri újrahasznosítás során a rostok rövidülnek és az újrahasznosított papír minősége romlik (Takáts et al., 2011).

4. Elektromos és elektronikai berendezések hulladékainak újrahasznosítása

Az elektronikus hulladékok mennyisége az utóbbi évtizedekben az egész világon rohamosan nő. Különösen gyorsan növekszik a személyi számítógépekből, mobiltelefonokból és elektronikus szórakoztató eszközökből származó hulladék tömeg, mivel ezek a termékek a gyors technikai fejlesztések révén rövid időn belül elavulttá válnak. Pl. 1994-ben kb. 20 millió darab PC vált hulladékká, míg 2004-ben ez a szám már elérte a 100 milliót. Ezen adatok alapján a 1994-2003 közötti időszakra 500 millióra becsülik a hulladékká vált személyi számítógépeket, amelyek a számítások szerint kb. 2,9 millió tonna műanyagot, 718 ezer tonna ólmot, 1363 tonna kadmiumot és 287 tonna rezet tartalmaztak. 2005-ben kb. 130 millió mobiltelefon került kislejtezésre, de hasonló mennyiségben keletkeztek a különféle hordozható elektronikai eszköz hulladékok (PDA-k, MP3 lejátszók, számítógépes játékok és perifériák) is.

Az e-hulladékokban több, mint ezerféle anyag található, többek között olyanok is, amelyek különösen értékesek (pl. a nemesfémek). A sokféle anyagtípus miatt nehéz jellemezni az elektronikus hulladékok összetételét, azonban általánosan jellemző, hogy a vas és acél a legfőbb komponens (majdnem 50 tömeg %), ezután következik a műanyag (~ 21%) és az egyéb fémek (~ 13 %, ebből 7% réz) (Widmer et al., 2005).

Az EU 2003-ban kiadott az elektromos és elektronikus berendezések hulladékairól (waste electrical and electronic equipment = WEEE) szóló irányelve előírja a gyártók számára ezen hulladékok visszavételét és kezelését.

Az **elektromos és elektronikai berendezés** legfeljebb 1000 V váltakozó feszültségű, illetve 1500 V egyenfeszültségű árammal működő berendezés, amelynek rendeltetésszerű működése elektromágneses mezőktől vagy villamos áramtól függ, ideértve az elektromágneses mező, illetve villamos áram előállítását, mérését, átvitelét biztosító eszközöket is (443/2012 Korm. rendelet). Egyszerűbben megfogalmazva olyan berendezés, amelyben áram vezetésére alkalmas egység van.

Az elektromos és elektronikai berendezések kategóriái:

- háztartási nagygépek
- háztartási kisgépek
- információs és távközlési berendezések
- szórakoztató elektronikai cikkek
- világítótestek, kivéve a normálizzók, halogénizzók és a háztartásban használt lámpatestek
- elektromos és elektronikus barkácsgépek, szerszámok (kivéve a helyhez kötött, nagyméretű ipari szerszámok)
- játékok, szabadidős és sportfelszerelések
- orvosi berendezések, kivéve a beültetett és a fertőzött orvosi berendezések
- ellenőrző, vezérlő és megfigyelő eszközök
- adagoló automaták

A Magyarországon keletkező elektromos és elektrotechnikai hulladékok összetételében a nagyobb hányadot a lakosságtól származó e-hulladékok adják (9. táblázat).

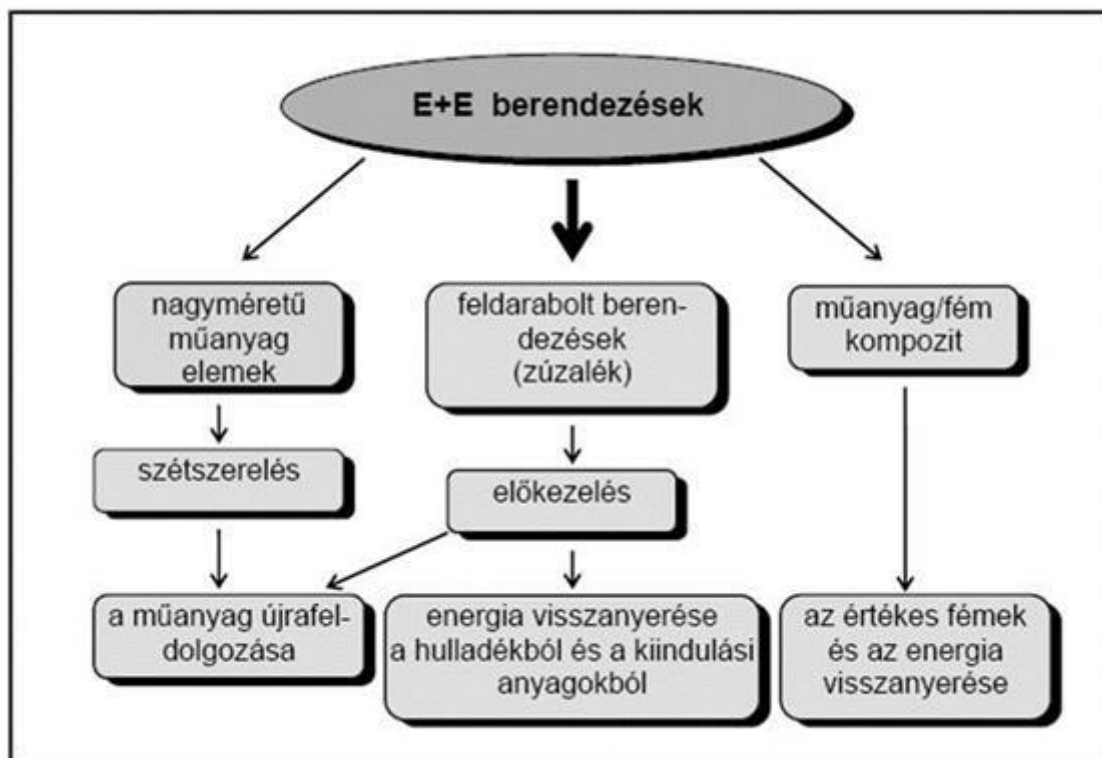
9. táblázat A keletkező e-hulladékok összetétele (Csöke és Szabó, 2009)

hulladékforrás, termék	tömegarány (%)
Ipari eredetű (nagyszámítógépek, ipari elektronika, műszerek, elektromos szerszámok, stb.)	40
Lakossági eredetű	60
háztartási nagygépek	32
háztartási kisgépek	7
televízió készülék	10
szórakoztató elektronika	2
információtechnika	8
egyéb (pl. elektromos szerszámok)	1

Az elektromos és elektronikai berendezések fokozott környezeti kockázatot jelentenek, számos veszélyes anyagot tartalmaznak. A rendeltetésszerű használat során ezek az anyagok nem kerülnek ki a környezetbe, nem jelentenek veszélyt. A berendezések hulladékként a kommunális hulladék közé keveredve a csapadékvíz vagy égetés hatására a bennük lévő veszélyes anyagok felszabadulása révén jelentős szennyezőforrásokká válnak. Ezért fontos az elkülönítve történő gyűjtésük (50. ábra) és újrahasznosításuk.



50. ábra Az elektromos berendezéseken kötelező a „elkülönített gyűjtést igénylő” jelölés feltüntetése (443/2012. Kormányrendelet)



51. ábra Az elektromos és elektronikai berendezések újrahasznosításának lehetőségei (Bánhegyiné, 2003)

Az elektronikai hulladékok anyagai újrahasznosíthatók, ezért jelentős gazdasági értékkel bírnak. Az újrahasznosítás lehetőségeit vázlatosan az 51. ábra foglalja össze.

Az újrahasznosítás fázisai:

- begyűjtés
- válogatás

· szétszerelés: sorrendben a veszélyes anyagok ill. és a veszélyes anyagot tartalmazó részek eltávolítása, a nagyobb homogén részegységek kiserelése; a nagyobb elektronikai alkotórészek kibontása, a kinyert bontási termékek másodlagos hulladék frakciókra (pl. vas és acél, réz, műanyag, kondenzátorok, nyomtatott áramköri lapok, kábelek, stb.) való szétosztása.

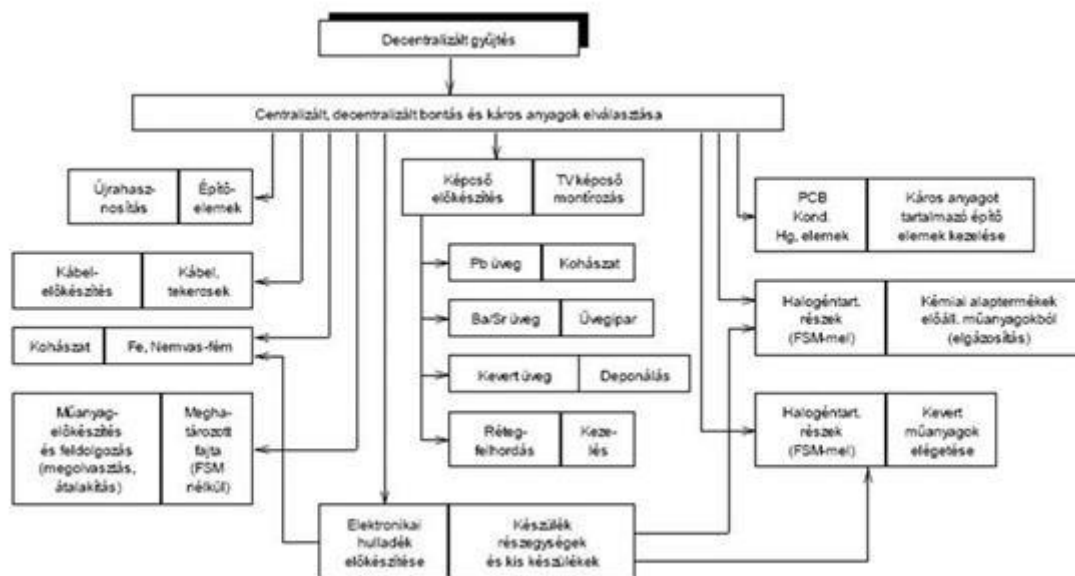
· gépi bontás, aprítás (akár többlépcsős)

· aprítás utáni szelektív szétválasztás (mágneses, elektrosztatikus vagy sűrűség különbség alapján történő elválasztás)

A műveletek során kinyert anyagoknak többféle alkalmazási lehetősége van:

- valamely termelési folyamatba alapanyagként visszavezethetők
- elégetésre kerülnek
- további kezelést igényelnek
- deponálásra kerülnek

Ezt szemlélteti az 52. ábra a hulladékká vált televízió készülékek példáján.



52. ábra Az elhasznált televízió készülékek bontási - feldolgozási rendszere (Csöke és Szabó, 2009)

A televízió készülékek a számítógép monitorokkal együtt az egyre növekvő hulladékáramban jelentős hányadban szerepelnek, mennyiségüket hazánkban 2010-ben 300-400 ezer darabra becsülték. Kommunális hulladéklerakóba történő lerakásuk az EU tagországokban tilos, ennek ellenére nálunk jelentős hányaduk mégis oda kerül elhelyezésre. A katódsugárcsővek ólmot, báriumot, kadmiumot, cinket és egyéb ritkafémeket tartalmaznak.

A képcsőüveg-hulladék újrahasznosításának két módja ismeretes. Egyik lehetőség folyósító anyagként történő felhasználása a másodlagos ólomkohászatban. A másik lehetőség az ún. zártkörű üveg újrahasznosítás, ami az üveg tényleges újrahasznosítását jelenti. Ez esetben új képcsővek előállítására kerül sor. A művelet energiatakarékos és a lerakókba kerülő ólom mennyiségét is csökkenti. Azonban a katódsugárcsőves televíziókészülékek és számítógép monitorok gyártásának visszaszorulásával ez az újrahasznosítási lehetőség megszűnik.

A képcsőves berendezések hulladékainak ártalmatlanítása veszélyes hulladék égetőben vagy veszélyes hulladék tárolóban történő lerakással (www.elektrohulladek.hu) történik.

Az elektromos és elektronikai hulladékok feldolgozásának alapvetően kettős célja van. Egyik a veszélyes anyagok ártalmatlanítása, másik az újrafeldolgozható anyagok (leginkább a ritka- és nemesfémek) kinyerése és hasznosítása.

Teszt

7. fejezet - A veszélyes hulladékok

A hulladékok különleges bánásmódot igénylő csoportját alkotják a veszélyes hulladékok. Ezt nem csak a hulladékként megjelenő anyagok veszélyessége indokolja, hanem maga a hulladék mivolta. Tehát az anyagi tulajdonságokból eredő környezeti kockázatot az azoktól való megválási szándék tovább növeli. Ez tkp. kettős kockázatot jelent (Bándi et al., 2002).

A veszélyes hulladék besorolását a hulladék termelőjének, birtokosának kell elvégezni. Ha viszont az nem állapítható meg, akkor az Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főfelügyelőségtől kell kérni annak megítélését. A hulladék-minősítéséhez szükséges vizsgálatokat akkreditált laboratórium végezheti. A vizsgálatoknak öt csoportja van:

- fizikai és kémiai vizsgálatok
- ökotoxikológiai vizsgálatok
- toxicitási vizsgálatok
- mutagenitási vizsgálatok
- mikrobiológiai fertőzőképességi vizsgálatok (Steiner et al., 2002).

A hulladék veszélyességéről vagy veszélytelenségéről az Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főfelügyelőség hoz határozatot a Hulladékminősítő Bizottság szakértői véleménye alapján. Ennek megszületéséig a kérdéses hulladékot veszélyes hulladéknak kell tekinteni.

A veszélyes hulladékot bármilyen célból tilos más hulladékkal vagy anyaggal összekeverni, illetve hígítani, de kivételes esetben erre a környezetvédelmi hatóság engedélyt adhat.

1. A veszélyes hulladékok gyűjtése, tárolása és szállítása

A termelés, szolgáltatás során képződött veszélyes hulladékot a keletkezés helyén, megfelelően kialakított **gyűjtőhelyen**, a környezet szennyezését kizáró és a hulladék kémiai hatásainak ellenálló edényzetben kell gyűjteni. A gyűjtőhely lehet munkahelyi (53. ábra), üzemi gyűjtőhely (54. ábra), hulladékgyűjtő udvar, esetleg más, speciális gyűjtőhely. Speciális gyűjtőhely kategóriába tartozik pl. a lejárt szavatosságú gyógyszerek, kimerült elemek, akkumulátorok visszavétele az elárusítóhelyeken (55. ábra). A háztartásokban keletkező veszélyes hulladék gyűjtése mobil veszélyes hulladékgyűjtő járatokkal (56. ábra) vagy a hulladékgyűjtő udvarokban történik. A veszélyes hulladékgyűjtő járatokat rendszeresen vagy kampányszerűen szervezik. Általában nagyobb bevásárlóhelyek vagy lakótelepek parkolóiban várják a lakosság veszélyes hulladékait a megadott időszakban.

A gyűjtőhelyek (üzemi gyűjtőhely vagy hulladékgyűjtő udvar) nyílttéri vagy fedett kialakításúak és megfelelő műszaki védelemmel ellátottak (szilárd burkolat és szivárgó rendszer kiépítése). A gyűjtőhelyeken maximum egy évig lehet a hulladékot tárolni. Bizonyos típusú veszélyes hulladékokat, így a fokozottan tűzveszélyes, reakcióképes és bomló szerves hulladékokat azonban még átmenetileg sem szabad tárolni (Borda et al., 2009).



53. ábra Munkahelyi veszélyes hulladék gyűjtőhely (www.szrfk.hu)



54. ábra Üzemi gyűjtőhelyen elhelyezett veszélyes hulladékok (a jobboldali képen a folyékony hulladékot tároló hordók alatt csepegést felfogó tálcát helyeztek el) (www.szrfk.hu)



55. ábra Gyógyszertárakban elhelyezett lejárt szavatosságú gyógyszerek gyűjtésére alkalmas doboz (kornyezetbarat.hulladekboltermek.hu)



56. ábra Mobil lakossági veszélyes hulladék gyűjtés (szemet361.blogter.hu)

A **tárolótelepen** a veszélyes hulladékot maximum három évig lehet tárolni. A tárolás indoka lehet pl. a hulladékkezelői kapacitás hiánya. A tárolótelepen a hasznosítást vagy ártalmatlanítást előkészítő tevékenység folytatható. Kialakításuk hasonló a gyűjtőhelyekéhez, de a műszaki védelem még biztonságosabb. Az előírások szerint a tárolótelep üzemeltetése során a következők betartása szükséges (Bese et al., 2001):

- biztosítani kell a tárolótelep őrzését
- üzembiztos távközlési kapcsolatot kell fenntartani
- csak a veszélyes hulladék kémiai hatásainak ellenálló, folyadékszáró tárolóedényzetet lehet használni
- nyílt téri tárolásnál vízzáró takarást kell biztosítani
- a csomagoló- és takaróeszközök sértetlenségét rendszeresen ellenőrizni kell
- a csapadékvizet és a tisztítási műveletekből származó vizet össze kell gyűjteni, minőségét vizsgálni szükséges
- monitoring rendszert kell kiépíteni a tárolótelep működésének ellenőrzésére

- a tárolótelep működéséről részletes dokumentációt, a veszélyes hulladékokról és a kezeléshez felhasznált anyagokról pontos nyilvántartást kell készíteni

A veszélyes hulladék **szállítása** a termelőtől a kezelőhöz történő eljuttatást jelenti. A szállítás folyamán a szállított veszélyes hulladék környezeti veszélyessége a meghatározó és a veszélyes áruk szállítására vonatkozó műszaki előírásokat kell alkalmazni, amelyek célja a környezeti kockázatok minimálisra csökkentése. A szállítás természetesen engedélyköteles és megfelelően dokumentálni kell.

2. A veszélyes hulladékok előkezelése

Azokban a folyamatokban, amelyekben veszélyes hulladékok keletkeznek, törekedni kell arra, hogy a keletkező hulladék mennyisége, veszélyessége a lehető legkisebb, ahasznosítás mértéke pedig a lehető legnagyobb legyen. A veszélyes hulladék környezetbe (talajba, felszíni vagy felszín alatti vizekbe, levegőbe) kerülését meg kell akadályozni (98/2001 Korm.r.). A veszélyes hulladékok kezelése során a veszélyeztető hatások megszüntetése a cél és erre a leghatékonyabb megoldást (BAT) kell alkalmazni.

Sok esetben már a veszélyes hulladék gyűjtése, tárolása vagy szállítása érdekében is szükség van valamilyen beavatkozásra (pl. válogatás, aprítás, darabolás, víztelenítés, csomagolás). E folyamatok során a hulladék veszélyeztető tulajdonságai általában nem változnak.

A hasznosítás vagy ártalmatlanítás ugyancsak igényel bizonyos előkészítő, **előkezelő** tevékenységet (pl. keverés, koncentráció- vagy kémhatás-beállítás, szilárdítás, fertőtlenítés). Ezek az eljárások már ártalmatlanításnak minősülhetnek és a keletkező kezelési maradékokat új hulladéknak tekintik. Az előbb említett kormányrendelet rögzíti, hogy a veszélyes hulladék előkezelése (a hulladék kémiai, fizikai-kémiai vagy biológiai kezelése) megváltoztatja annak eredeti tulajdonságait és a kezelés elválaszthatatlan része, nem végezhető önállóan.

Az előkezelés legtöbb esetben *semlegesítést* jelent. A hulladék savakat, lúgokat már a szállítást megelőzően semlegesíteni kell. Ez a folyamat jellemzően hőfejlődéssel jár, de előfordulhat gázképződés és habzás is. Ugyancsak fontos előkezelés a *víztelenítés*, ami elsősorban az iszap jellegű hulladékoknál szükséges. Az *oldószer mentesítés* során a szerves oldószer tartalmú hulladékokból történő visszanyerés gazdasági szempontból is jelentős. A *befoglalás* stabilizálja (szilárdítja) a hulladékot, azaz fizikai, kémiai folyamatok révén a hulladék és a befoglaló anyag együttese szilárdabb, kevésbé nedvesedő rendszert alkot. A befoglaló anyag lehet pl. cement, szerves polimer, üveg (Zimmler, 2003). Ez a folyamat a hulladékok rendezett és biztonságos deponálása szempontjából rendkívül fontos lehet. Az egészségügyi intézményekben keletkező fertőző hulladékok *fertőtlenítése* hőhatáson alapul, az erre alkalmas berendezések működtetésére szigorú előírások vonatkoznak.

A veszélyes hulladék kezelésében természetesen a *hasznosítás* az elsődleges, ami lehet visszanyerés (regenerálás), újrafeldolgozás (alapanyagként vagy terméként való felhasználás), valamint energetikai (termikus) hasznosítás. Annak ellenére, hogy az égetéssel nyert energia felhasználása révén ez a módszer is hasznosításnak számít, az előző két módszerrel szemben háttérbe szorul.

Néhány példa a veszélyes hulladékok hasznosítására (Borda et al., 2009) :

a használt olajok regenerálása vízmentesítéssel, propános extrakciós tisztítással, derítőföldes kezeléssel, majd vákuum desztillációval történhet

- a kénsavas hulladék más termelési folyamatban közömbösítésre használható, vagy töményítés és kéntrioxiddal történő feljavítás után szuperfoszfát műtrágya előállításra alkalmazható
- a sósavas hulladék desztillálás után, betöményítve vagy szennyezettsége esetén melegítéssel történő sósav gáz kiűzés, majd vízben való elnyeletés után újra felhasználható
- a galvaniszapok fémtartalmának kinyerésére többféle módszer létezik: kicsapás, elektrokémiai leválasztás, ioncsere, membrán eljárások, flotálás és kioldás

3. A veszélyes hulladékok égetése

Égetéssel olyan veszélyes hulladékokat lehet ártalmatlanítani ill. hasznosítani, amelyek

- magas szervesanyag tartalommal rendelkeznek
- nagy a fűtőértékük (ez nem kizárólagos, de gazdasági szempontból meghatározó lehet)

Az égetés során a hulladék térfogata és tömege, veszélyessége jelentősen csökken, és szerencsés esetben fűtőértékük biztosítja az önfenntartó égést (Lábódy, 2000).

A veszélyes hulladékégetés során keletkező füstgáz, a visszamaradó salak, pernye vagy iszapszerű anyag kezelése, ártalmatlanítása szigorú előírások alapján történik.

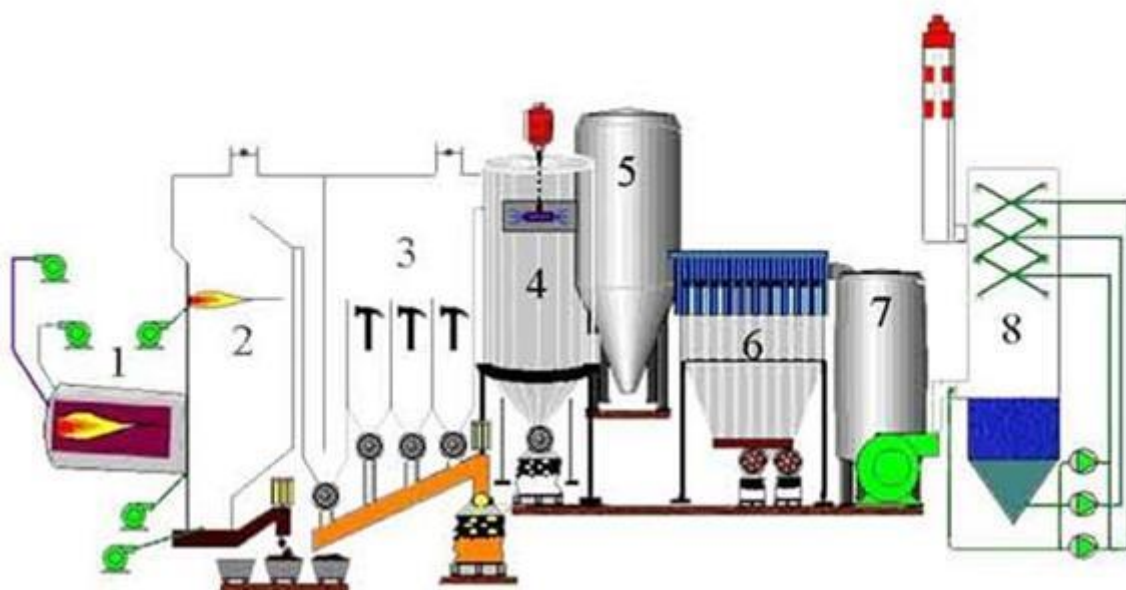
A **füstgázban** jelenlévő szennyező anyagok:

- A tökéletlen égésből szén-monoxid, szerves szénvegyületek és dioxin keletkezik. Ezek a füstgáz tisztítás során adszorbereket vagy katalitikus bontóegységeket alkalmazva távolíthatók el.
- Jelentős mennyiségben képződhetnek gáz halmazállapotú szervesetlen komponensek is az égetés során: halogén vegyületek (klór, fluor vegyületek, sósav) és kénvegyületek (SO_x); valamint szilárd halmazállapotúak: por, (fél)fémek (Hg, Cd, Tl, Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn). Ezeket a vegyületeket többlépcsős füstgáztisztító rendszerekben lehet eltávolítani (57. ábra).

A **szilárd maradékok** keletkezése a veszélyes hulladékok összetételétől függ, átlagosan 10-20%-ban tartalmaznak nem éghető szervesetlen anyagokat is. Ezek a salakban és a pernyében jelennek meg. A salak veszélyességét elsősorban a magas sótartalma határozza meg. A pernye általában nagyobb veszélyességű, mert a nagy fajlagos felület miatt a káros anyagok adszorpciója jóval nagyobb mértékű. A pernye mennyisége viszont jóval kisebb, átlagosan a salak tömegének 10%-a. Szilárd maradék még a képződő szennyvíziszapok és a füstgázból eltávolított szilárd anyagok. Ezek mennyisége erősen változó, de akár elérheti a salak és pernye együttes tömegét is.

Az előzőeken kívül **szennyvíz** is keletkezik az égetőműben. Ez a füstgáz mosóvízből, a nedves salakozó hűtő- és mosóvizéből, valamint egyéb technológiai vizekből származik. Szennyezőanyag tartalmát az ülepezhető szervesetlen anyagok, oldott sók és nehézfémek adják, emellett a savas vagy lúgos kémhatása is szennyező tényező. A szennyvíz csak az engedélyezett, előírt kezelés után bocsátható ki (Lábódy, 2000).

A veszélyes hulladék égetésének technológiája alapvetően megegyezik a nem veszélyes hulladékok égetésével, azonban a technológiai előírások szigorúbbak, a füstgáz tisztítása is jellemzően több lépésből álló folyamat. A veszélyes és nem veszélyes hulladékok égetését egyaránt végző, évi 35000 tonna kapacitású Sarpi Dorog Kft. égetési technológiája BAT-nak minősül (57. ábra). A füstgáz tisztítása több lépcsőben zajlik: a mésztejes abszorberben a savas vegyületek kötődnek meg; a mészpóros és aktívszenes reaktorban a dioxinok, furánok és nehézfémek megkötődése történik; a szilárd részecskék a zsákos porleválasztóban kerülnek ki a füstgázból, a dioxinmentesítő toronyban a dioxinok és furánok oxidációja történik, de a nitrogén-oxid tartalom is csökken; végül a mésztejes mosóban a füstgáz lehűl, vízgőzzel telítődik és a maradék szennyezőanyagok is megkötődnek (sarpi.hu).



57. ábra A Sarpi Dorog Kft. hulladékégető folyamatábrája (1. forgókemece 2. utóégető kamra 3. hőhasznosító kazán 4. abszorber 5. mészporos és aktívszén reaktor 6. zsákos porleválasztó 7. katalitikus dioxin mentesítő 8. mosótorony) (sarpi.hu)

A veszélyes hulladékok együttégetéssel történő ártalmatlanítása is lehetséges. Ekkor cementgyárakban, erőművekben vagy települési szilárd hulladék-égetőművekben, történik az égetés. A veszélyes hulladék és a vele együtt adagolt tüzelőanyag tömeg arányát hatósági engedély határozza meg (Bese et al., 2001) és a hulladék csak olyan arányban kerülhet felhasználásra, amellyel a levegőtisztaság-védelmi határértékek még betarthatók.

Az energetikai hasznosításnál szem előtt kell tartani, hogy az elsődleges cél az összetevők veszélyességének megszüntetése vagy csökkentése és a felszabaduló energia hasznosítása tkp. egy "melléktermék". Ez esetben termikus ártalmatlanításról beszélünk. Tényleges energetikai hasznosítás akkor történik, ha a magas fűtőértékű veszélyes hulladékkal elsődleges energiahordozót váltanak ki (pl. hulladék olaj égetése) (Groniewsky, 2011).

4. A veszélyes hulladékok lerakása

Lerakásra kizárólag a nem hasznosítható, ill. más módszerrel nem ártalmatlanítható veszélyes hulladékok kerülhetnek. A veszélyes hulladéklerakók kialakítása a nem veszélyes hulladékdepókhoz hasonló, csak többszörös védelmet és szigorúbb biztonsági előírásokat kell megvalósítani (A hulladékok kezelési lehetőségei fejezet hulladéklerakókról szóló részében ezekre utalás történt).

Hazánk kiemelt veszélyes hulladék lerakója az Aszód-galgamácsai Veszélyeshulladék-lerakó, amely 1989 óta működik. A különleges kezelést igénylő veszélyes és ipari hulladékok lerakással történő ártalmatlanítását végzik. A lerakón szilárd, nem bomló és nem égethető ipari veszélyes hulladékok helyezhetők el.

A hulladékok megfelelő csomagolásban kerülnek elhelyezésre (58. ábra). Ennek takarása részben veszélyes anyaggal szennyezett talajjal is történhet. A feltöltés alatt álló medence felett kifeszített ponyva védi a lerakásra kerülő hulladékot. A lerakótér feltöltésének előrehaladtával a ponyva áthelyezhető és a rekultiváció is folyamatosan végezhető (59. ábra).



58. ábra Becsomagolt (big-bag zsákos) veszélyes hulladék elhelyezése a lerakóban
(www.saubermacher.hu/web/hu/)



59. ábra A lerakó már betelt részén a rekultivációs munkák elkezdődtek (a felső végén már a füvesítés is megtörtént, a középső részen a takarórétegek felvitele történik, míg az alsó végén még tartanak az elhelyezési munkák) (www.saubermacher.hu/web/hu/)

Teszt

8. fejezet - A radioaktív hulladékok

A radioaktív hulladékokkal kapcsolatos kérdéseket több törvény, kormány- és miniszteri rendelet szabályozza. Nem tartoznak a Hulladékgazdálkodási Törvény hatálya alá. Hatásukat tekintve humán egészségügyi szempontból nagy kockázatot jelentenek. Súlyos elváltozásokat, betegségeket vagy akár halált is okozhatnak, mind az ember, mind a többi élőlény esetében.

Radioaktív hulladék minden olyan radioaktív anyag, amely további felhasználásra már nem kerül és a sugárvédelmi jellemzők alapján nem kezelhető közönséges hulladékként (1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról). A hivatkozott törvény még kimondja, hogy a radioaktív hulladékok végleges elhelyezése állami feladat.

1. A radioaktív hulladékok keletkezése és típusai

Radioaktív hulladékok többféle forrásból eredhetnek. Az urán- és tórium bányászatból, a szén- és gáztüzelésű erőművekből, cementgyártásból, építőanyagok felhasználásából származó hulladékok **természetes** eredetű radionuklidokat tartalmaznak. Ezek mellett a **mesterséges** radioaktív izotópok alkalmazásából is keletkeznek hulladékok. Az iparban az anyagvizsgálatokhoz, minőségellenőrzéshez, szint- és víztartalom méréséhez, füstjelzőkben, hő- és fényforrások gyártásában, az élelmiszeriparban csírátlanításra használják a radioaktív izotópokat. Rendkívül fontos az orvostudományban a diagnosztikai és terápiás célokra történő alkalmazás, valamint a kutatásokat szolgáló felhasználás több tudományterületen is. A nukleáris energia előállítás során is sokféle radioaktív hulladék keletkezik (Szűcs, 2011).

A radioaktív hulladékok csoportosítása több szempont szerint lehetséges (Anton et al., 2009):

- halmazállapot szerint
 - szilárd (szilárd biológiai)
 - folyékony (tűzveszélyes és nem tűzveszélyes)
 - légnemű
- aktivitás koncentráció szerint
 - kis aktivitású ($< 5 \cdot 10^5$ kBq/kg)
 - közepes aktivitású ($5 \cdot 10^5 - 10^8$ kBq/kg)
 - nagy aktivitású ($> 5 \cdot 10^8$ kBq/kg)
- dózisteljesítmény szerint (a hulladék felületétől 10 cm-re mérve) (60. ábra)
 - kis aktivitású ($< 0,3$ mSv/h)
 - közepes aktivitású ($0,3$ mSv/h – 10 mSv/h)
 - nagy aktivitású (> 10 mSv/h)
- a hőfejlődés szerint
 - kis- és közepes aktivitású hulladék: a hőfejlődés az elhelyezés, tárolás során elhanyagolható
 - nagy aktivitású hulladék: a hőfejlődést figyelembe kell venni
- az izotópok felezési ideje szerint
 - rövid élettartamú (< 30 nap)
 - közepes élettartamú (30 nap – 30 év)

- hosszú élettartamú (> 30 év)
- eredetük szerint
- ipari, mezőgazdasági, orvosi radioaktív izotóp alkalmazás
- nukleáris üzemanyag ciklusból (uránbányászat és -dúsítás, fűtőelem gyártás, atomerőmű, kiégett üzemanyag újrafeldolgozás)
- izotópgyártás
- kutatóreaktorok



60. ábra Kis aktivitású hulladékot tartalmazó hordó dózisteljesítményének ellenőrzése
(atomeromu.hu/hulladekkezeles)

2. A radioaktív hulladékok kezelése

A **kis- és közepes aktivitású hulladékok** kezelése a következő lépésekkel jellemezhető:

- gyűjtés, osztályozás, csomagolás
- ideiglenes tárolás, szállítás
- hulladékkezelés
- térfogat csökkentés (pl. préselés, hőkezelés, bepárlás, szűrés, extrakció) (61. ábra)

- kondicionálás (cél az immobilizálás pl. cementezéssel, bitumenezéssel, üvegesítéssel)
- feldolgozott hulladék szállítása, átmeneti tárolása (62. ábra)
- a hulladék végső elhelyezése



61. ábra Hulladék préselés (atomeromu.hu/hulladekkezeles)



62. ábra Kis aktivitású hulladék átmeneti tárolása (atomeromu.hu/hulladekkezeles)

A **nagy aktivitású hulladékok** az atomerőművek kiégett fűtőelemei és az azok újfelfeldolgozásakor keletkező hulladékok, de keletkezhetnek még a reaktorokban felaktiválódott anyagokból is (Kanyár et al., 2004). A fűtőelemek átmeneti, legalább három éves tárolásáról – megfelelő hűtés mellett - az erőmű területén kell gondoskodni. Ez idő alatt a rövid felezési idejű radioizotópok (pl. ^{131}I) aktivitása jelentősen lecsökken. Ezt követően két lehetőség van a kezelésre: az újrahasznosítás (reprocessálás) és a végleges elhelyezés mély geológiai tárolókban. Előfordul az is, hogy egy jobb hasznosítási technológia létrejöttében bízva – vagy csak a későbbi döntésre várva – hosszabb távú (több tíz éves) átmeneti tárolásra kerülnek a fűtőelemek. A fűtőelem újrahasznosítása során a benne maradt urán és a folyamat során képződött plutónium kinyerése történik meg (63. ábra).



63. ábra A kiégett fűtőanyag összetétele (www.haea.gov.hu)

A kiégett fűtőelemek csak kis arányban kerülnek újrahasznosításra, az eljárás drága, veszélyes és jelentős mennyiségű hulladékot képez. A hulladékban található másodlagos aktinidák erősen radiotoxikusak és némelyek hosszú élettartamúak, a hasadási termékek közül pedig kiemelendő a 16 millió éves felezési idejű ^{129}I és a 200 ezer éves felezési idejű ^{99}Tc . Ezeknek az izotópoknak a transzmutációjával stabilabb izotópot lehet létrehozni. A hosszú felezési idejű radionuklidok rövidebb felezési idejűvé vagy stabil izotóppá történő átalakításával elérhető, hogy a radioaktív hulladék aktivitása jelentősen csökkenjen. Ezzel nem váltható ki a végleges elhelyezés, de a kisebb tömegű és rövidebb lebomlási idejű hulladék tárolása biztonságosabb. A transzmutáció ma már technikailag is megoldott, kipróbált módszer és remélhetően a jövőben elterjedtebben alkalmazzák majd a nagy aktivitású radioaktív hulladékok kezelésében (Fehér, 2007).

A végső elhelyezés elvei, hogy minél kisebb térfogatban, szilárd halmazállapotban, a környezettől jól (többszörös védelemmel) elszigetelten, stabil geológiai környezetben történjen:

- a környezettől való elsődleges elhatárolódást már maga a szilárd halmazállapot, valamint a csomagolóanyag jelenti (pl. acélhordók)
- a másodlagost a tároló műszaki elemei (pl. vas-beton fal, szigetelések, felszíni vízelvezetés)
- a harmadlagost pedig a geológiai környezet (Kanyár et al., 1996)

A számítások szerint az izotópok koncentrációja kb. 600 év múltán annyira lecsökken, hogy az már nem jelent veszélyt az emberre és környezetre. A műszaki és természetes védelemnek ennyi ideig kellene sértetlenül biztosítania az elszigetelést.

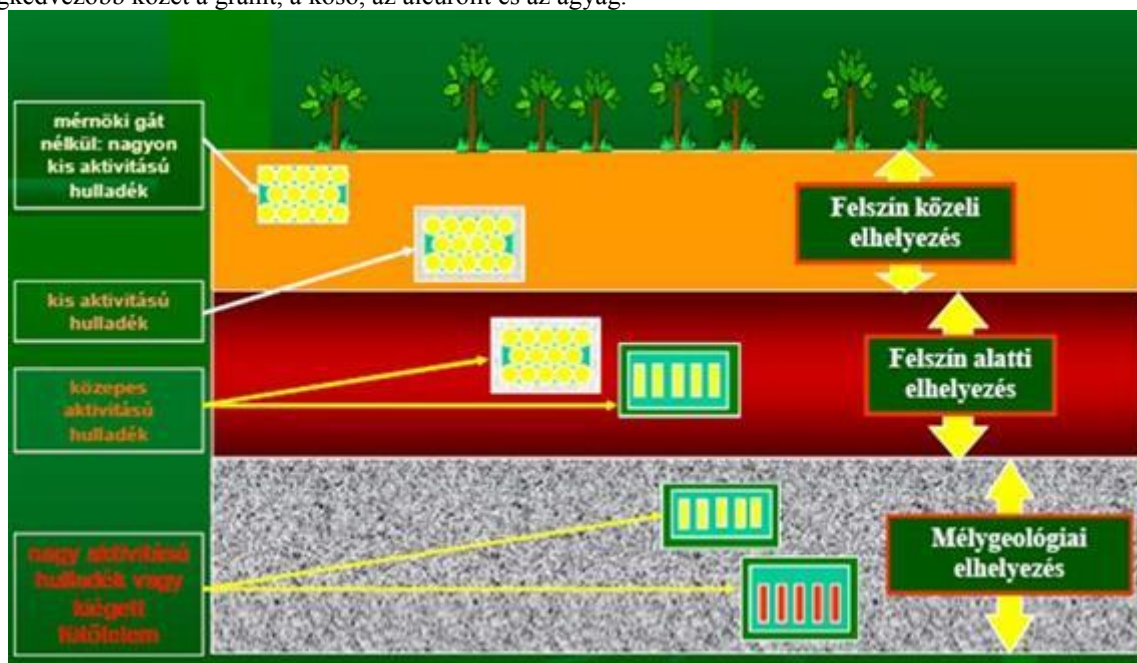
A tároló lehet (64. ábra)

- felszíni (felszín közeli)
- felszín alatti (épített tároló vagy pl. felhagyott sóbánya)
- mély geológiai elhelyezésű.

A mély geológiai elhelyezést csak megfelelő földtani környezetben lehet megvalósítani, ami azt jelenti, hogy a területnek

- földmozgásoktól mentesnek kell lennie
- tartósan alacsony víztartalmi és vízáramlási tulajdonságokkal kell rendelkeznie
- a geo- és hidrokémiai viszonyok tekintetében is stabilnak kell lennie.

Ezen tulajdonságok révén a természetes környezet (a befogadó kőzet), valamint a kialakított műszaki védelem együttesen megfelelő biztonságot nyújt. Az általában több száz méter mélységben lévő tárolók kialakításhoz legkedvezőbb kőzet a gránit, a kősz, az aleurolit és az agyag.



64. ábra A különböző típusú radioaktív hulladékok elhelyezése (www.haea.gov.hu)

3. A radioaktív hulladékok kezelése hazánkban

Hazánkban a legnagyobb radioaktív hulladék termelő létesítmény a Paksi Atomerőmű. A kis- és közepes aktivitású hulladékokat (pl. védőruhák, szerszámok, alkatrészek, bepárlási maradékok, ioncserélő gyanták) korábban a Püspökszilágyon lévő Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló telephelyére szállították. A hulladékok elhelyezése vasbeton tárolómedencékbe és rozsdamentes acél csőutakba történt, ami a tárolókapacitás nagy részét már igénybe is vette. Szerencsére 2008-ban elkészült Bábaapátiban a Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló felszíni létesítménye és azóta ott kerültek átmeneti tárolásra a hulladékok. A felszín alatti létesítmény 2012 végén került átadásra és megkezdődött a 250 m-es mélységben kialakított tárolóban a kis- és közepes aktivitású hulladékok végleges elhelyezése. Két 1500 m hosszú lejtős aknával lehet lejutni a tárolótérbe, ahová a 200 és

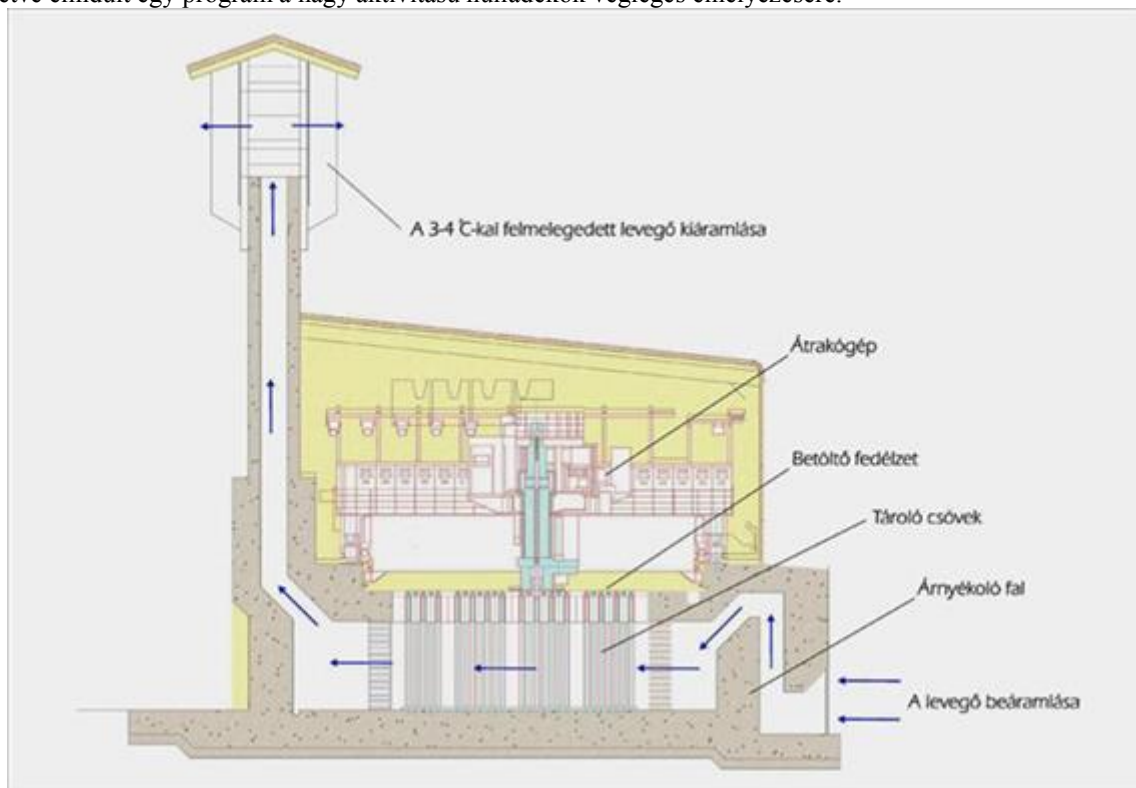
400 literes hordókban érkező hulladék betonkonténerekbe vagy acélkeretbe helyezve kerül tárolásra (65. ábra) (Hegyháti, 2007).

Az egészségügyi intézményekben, a kutatásban, az ipari, mezőgazdasági felhasználás során keletkező hulladékok továbbra is Püspökszilágyban kerülnek lerakásra.



65. ábra A Nemzeti Radioaktív hulladék-tárolóban elhelyezett első, kilenc hordót tartalmazó beton konténer (www.rhk.hu)

A nagy aktivitású kiégett fűtőanyag kazetták az erőmű átmeneti tárolójába kerülnek. A száraz tároló betonkamrájában a kazettákat függőleges helyzetű, hermetikusan lezárt acélcsövekben helyezik el, ahol szükség esetén akár 50 évig is tárolni lehet azokat. A termelődő hő eltávolítása természetes huzattal történik (66. ábra). A fűtőelemeket korábban visszaszállították Oroszországba reprocessálásra (az orosz fél elvárása alapján ötéves pihentetés után), de ez a lehetőség hosszabb távon bizonytalanná vált. Ezért is bővítették a tároló kapacitását, illetve elindult egy program a nagy aktivitású hulladékok végleges elhelyezésére.



66. ábra A Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója a levegővel történő hűtési rendszer feltüntetésével (www.rhk.hu)

Teszt

9. fejezet - A hulladékokkal kapcsolatos jogi szabályozás

1. A hulladékgazdálkodási törvények

1.1. A 2000. évi XLIII. törvény a hulladékgazdálkodásról

A 2000. évi XLIII. törvény a hulladékgazdálkodásról teljes mértékben EU konform, az EU erre vonatkozó jogszabályainak felhasználásával, elvárásainak figyelembe vételével készült. A hulladékgazdálkodás törvényi szabályozására hazánkban már igen nagy szükség volt. Létezett ugyan korábban is szabályozás, három törvény is foglalkozott részlegesen a hulladékgazdálkodással és emellett még számos alacsonyabb szintű jogi előírás (kormány- és miniszteri rendelet) vonatkozott még a hulladékokkal kapcsolatos kérdésekre. Ezek fogalomrendszere és szemlélete azonban nem volt egységes, egyes előírásaik már elavultak, a nemzetközi ill. EU-s elvárásoknak sem feleltek meg. Ezért vált szükségessé a hulladékgazdálkodás általános elveit, a fogalmakat, a kötelezettségeket és jogokat megfogalmazó, általános keretet biztosító önálló törvény létrehozása.

A törvényben megfogalmazott, a hulladékgazdálkodás során érvényesítendő elvek a következők.

Megelőzés elve : arra kell törekedni, hogy minél kisebb mennyiségű és veszélyességű hulladék keletkezzen.

Elővigyázatosság elve : a valós kockázat ismerete hiányában úgy kell eljárni, mintha az a lehetséges legnagyobb mértékű lenne.

Gyártói felelősség elve : a termék előállítója felelős azért, hogy a gyártás minden szempontból a lehető legjobban megfeleljen a hulladékgazdálkodási előírásoknak és mind az előállítás, mind a termék használata során ill. a termék elhasználódása során keletkező hulladékok kezelését, újrahasznosítását is megtervezze és ezek költségeihez is hozzájáruljon.

Megosztott felelősség elve : az előző elvben megfogalmazottak teljesítésében nem csak a gyártónak, hanem a termék teljes életciklusában érintett szereplőknek is részt kell venniük.

Elvárható felelős gondosság elve : a hulladék tulajdonosának mindent meg kell tennie azért, hogy a hulladék környezetterhelése a lehető legkisebb mértékű legyen.

Elérhető legjobb eljárás elve : arra kell törekedni, hogy a rendelkezésre álló lehető legjobb technológiát alkalmazzák, amely anyag- és energiatakarékos és a legkevesebb, legkevésbé veszélyes hulladék keletkezésével jár. Ugyanakkor a keletkezett hulladékokat a legmodernebb környezetkímélő kezelési technológiákkal kell kezelni.

Szennyező fizet elv : a hulladék előállítója vagy birtokosa köteles a hulladékkezelés költségeit megfizetni és ha környezetszennyezést is okozott hulladék, akkor annak megszüntetésének, a kár megtérítésének anyagi terheit is viselni kell.

Közelség elve : a hulladék kezelését a lehető legközelebbi, arra alkalmas létesítményben kell elvégezni.

Regionalitás elve : adott területű gyűjtőközteret ellátó hulladékkezelő létesítményekből álló hálózat létrehozását kell megvalósítani.

Önellátás elve : ezen elv alapján törekedni kell a hulladékok teljes mértékű ártalmatlanítására a közelség és a regionalitás elvének figyelembe vételével, valamint országos ártalmatlanító hálózatot kell kialakítani.

Fokozatosság elve : a hulladékgazdálkodási célok megvalósítását meg kell tervezni és fokozatosan, lépésről-lépésre megvalósítani.

Példamutatás elve : az állami és önkormányzati testületeknek, intézményeknek a törvény céljait és elveit érvényesíteni kell tevékenységükben.

Költséghatékonyság elve : a hulladékgazdálkodási tevékenységeket úgy kell végezni, hogy azok a legnagyobb környezeti eredménnyel járjanak és így a gazdálkodók és a fogyasztók által kifizetett költségek a lehető legjobban hasznosuljanak.

A törvény néhány, kiemelésre érdemes előírása:

- A törvény kötelező közszolgáltatásként előírta a települési önkormányzatok számára az ingatlanokon keletkező hulladékok kezelését (gyűjtés, szállítás, megfelelő kezelés).

- A törvény előírta az Országos Hulladékgazdálkodási Terv elkészítését, amely a Nemzeti Környezetvédelmi Program részeként szerepel. E terv alapján kell a területi, a megyei és a települési hulladékgazdálkodási terveket megalkotni, még egyes – a hulladékgazdálkodási feladatokat tevékenységükkel jelentősen befolyásoló – gazdálkodó szervezeteknek is saját hulladékgazdálkodási tervet kell készíteni.

- Az elkészülő helyi hulladékgazdálkodási terveknek tartalmaznia kell a lerakóra kerülő hulladék összetételét, tömegviszonyait, így a biológiailag lebomló hulladékok mennyiségét is, amelyek lerakását tervszerűen, fokozatosan csökkenteni kell: 2014-ben nem haladhatja meg a 35%-ot (az 1995-ös mennyiséghez viszonyítva).

- A törvény kimondja, hogy a gyártó köteles az általa belföldön forgalmazott termékből származó hulladékot és a használt terméket a forgalmazótól, a fogyasztótól visszafogadni annak újrahasznosítása vagy ártalmatlanítása céljából. Ehhez kapcsolódóan meghatározta, hogy 2005-re a hulladékká vált csomagolóanyagok 50%-a újrahasznosításra kerüljön.

1.2. A 2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról

Az EU 2008-ban új Hulladék Keretirányelvet (2008/98/EK irányelv) fogadott el és a tagállamoknak a hulladékgazdálkodás jogi szabályozását ennek megfelelően át kellett dolgozni. Az új keretirányelv ötfokozatú hulladékgazdálkodási hierarchiát ill. annak betartását írta elő:

1. megelőzés, csökkentés
2. újrahasználat
3. újrahasznosítás, újrafeldolgozás
4. egyéb (energetikai) hasznosítás
5. ártalmatlanítás

A megelőzés és elővigyázatosság elvének megfelelően Nemzeti Megelőzési Programot(NMP) kell készíteni, ami hat évre szól és 2013. végére kell kidolgozni. A NMP az Országos Hulladékgazdálkodási Terv része lesz.

A új keretirányelv által előírtak beépítése hazánk hulladékgazdálkodásába alapvetően az új hulladék törvény létrehozásával történt meg. A jogalkotók úgy döntöttek, hogy tekintettel az irányelvben megfogalmazott jelentős változásokra, valamint a hulladékgazdálkodási törvényünk megalkotása óta eltelt időszak tapasztalataira, nem a meglévő törvényt módosítják, hanem új törvényt alkotnak. Végül a parlament 2012. november 26-án elfogadta a hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV törvényt, amely 2013. január 1-én lépett hatályba. A törvény számtalan új fogalmat vezet be és nagy számban tartalmaz új elemeket. A törvényhez kapcsolódóan 44 végrehajtási jogszabályt kerül majd megalkotásra.

A hulladékgazdálkodási alapelvek között újak is megjelentek, ezek a következők.

Újrahasználat és az újrahasználatra előkészítés elve :a hulladékképződés megelőzése érdekében a termékek újrahasználatát, javítását, újratöltését, a hulladék újrahasználatra előkészítését kell segíteni.

Kiterjesztett gyártói felelősség elve (a gyártói felelősség helyett):a gyártó felelős a termék és a technológia jellemzőinek a megelőzés és a hulladékgazdálkodás követelményei szempontjából történő kedvező megválasztásáért, a termékből képződő hulladék hasznosításának és ártalmatlanításának megtervezéséért; a kiterjesztett gyártói felelősség alapján a gyártó felelős továbbá a termék visszaváltásáért, visszavételéért, a termékből származó hulladék átvételéért, illetve a termékdíjról szóló törvényben meghatározott további hulladékgazdálkodási tevékenységek elvégzéséért, amelyek pénzügyi felelősséget is magukban foglalnak.

A biológiailag lebomló hulladék hasznosításának elve : a biológiailag lebomló hulladék elkülönített gyűjtését és hasznosítását elő kell segíteni annak érdekében, hogy a hasznosítás után a természetes szervesanyag-körforgásba minél nagyobb tisztaságú anyagként kerülhessen vissza és hogy a lerakásra kerülő települési hulladék biológiailag lebomló tartalma csökkenjen.

A költséghatékony hulladékgazdálkodási közszolgáltatás biztosításának elve : a hulladékgazdálkodási közszolgáltatást úgy kell tervezni és fejleszteni, hogy a feladatok ellátása a legkisebb mértékben tegye szükségessé a hulladékgazdálkodási közszolgáltatási díj emelését.

A keresztfinszírozás tilalmának elve : a hulladékgazdálkodási közszolgáltatás díját úgy kell megállapítani, hogy az fedezze annak indokolt költségeit és a közszolgáltató e tevékenységével kapcsolatos ésszerű nyereségét, de nem tartalmazhatja a hulladékgazdálkodási közszolgáltatáson kívül eső egyéb gazdasági tevékenységek költségeinek, ráfordításainak fedezetét.

Új elem a gyártók számára az **újrahasználati hálózatok** kialakításának kötelezettsége, ami a használt termékek javítására és újrahasználatra történő előkészítésére irányul.

Új fogalomként jelenik meg a „melléktermék”, ami az anyagoknak a termelési körfolyamatba történő visszavezetését segíti. A melléktermék olyan folyamat során keletkezik, amelynek nem elsődleges célja az ilyen termék vagy anyag előállítása. Emellett további feltételként jellemző rá, hogy további felhasználása biztosított, közvetlenül felhasználható, az előállítási folyamat szerves részeként állítják elő, a környezetre és az emberre nincs káros hatással ill.

további használata jogszerű, azaz megfelel az összes jogszabályi előírásnak.

Szintén új tényező, hogy azok a hulladékok, amelyek feldolgozás után alkalmasak valamely gyártási technológiában való közvetlen felhasználásra, ezen állapot elérése után kikerüljenek a hulladék státuszából.

Kiemelt feladatként kezeli a törvény a szelektív hulladékgyűjtés megvalósítását ill. továbbfejlesztését. 2015-re az ország egész területén meg kell valósítani az elkülönített rendszerű gyűjtést és 2020 végéig az üveg-, fém-, műanyag- és papír hulladékok újrahasználatra való előkészítését, újrafeldolgozását 50 %-ra kell növelni. A szelektív gyűjtést a településeken elsősorban a házhoz menő rendszer fogja megvalósítani, a hulladékgyűjtő szigetek alkalmazása a törvény szerint csak a sűrűn lakott településrészekben indokolt.

A hulladékkezelési feladatok irányításában fontos szerepet kapott egy új szervezet, az Országos **Hulladékgazdálkodási Ügynökség** Közhasznú Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság (=OHÜ). **Nyomon követi** és 2012-től kizárólagos joggal koordinálja a magyarországi szelektív hulladékgazdálkodást. Tevékenysége révén fontos szerepet tölt be a hulladékok keletkezésének megelőzésében, valamint a szelektíven gyűjtött hulladékok hasznosításában. Az OHÜ a környezetvédelmi miniszter felügyelete alá tartozik és 100 %-os állami tulajdonban lévő vállalat.

Az OHÜ feladatai közé tartozik:

- a hulladékgazdálkodás folyamatainak ellenőrzése
- a termékdíj-köteles termékekből keletkező hulladékokkal kapcsolatos tevékenységek (gyűjtés, hasznosítás, fejlesztés) koordinálása, ellenőrzése
- a lakosság környezettudatosságának kialakításában és fejlesztésében való részvétel
- az Országos Gyűjtési és Hasznosítási Terv (OGYHT) elkészítése és végrehajtása (www.szelektivinfo.hu)

Az új szabályozás a hulladékkezelési közszolgáltatást is jelentősen átszervezi, 2013-tól kizárólag állami, illetve önkormányzati többségi tulajdonban lévő vállalkozás végezhet hulladékkezelési közszolgáltatást. Így megszűnik a jelenlegi piaci verseny (hirek.logportal.hu).

A törvény szerint 2013-tól hulladéklerakási járulékot kell fizetni a lerakók üzemeltetőinek, amit a hulladék mennyisége és fajtája alapján állapítanak meg és mértéke 2013-tól 2016-ig növekszik. Ezzel a közszolgáltató cégeket arra ösztönzik, hogy a hulladék lerakása helyett a szelektív gyűjtést helyezték előtérbe. A járulékból befolyt összeget hulladékgazdálkodási feladatok finanszírozására kell majd fordítani. Hasonló járulékfizetést vezettek be már korábban Csehországban, Szlovákiában és Lengyelországban is (www.kormany.hu).

Az új hulladék törvény alapvető célja, hogy minél kevesebb hulladék keletkezzen, ill. a keletkezett hulladék minél hatékonyabban legyen hasznosítva. Ennek érdekében törekedni kell a hulladékszegény technológiák alkalmazására, támogatni kell az újrahasználatú és tartós termékek használatát és a fogyasztói magatartást befolyásoló tájékoztató felvilágosító munkát (Kné Ringelhann, 2011).

2. A termékdíj

A környezetvédelmi termékdíj fizetési kötelezettség fontos gazdasági szabályozó rendszer. Olyan termékeket érint, amelyek használata közvetlen környezeti veszélyt jelent, illetve amelyekből a legnagyobb mennyiségű vagy veszélyességű hulladék keletkezik. Az első termékdíj törvény az **1995. évi LVI. törvény** volt. E szerint a termékdíj megfizetésére kötelezett vagy megfizeti a kirótt díjat, vagy ha vállalja az újrahasznosítás költségeit, akkor mentességet, kedvezményt kap. Ez természetesen csak akkor ösztönző, ha az utóbbi az alacsonyabb. A termékdíj bevezetésének feltételei: jelentős környezetterhelő hatás, homogén termék, helyettesítő termék léte. Mértéke függ hulladék kezelési költségétől (beleértve az információs, ellenőrzési és igazgatási rendszer fenntartását is).

A termékdíj rendszer alkalmazása részben igazolta a hozzáfűzött reményeket: a hulladékkezelési teljesítmény fokozatosan nőtt, fejlődött a hulladékipar, jelentősen javult a lakossági szelektív hulladékgyűjtés és az sem elhanyagolható, hogy évente 20-25 milliárddal nőtt a központi költségvetés bevétele. Ezek mellett azonban a sorozatos módosítások révén a termékdíj szabályozás bonyolulttá vált és igen sok adminisztrációs terhet is jelentett, időközben a termékdíjas termékek listája is felülvizsgálatra szorult.

A rendszer működését akadályozó legfőbb okokat a következőkben foglalták össze (KvVM, 2009):

- a szabályozás nem ösztönzi megfelelően a hulladékgazdálkodási célok (hulladék keletkezés csökkentése, hasznosítás növelése) elérését
- emiatt nő/nem csökken a lerakásra kerülő hulladék mennyisége, nő az illegálisan elhagyott hulladék mennyisége
- az elért hasznosítási teljesítmények fokozása a lakossági szelektív gyűjtés javításával lehetséges
- a közösségi célokat (lakossági szelektív gyűjtés, szemléletformálás) teljesítők verseny hátrányba kerülnek
- a kötelezettek köre túl széles és ez nagyon megnehezíti az ellenőrzést (nagy a rendszert kikerülők száma)
- az adminisztráció bonyolult
- termékdíj befizetésből eredő pénzüsszegek fokozatosan beolvadtak a költségvetésbe és csak csekély mértékben szolgálták a törvény eredeti célkitűzését

A szükségessé vált új szabályozással szembeni elvárás: egyszerűbb, átláthatóbb legyen és hangsúlyoznia kell, hogy a termékdíjat a hulladékgazdálkodási teljesítmény növelésére kell fordítani. Ezenkívül az új termékdíj törvénynek a Hulladékgazdálkodási törvénnyel és a II. Országos Hulladékgazdálkodási Tervvel (2009-2014) is összhangban kell lennie.

A **2011. évi LXXXV. törvény környezetvédelmi termékdíjról** hatálya a termékdíj köteles termékekre és az azzal kapcsolatos tevékenységekre terjed ki.

A termékdíj törvény létrehozásának célja, hogy a termék életciklusa során keletkező közvetlen és közvetett környezeti hatások megelőzéséhez ill. mérsékléséhez pénzügyi forrásokat teremtsen és elősegítse az európai uniós és a hazai hulladékgazdálkodási szabályozás által előírt elvárások teljesítését. Ennek érdekében a hulladékhasznosítás mértékének lehető legnagyobb arányú növelését, a többször felhasználható termékek használatának elősegítését szorgalmazza.

A törvény által meghatározott termékdíj köteles termékek a következők:

- akkumulátorok
- csomagolószerek
- egyéb hőolajtermékek

- elektromos és elektronikai berendezések
- gumiabroncsok
- reklámhordozó papírok

A korábbi szabályozáshoz képest jelentősen változott a csomagolás termékkör, az új fogalmak a következők (temékdíjinfo.hu):

csomagolóeszköz (megjelenési forma: doboz, zacskó, hordó, palack, stb.)	a termék vagy a kisebb csomagolás befogadására, egységbe fogására kialakított, meghatározott anyagú, szerkezetű – általában ipari, vagy szolgáltató jellegű tevékenység keretében előállított – ideiglenes védőburkolat, továbbá a raklap		csomagolószer
csomagolóanyag (megjelenési forma: ív, tekercs, lap, tábla)	a csomagolóeszközök előállítására, illetve az ideiglenes védőburkolat kialakítására közvetlenül alkalmazható szerkezeti anyagok gyűjtőfogalma	egyéb csomagolószer	
csomagolási segédanyag (megjelenési forma: záró-, rögzítő-, díszítő elem, címke, stb.)	a csomagolás kiegészítő vagy járulékos részeként felhasználható – így különösen záró, rögzítő, párnázó, díszítő – elemek, valamint kellékek, így különösen címke, páralekötő anyag, hordfogantyú, ragasztó gyűjtőfogalma		

Pl. a tubus csomagolóeszköz, a kupakja és a ráragasztott címke csomagolási segédanyag; vagy a zsák csomagolóeszköz, a zsák nyílását összefogó kötözőanyag csomagolási segédanyag.

Az újrahasználat növelését célozza az a rendelkezés, hogy a belföldi gyártású újrahasználatos csomagolás után nem kell termékdíjat fizetni, ha azt betétdíjas rendszerben, ténylegesen újrahasználik. A külföldről származó újrahasználatos csomagolás esetében ez akkor érvényes, ha azt egy éven belül visszaszállítják külföldre.

A reklámhordozó papír definíciója pontosabb lett, ide tartoznak a következő kategóriák: az időszakos lapok egyes számai, röplap és az egyéb szöveges kiadvány, a grafikát, rajzot vagy fotót tartalmazó kiadvány, továbbá a térkép. Nem sorolandó viszont a reklámhordozók közé az a kiadvány vagy időszakos lap, mely 1/3 részénél kevesebb gazdasági reklámot tartalmaz.

A termékdíj alapja a termék tömege. A termékdíj fizetés alóli mentesség alapvetően megszűnt, de a befizetett összeget bizonyos jogcímenek vissza lehet igényelni (pl. külföldre történő igazolt szállítás, külföldre történő értékesítés esetén).

A korábbihoz (2011. december 31-ig érvényes díjtételekhez) képest a fizetendő termékdíj **tarifák a legtöbb kategóriában csökkentek (gumiabroncs, akkumulátor, elektromos és elektronikai berendezések, kereskedelmi csomagolás)**, az egyéb közlekedési termékek, a reklámhordozó papírok és a nem kereskedelmi csomagolás termékdíjai viszont növekedtek. A törvény 2. melléklete tartalmazza a tényleges díjtételeket (10. táblázat).

10. táblázat A jelenleg érvényes termékdíj tételek(2011. évi LXXXV.törvény)

termékáram (csomagolásnál anyagáram)	termékdíjtétel (Ft/kg)
Gumiabroncs	52
Egyéb kőolajtermék	
Kenőolaj	112
Akkumulátor	
Elektrolittal feltöltött akkumulátor	60
Elektrolittal fel nem töltött akkumulátor	80
Reklámhordozó papír	64
Elektromos és elektronikai berendezés	
Háztartási nagygépek	50
Háztartási kisgépek	50
Információs (IT) és távközlési berendezések, kivéve a rádiótelefon készülék	50
Szórakoztató elektronikai cikkek	100
Elektromos és elektronikus barkácsgépek, szerszámok, kivéve a helyhez kötött, nagyméretű ipari szerszámok	50
Játékok, szabadidős és sportfelszerelések	50
Ellenőrző, vezérlő és megfigyelő eszközök	50
Adagoló automaták	100
Rádiótelefon készülék	500
Csomagolás	
<i>Csomagolás (kivéve kereskedelmi csomagolás)</i>	
Műanyag	42
Társított (kivéve társított rétegzett italkarton)	50
Társított rétegzett italkarton	28
Fém	20
Papír, fa, természetes alapú textil	20
Üveg	17
Egyéb	50
<i>Kereskedelmi csomagolás</i>	
Műanyag (kivéve műanyag bevásárló-reklám táska)	60
Műanyag bevásárló-reklám táska	1800
Üveg	17
Társított (kivéve társított rétegzett italkarton)	300
Társított rétegzett italkarton	130
Fém	300
Egyéb anyagok	300

A díjtételek változásával jelentős hátránya keletkezett a nyomdaiparnak, mivel a reklámhordozó papírok termékdíja több, mint kétszeresére nőtt, és a kötelezett nem a nyomdai megrendelő, hanem maga a nyomda. Továbbra is a műanyag bevásárlótáskák termékdíja a legmagasabb, valószínűleg ezzel próbálják mérsékelni ill. szinten tartani a hipermarketek reklámtáska áradatát (bovaconsulting.hu).

A törvényben új lehetőségként jelent meg gyártói felelősség elvének érvényesítéseként az egyéni hulladékkezelés. A végső fogyasztótól történő begyűjtés történhet a kötelezett telephelyén, vagy - a termék forgalmazását végző kereskedelmi egységgel közösen - az értékesítés helyén. A begyűjtött hulladékokat a kötelezettnek hasznosítani vagy hasznosítani kell. Ez esetben a termékdíj összege módosul, mérséklődik. Az egyéni hulladékkezelés lehetősége eredetileg az akkumulátorok, a csomagolás, az elektromos és elektronikai berendezések és a gumiabroncsok termék- és anyagáramából keletkezett hulladékokra vonatkozott, majd a

végrehajtási rendelet módosítása után az egyéb kőolaj termékekre (a használt vagy hulladékká vált kenőolajokra) is érvényes lett, a reklámhordozó papírokra viszont nem. A **hasznosítási kötelezettségek** a közvetítői tevékenységet ellátó **OHÜ-n keresztül vagy egyénileg is teljesíthetők**. A termékdíj-köteles hulladékáramok hulladékgazdálkodását az OHÜ, valamint a Termékdíj Bizottság irányítja.

Teszt

10. fejezet - Az EU hulladékgazdálkodásának jellemzése

Az Európai Unió eredetileg gazdasági célú közösség volt, ezért a környezetvédelmi politika kialakítására csak 1972-ben, az egyre növekvő mértékben jelentkező környezeti problémák hatására került sor. A környezetvédelemnek az EU politikába történő integrálása csak 1998-ban történt meg. Alapelveket hoztak létre, amelyek segítségével a környezetvédelem a különféle politikákba beépíthetővé vált. Ezzel megvalósult az ún. horizontális megközelítés, amely a szennyezés minden forrását felöleli ill. biztosítja, hogy minden területen megjelenjen a környezet védelme (Bárczi et al., 2003).

1. Környezetvédelmi akció programok

Az Európai Unió környezetvédelmi szabályozásában 1973 óta környezetvédelmi cselekvési programokban határozzák meg a célokat és prioritásokat. Az első két program főként a környezet helyreállítását jelölte ki célként. A harmadik, 1983-ban kezdődő programban fogalmazták meg a megelőzést, mint legfőbb alapelveket. A negyedik akcióprogram (1987-1992) fő feladatként a környezetvédelmi politika harmonizálását és a jogalkotást helyezte előtérbe. Az ötödik program „A fenntarthatóság felé” címet kapta és kiemelte a természeti erőforrások kíméletes felhasználásának szükségességét. Ennek érdekében a termelés csökkentésére, hatékonyabb erőforrás kihasználásra, újrafelhasználásra és visszaforgatásra, alternatív energiaforrások alkalmazására – ezen belül a hulladékok energetikai felhasználására – ösztönzött. Gazdasági szabályozókat és támogatási alapokat is létrehozta ebben az időszakban. A 6. Környezetvédelmi Akció Program címe „Környezet 2010: A mi jövőnk, a mi választásunk” (Bárczi et al., 2003). A legfőbb feladatokat négy területre terjedően határozta meg:

- klímaváltozás
- természetvédelem és biodiverzitás
- környezetegészség
- a természeti erőforrások fenntartható használata és a hulladék kezelése

A 6. Környezetvédelmi Cselekvési Program 2012 júliusáig tartott, értékelésében megállapításra került, hogy az eredmények ellenére a kiemelt területeken is maradtak még teljesítetlen feladatok. A program eredményeként ismerhető el, hogy a gazdaság növekedésével együtt bár továbbra is nő az erőforrások felhasználása, de már nem arányosan, hanem attól kisebb mértékben. A program időszaka alatt a hulladékkezelési jogszabályokat bővítették, többek között az életciklus-elemzés bevonásával, újrahasznosítási célok megállapításával és bizonyos hulladékok veszélyességének csökkentésével. Az időszakban a hulladék mennyiségének csökkentésére irányuló terv nem valósult meg, inkább stagnáló, vagy még növekvő tendencia állapítható meg

A 7. 2020-ig tartó időszakra vonatkozó uniós környezetvédelmi cselekvési program javaslat „Jólét bolygónk felélése nélkül” címmel született meg (67. ábra), ami kilenc kiemelt célkitűzést fogalmazott meg. A második kiemelt célkitűzés (Erőforrás-hatékony, környezetbarát és versenyképes uniós gazdaság kialakítása) tartalmazza a hulladékgazdálkodásra vonatkozó, általánosan megfogalmazott feladatokat. Az Európai Unióban keletkező szilárd hulladéknak átlagosan csak 40%-át használják vagy dolgozzák fel újra. Azonban vannak olyan tagállamok, ahol több mint 70% újrafeldolgozásra kerül, ugyanakkor olyanok is, ahol a települési hulladék több, mint 75%-át hulladéklerakókban helyezik el. Ezen a téren tehát jelentősen előre lehetne lépni, hiszen a lehetőségek, a módok és példák megvannak, a visszaforgatás révén pedig a hulladékból erőforrás válik. A hulladék hierarchia szigorú érvényesítésére kell törekedni, aminek érdekében csökkenteni kell az egy főre jutó hulladékképződést, korlátozni kell a hasznosításra alkalmatlan anyagok használatát, minimalizálni a hulladéklerakást és biztosítani az újrafeldolgozást a másodlagos nyersanyag piac egyidejű fejlesztésével. Ily módon érhető el a végső cél, hogy az Európai Unió gazdasága erőforrás-hatékony, környezetbarát és versenyképes legyen (Európai Bizottság, 2012).



67. ábra A 7. Környezetvédelmi Cselekvési Program javaslatának magyar nyelvű címlapja
(ec.europa.eu/environment/newprg/pdf/7EAP_Proposal/hu.pdf)

2. Az Integrált Szennyezés Megelőzés és Szabályozás

Az IPPC (=Integrated Pollution Prevention and Control) az Európai Tanács 96/61/EK Irányelve az integrált szennyezés-megelőzésről és csökkentésről (újraalkodított változata: 2008/1/EK). A szabályozás az ipari létesítményekre vonatkozik, mégpedig azokra, amelyek tevékenysége a legnagyobb valószínűséggel szennyezőanyag kibocsátást eredményez. Az integrált megközelítés alapján az egyes környezeti elemek terhelését együttesen kell vizsgálni, hiszen a cél a környezet egészének védelme. A levegő-, a víz- vagy a talajszennyezés külön-külön történő kezelése sok esetben a szennyezés egyik környezeti eleméből a másikba történő átvitelét jelentheti. Az IPPC nem csak a kibocsátásokat szabályozza, hanem elemzi az energia felhasználás hatékonyságát, a hulladékok keletkezését, foglalkozik a nyersanyag felhasználással, zajszenyezéssel, a környezeti következményekkel járó haváriák lehetőségével és a kockázat csökkentéssel, stb. A szabályozás kiterjed a létesítmény egészének környezetre való hatására.

A hulladékgazdálkodás területén működő létesítmények közül az irányelv a következőket érinti:

- veszélyes hulladékok ártalmatlanítására vagy hasznosítására szolgáló létesítmények (10 tonna/nap kapacitás fölött)
- települési hulladékot égető művek (3 tonna/óra kapacitás fölött)
- nem veszélyes hulladékot ártalmatlanító létesítmények (50 tonna/nap kapacitás fölött)
- napi 10 tonnánál többet fogadó, vagy 25 ezer tonnánál nagyobb össz-befogadóképességű hulladéklerakók (kivéve az inert hulladéklerakók)

Az IPPC szemléletnek az érvényesülését a legjobb technika (BAT) alkalmazása biztosítja, ami a kibocsátás forrásnál történő csökkentésére és a természeti erőforrások kíméletes felhasználására törekszik. Az **elérhető legjobb technika** (BAT = best available technique) a technikai színvonalnak, és a fenntartható fejlődésnek

megfelelő módszer, üzemeltetés, berendezés, amit a környezetterhelések megelőzésére vagy csökkentésére alkalmaznak. A legjobb az, ami a leghatékonyabb a környezet egészének védelme érdekében. Az elérhető technika az, amelynek fejlesztési szintje lehetővé teszi annak alkalmazását elfogadható műszaki és gazdasági feltételek mellett, figyelembe véve a költségeket és előnyöket. És végül a technika az alkalmazott technológia és módszer, amelynek alapján a berendezést (technológiát, létesítményt) létrehozzák, üzemeltetik, működését megszüntetik, a környezet

helyreállítását végzik (1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól).

Az EU IPCC irodája koordinálja a BREF (= BAT References) dokumentumok létrehozását, amelyek az elérhető legjobb technikákról szóló hiteles információk gyűjteményei az egyes tevékenységekre vonatkozóan. A célja, hogy segítse a legjobb eljárások meghatározását. 2006-ban jelent meg a hulladékfeldolgozó iparra vonatkozó BREF dokumentum (Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries), ami nem tartalmazza a lerakást. Ugyancsak 2006-ban jelent meg a hulladék égetés BREF dokumentuma is (Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Incineration), amelyben a hulladékégetés mellett a pirolizisről és gázosításról is szó van. Részletesen bemutatja az égetés fázisait, a keletkező szennyezőanyagokat és azok kezelési lehetőségeit, monitoring rendszereit, valamint ismerteti az egyes hulladék típusokra vonatkozó specifikus legjobb elérhető technikákat. Ugyanakkor nem foglalkozik a hulladékok együttégetésével, nem hasonlítja össze az égetést az egyéb hulladékkezelési lehetőségekkel és ezáltal nem segít az égetés mint kezelési lehetőség választásának eldöntésében (Babcsány, 2008).

3. Környezetirányítási rendszer

Azok a szervezetek, amelyek működésükben elkötelezik magukat a környezettudatos szemlélet bevezetésére, a környezetvédelmi szempontok és elvárások szerint valósítják meg a termelésüket. Ez azt jelenti, hogy anyag- és energiatakarékosabb technológiákat alkalmaznak, kevesebb és kisebb veszélyességű anyagokat használnak, igyekeznek csökkenteni a keletkező szennyvíz mennyiségét, kevesebb hulladék képzésére ill. annak újrahasznosítására törekszenek, stb. (Kun-Szabó, 2003). A szervezet ily módon történő működtetéséhez megfelelő lehetőséget és keretet ad a környezetirányítási rendszer alkalmazása, amely biztosítja a környezeti hatások csökkentését és a jogszabályoknak való megfelelést és annak folyamatos ellenőrzését, valamint fontos kitétel a környezeti teljesítmény fokozatos javítása. A rendszer kiépítése történhet az ISO 14001-es szabvány vagy az EU EMAS (Eco-Management and Audit Scheme = Környezetirányítási és Átvizsgálási Modell) rendelete alapján.

A Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (ISO = International Organization for Standardization) 1996-ban fogadta el a 14001-es szabványt, amely egy szabványsorozat kezdő szabványa. A szabvány alkalmazható bármilyen típusú szervezet környezetirányítási rendszerének kidolgozására és irányítási rendszerszemlélete megegyezik a minőségirányítási ISO 9000-es szabványsorozatával, így a két rendszer integrálható. Ugyancsak azonos az ún. PDCA (plan, do, check, act) modell alkalmazása a folyamatos fejlesztés megvalósítására. A szabványsorozat tagjai foglalkoznak a környezeti címkézéssel, a környezeti teljesítményértékeléssel, az életciklus elemzéssel, valamint a környezeti kommunikációval, ökotervezéssel és üvegházhatású gázok kibocsátásával is (Torma, 2011).

Az EMAS rendelet 1993-ban jelent meg és eredetileg az ipari és termelői ágazatra vonatkozott, de ma már kiterjed minden olyan szervezetre, amely környezeti hatással bír. A rendelet 2001-es megújítása során átvették az ISO 14001 feltételrendszerét és a rendszer felépítése ugyancsak a PDCA logikáját követi. Így a rendszerek „átjárhatóvá” váltak és akár mindkét rendszer követelményeinek eleget tud tenni az adott szervezet. Az EMAS rendelet, összehasonlítva az ISO 14001-es szabvánnyal, általában szigorúbb előírásokat tartalmaz. Többek között kötelezővé teszi az előzetes környezeti állapotfelmérést, míg az ISO csak ajánlja; a tényleges környezeti teljesítményt értékelni és a környezeti hatások javulását bizonyítani kell, míg az ISO csak a rendszer működésének értékelését és a folyamatos javulást, a szennyezés megelőzését határozza meg (KvVM, 2005).

Az EMAS alkalmazása a vállalatok, cégek számára nem kötelező, de a rendszer bevezetése és működtetése az EU tagországokban számos előnnyel jár. Pl. Belgiumban a vallon régió környezetvédelmi minisztériuma a lerakók, égetők támogatásához előírta az EMAS megvalósítását. Több országban (Csehország, Olaszország, Luxemburg, Hollandia) a különböző engedélyeztetési eljárások az EMAS-al rendelkezők számára egyszerűbbek (www.emas.hu). Az EU ösztönzi a szervezeteket arra, hogy részt vegyenek az EMAS-ban, amivel előnyre tehetnek szert a szabályozott ellenőrzés, a költségtakarékosság és a nyilvánosságban rólok kialakított kép révén. A költségtakarékosság a jobb energia- és nyersanyag gazdálkodás, a csökkenő környezetvédelmi kiadások (kevesebb hulladék ártalmatlanítása, kisebb mennyiségű szennyvíz kezelése, a kármentesítésre és

környezetvédelmi bírságra, adóra kifizetett összegek mérséklődése) révén valósul meg. Az EMAS rendszert működtető, nyilvántartásba vett cégek használhatják a logót (68. ábra) a levélpapír fejlécén, a termék, szolgáltatás hirdetésein, de a termékeken ill. azok csomagolásán nem (761/2001/EK rendelet, 2001).



68. ábra Az EMAS magyar nyelvű logoja (www.emas.hu)

A környezetirányítási rendszer kiépítését megelőzően fontos a környezeti állapot felmérése, amelynek nélkülözhetetlen része az **életciklus elemzés** (LCA= Life Cycle Assessment).

Az LCA egy termék vagy egy folyamat teljes életciklusára vonatkozó környezeti hatások felmérését jelenti. Azaz a „bölcstől a sírig” időszakban az input oldalon felhasznált erőforrások, az output oldalon a gyártás, használat és hulladékká válás során keletkező környezetszennyezés, környezetkárosítás szerepel. A cél, hogy az elemzések alapján a termékek, folyamatok átalakítása oly módon történjen meg, hogy a lehető legkisebb környezetterhelést okozzák. Ezt jelentheti a meglévők fejlesztését, másrészt az újjal, korszerűbbel történő kicserélést, azaz a környezetbarát termékek tervezését és megvalósítását. Az LCA segítséget ad a különböző módszerek összehasonlítására és ezáltal az azonos funkciójú, de a környezetre eltérő mértékben ható termékek, folyamatok, szolgáltatások, illetve rendszerek közötti döntésre, valamint lehetőséget biztosít a jövőbeli változások, hatások előrejelzésében (Tóthné, 2009).

Hulladékok az anyagok életciklusának minden szakaszában keletkeznek:

- kitermelés (pl. bányászati, ércfeldolgozási hulladék)
- termelés és forgalmazás (pl. ipari veszélyes és nem veszélyes, valamint csomagolási hulladékok)
- a termék fogyasztása/használata, a szolgáltatás igénybevétele során (főként települési hulladék formájában)
- hulladékkezelés (pl. az újrahasznosítható anyagok válogatása során visszamaradó anyagok) (www.eea.europa.eu)

4. A hulladékgazdálkodás jogi szabályozása

Az EU tagállamokra vonatkozó jogi szabályozás három nagy területre terjed ki:

- a hulladékok és a hulladékgazdálkodás általános szabályozása
- a hulladékkezelésre vonatkozó előírások
- egyes hulladék- vagy anyagáramra meghatározott követelmények

Jelenleg a hulladékokra **általánosan vonatkozó** 2008/98/EK keretirányelv van érvényben, amely a hulladék megelőzésére, illetve hasznosítására helyezte a hangsúlyt. A keretirányelv megfogalmazza, hogy minden hulladékgazdálkodási politika elsődleges célja a hulladék keletkezés és –gazdálkodás emberi egészségre és a

környezetre gyakorolt negatív hatásának minimalizálása. A hulladékpolitikának az erőforrások felhasználásának csökkentésére és a hulladék hierarchia alkalmazására kell törekedni.

Az keretirányelv legfontosabb, általános előírása az ötfokozatú hulladékgazdálkodási hierarchia betartása (69. ábra).

Elsődleges cél tehát, hogy minél kevesebb hulladék keletkezzen. Az új irányelv a hulladékok hasznosításának lehetőségei között is sorrendet határoz meg: elsősorban az újrahasználatra kell törekedni. Ezután következik a hulladékok anyagában történő hasznosítása, újrafeldolgozása és végül az egyéb (pl. energetikai) hasznosítás. Az irányelv a lehető legtöbb hulladék hasznosítását írja elő és csak végső megoldásként jelöli meg a lerakást.



69. ábra A hulladékgazdálkodás hierarchiája (OHT II.)

A hierarchia betartása kötelező, csak abban az esetben lehet eltérni, ha a magasabb szintet képviselő megoldás nagyobb környezeti károkat eredményezne, illetve műszaki vagy gazdasági indokok támasztják alá. Ennek megítéléséhez részletes életciklus elemzést kell készíteni.

A **hulladékkezelésre vonatkozó** szabályok közül legrégebben a lerakókról szóló irányelv született meg (1999/31/EK), amely meghatározza a lerakók típusait és az azokban lerakható hulladékokat, a létesítés engedélyezési eljárását, a hulladék átvétel módját, a működés alatti ellenőrzést és a lezárást, utógondozást. Előírja a meglévő hulladéklerakók felülvizsgálatát és a nem megfelelő depók minél hamarabbi bezárását.

A 2000/76/EK irányelv tartalmazza a hulladék égetéssel kapcsolatos jogi előírásokat. E szerint egyes égetők pl. az erdészeti, mezőgazdasági, valamint az élelmiszeripari növényi eredetű hulladékokat égető üzemek nem tartoznak a szabályozás hatálya alá. Meghatározza az engedélyezési és üzemelési feltételeket, a szennyezőanyag kibocsátást, az ellenőrzési és mérési kötelezettségeket.

Az Európai Parlament és Tanács 1013/2006/EK rendelete szabályozta a hulladékszállítást mind az Unión belüli, mind azon kívül (kivitel és behozatal), az Unió tagországok közötti, de harmadik államon át történő vonatkozásban is. A rendelet a radioaktív hulladékokra nem vonatkozik, azok szállítását külön rendelet határozza meg. A hulladékok egy részének szállítása csak tájékoztatási kötelezettséggel jár (zöldlistás hulladékok), míg más részének szállítását be kell jelenteni (sárgalistás hulladékok). Ez utóbbi esetben mind a kiindulási-, mind a tranzit- és célországok illetékes hatóságainak hozzá kell járulnia a szállításhoz. Ha az engedélyezett szállítás, ill. a tervezett hasznosítás vagy ártalmatlanítás nem valósítható meg valamilyen okból (pl. a szállítás alatt a hulladékot összekeverték más hulladékkal), visszavételi kötelezettséget kell érvényesíteni, azaz a szállítató köteles saját költségén visszavenni a hulladékot. A szállítás során érvényesíteni kell a közelség elvét, amely szerint a hulladék hasznosítása vagy ártalmatlanítása a lehető legközelebbi megfelelő létesítményben történjen meg. Ezen kívül az önellátás elvét is figyelembe kell venni, miszerint a képződő hulladékok teljes körű ártalmatlanítására kell törekedni és ennek megvalósítására ártalmatlanító hálózatot kell kialakítani. A rendelet tartalmazza az export tilalom alá eső hulladékok listáját is (europa.eu).

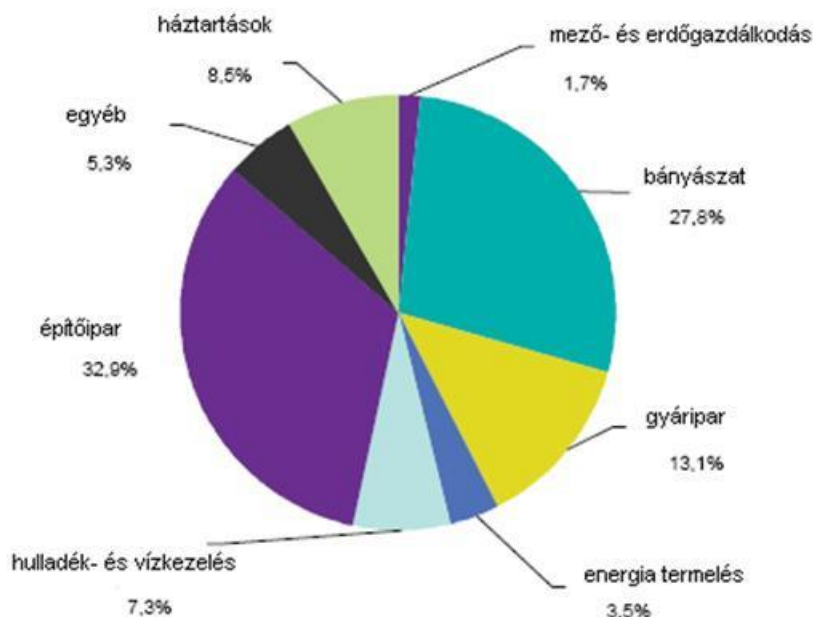
Az EU **bizonyos termék csoportok** hasznosítását külön szabályozza. Ezek a következők:

- csomagolóanyagok és –eszközök (94/62/EK irányelv): célként jelöli meg a csomagolás és a csomagolási hulladékok környezeti hatásainak megelőzését és csökkentését, rendelkezéseket tartalmaz az újrahasználatra, újrafeldolgozásra és újrahasznosításra.
- gépjárművek (2000/53/EK irányelv): elsődleges cél a hulladék keletkezés megelőzése. A gyártók egyrészt kötelesek a veszélyes anyagok felhasználását csökkenteni, másrészt segíteniük kell az elhasznált járművek szétszedését, újrahasználatát, újrafeldolgozását és újrahasznosítását.
- hulladék olajok (75/439/EGK irányelv): a szabályozás a hulladék olajok gyűjtésére, kezelésére, tárolására és lerakására alkalmas rendszer létrehozására irányul. A kezelési lehetőségek prioritása a következő: regenerálás, égetés, megsemmisítés vagy az ellenőrzött lerakás.
- elektromos és elektronikai berendezések (2002/96/EK és 2002/95/EK irányelvek): az egyik irányelv a lerakásra és az égetésre vonatkozó intézkedéseket fogalmazza meg és a berendezések újrahasznosítását helyezi előtérbe. Hangsúlyozza a gyártói felelősség elvét, a visszavételt és az újrahasznosítást. A másik irányelv előírja az új elektromos és elektronikus berendezésekben a nehézfémek és más veszélyes anyagok helyettesítését.
- elemek és akkumulátorok (91/157/EGK irányelv): az ellenőrzött lerakást szabályozza az irányelv. A tagállamoknak az elemek és akkumulátorok higany tartalmának csökkentésére kell törekedni és ösztönözniük kell a szelektív gyűjtésüket.
- gumiabroncsok (1999/31/EK irányelv): a tkp. a hulladéklerakókról szóló irányelv kimondja a gumiabroncsok vagy a belőlük készített gumipríték lerakón való elhelyezésének tilalmát, így az abroncsoknak mindenképpen hasznosításra kell kerülniük.
- poliklórozott bifenilek és -terfenilek (96/59/EK irányelv): célja a PCB-k ellenőrzött lerakásának és a PCB-t tartalmazó eszközök ártalmatlanításának megvalósítása.
- szennyvíziszapok (86/278/EGK irányelv): a szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználását szabályozza és elsősorban a talaj és az iszap nehézfém tartalmára vonatkozó előírásokat ad meg.

5. Hulladékkeletkezés és –kezelés az EU tagországokban

5.1. Hulladékkeletkezés (az összes hulladékra vonatkozóan)

2008-ban az EU tagországokban keletkezett összes hulladék 2,6 milliárd tonna volt és a korábbi évekhez képest csak kis mértékben változott (2004: 2,69 milliárd tonna; 2006: 2,73 milliárd tonna). Ez az érték 5,2 tonna/fő mennyiséget jelent. Az egy főre eső hulladékmennyiség az egyes tagországokban erőteljesen eltérő és alapvetően a gazdasági szerkezettel van összefüggésben. Az egy főre vetített legmagasabb mennyiséget Bulgária mutatta (37528 kg/fő), ami a bányászatból és ércfeldolgozásból eredő hatalmas tömegű hulladéknak tulajdonítható. Az EU területén 2008-ban az összes hulladék 61 %-a a bányászatból és az építőiparból származott (70. ábra).

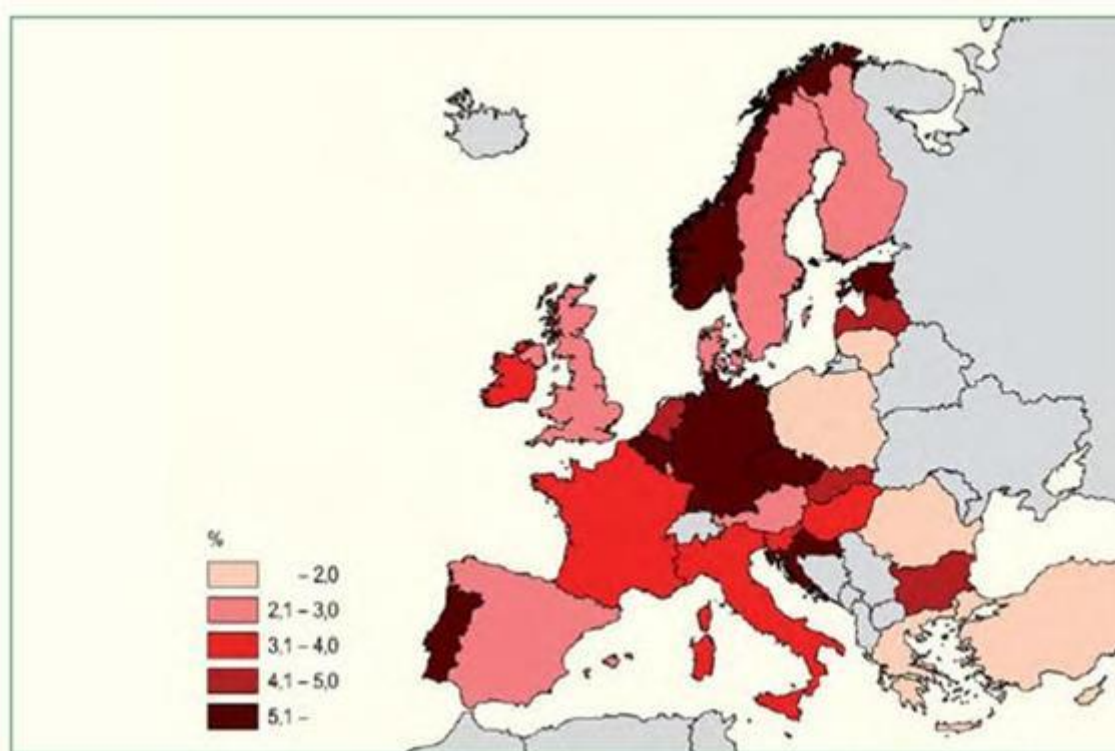


70. ábra Az EU 27 tagországában 2008-ban termelődött összes hulladék eredet szerinti megoszlása (Schrör, 2011)

Az építési-bontási hulladékot főleg inert anyagok (beton, tégl, aszfalt, cserép) alkotják, kisebb mennyiségben előfordul még benne műanyag, fa és fém is. Az építőipari hulladék környezeti hatása nem jelentős, viszont nagy mennyisége miatt fontos hulladék típus. Az összes hulladék 13 %-a a gyártóiparból, 3,5 %-a az elektromos energia-, gáz-, gőzellátásból és légkondicionálásból, 14 %-a egyéb gazdasági tevékenységekből (beleértve a mező- és erdőgazdálkodást, valamint a hulladék- és vízkezelést) származott, a maradék 8,5 % a lakosságnál keletkezett. Az EU 19 országában a legnagyobb tömeget - a döntően szerves anyagokból és talajból álló - bányászati és az építőipari hulladék jelentette. A bányászból eredő hulladék mennyiség Bulgária mellett (93%), Romániában (73%), Svédországban (68%), Finnországban (39%), Észtországban (37%) volt meghatározó (Schrör, 2011). Egyes országokban azonban a gyártóipari hulladékaik voltak a legjelentősebbek: Litvánia 44 %, Lengyelország 40 %, Szlovákia 39 %, Szlovénia 34 %, Portugália 25 %, Magyarország 22 %, Írország 17 %. Lettországban a települési hulladék aránya volt rendkívül magas, 41 % (Eurostat, 2012).

A fenntartható fejlődés egyik indikátoraként használt „nem ásványi hulladék keletkezés” (az ásványi hulladékokat és talajokat nem számítva) adatai azt mutatták, hogy két ország volt e téren kiemelkedő: Észtország (8216 kg/fő) és Finnország (2334 kg/fő). Az előbbi esetben az energiaipar ill. az olajfinomítás hulladékaik, az utóbbi esetben a feldolgozó- és papíripar hulladékaik miatt magas ez az érték. Az EU átlag értéke a nem ásványi hulladékokra vonatkozóan 1843 kg/fő volt, ami némi csökkenést mutat a korábbi évekhez képest (2004: 1951 kg/fő; 2006: 1931 kg/fő).

Az EU-ban a 2008-ban keletkezett összes hulladék 3,7 %-a veszélyes hulladéknak minősült. Különböző forrásokból eredően legnagyobb arányban Észtországban (energiaipar), Norvégiában (kőolaj kitermelés és -feldolgozás) és Belgiumban (veszélyes építési-bontási hulladékok) keletkezett ebben az évben (71. ábra). Az összes veszélyes hulladék 26%-a gyártási, 21%-a építési-bontási, 14 %-bányászati, köfajtési eredetű, 7%-a az elektromos energia-, gáz-, gőzellátásból és légkondicionálásból származik, 2 %-a pedig a háztartásokból (Eurostat, 2012). Az EU tagországaiban keletkezett veszélyes hulladék mennyiség a 2006-os adatokhoz viszonyítva 3 %-al csökkent.



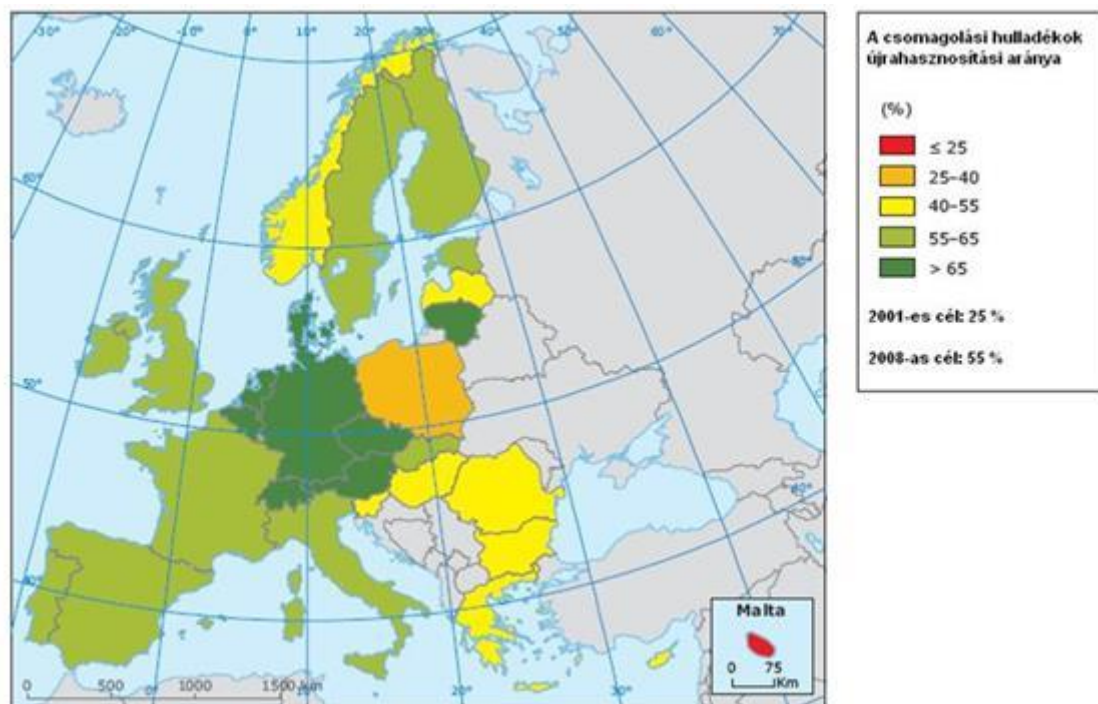
71. ábra Az összes keletkezett hulladékból a veszélyes hulladék aránya Európa országaiban 2008-ban (Bóday, 2012)

5.2. Hulladékkezelés (az összes hulladékra vonatkozóan)

2008-ban az EU államokban összesen 2,39 milliárd tonna hulladék került kezelésre. (A keletkezett összes hulladék egy része az EU-n kívülre, hasznosítás vagy ártalmatlanítás céljából elszállításra került, ugyanakkor a kezelt hulladék mennyiség tartalmaz importált hulladékot is.) A hulladékkezelést 46 %-ban a hasznosítás jelentette (kivéve az energetikai hasznosítást). 2004-hez képest jelentősen emelkedett a szerves (nem ásványi) ill. azon belül a mezőgazdasági, feldolgozó- és élelmiszeripari hulladékok aránya is. 5 % volt az égetés hányada, ami szintén növekvő tendenciát mutat. Ez a települési hulladék égetési arányának folyamatos emelkedéséből, az RDF használatának és a biomassza hulladékból történő energia (biogáz) előállítás mértékének emelkedéséből adódik. A lerakás még mindig a meghatározó a hulladékok kezelésében (49 %), bár folyamatosan csökkenő tendenciát mutat. A deponált hulladék 80%-ban nem veszélyes, szerves hulladék, 8%-ban pedig települési szilárd hulladék volt (Schrör, 2012). Az utóbbi évek változásait tekintve az EU hulladék kezelésében a lerakás csökkenő, az anyagában történő és energetikai hasznosítás pedig növekvő tendenciát mutat. Mindez az EU-s és nemzeti jogalkotás ösztönző hatásának köszönhető, pl. hogy célokat és különféle eszközöket hoztak létre a hulladékok újrahasznosításának növelésére, bizonyos hulladékok lerakását megtiltották.

A veszélyes hulladékok kezelésére vonatkozó adatok hiányosak, 2008-ban 36%-ban lerakásra, 33%-ban hasznosításra, 11%-ban égetésre kerültek, a maradék 20% sorsáról nincs információ (EEA, 2012).

Az újrahasznosítási arány a csomagolóanyagok tekintetében a legjobb, már számos ország elérte a 2008-ra elvárt legalább 55 %-os arányt (72. ábra), 2009-ben 62 % (EU-27) volt az átlag érték.



72. ábra A csomagolási hulladékok újrahasznosításának aránya az egyes országokban 2009-ben (EEA, 2012)

Az egyes csomagolási anyagfajtákat tekintve a papír és karton újrahasznosítása volt a legmagasabb, a legalacsonyabb pedig a műanyagoké (annak ellenére, hogy a műanyag csomagolóanyagok használata emelkedik a leggyorsabban).

Az egyes hulladéktípusok hasznosítási, újrafeldolgozási arányait a Európai Unió direktívái tartalmazzák (11. táblázat), amelyek végső soron az „újrafeldolgozó társadalom” megteremtését szolgálják. „Az erőforrás hatékony Európa megvalósítási ütemterve” szerint a hulladékokat 2020-ra erőforrásként kell kezelni és teljeskörűen meg kell valósítani a hulladékokra vonatkozó szabályozást (Európai Bizottság, 2011).

11. táblázat Az EU irányelvekben megfogalmazott elérendő célok a hulladékgazdálkodásban (EEA, 2012 alapján)

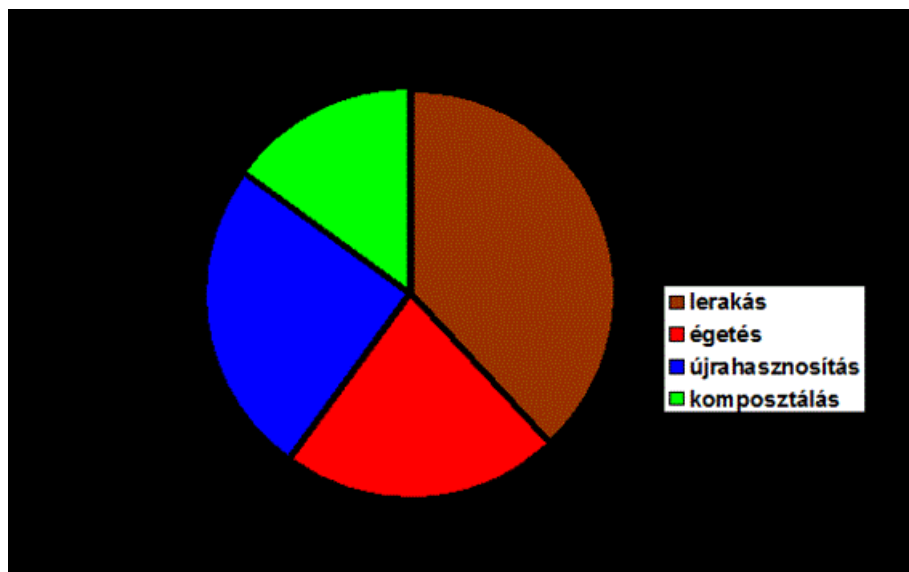
Célok az EU hulladékgazdálkodásában				
hulladék típus	év	hasznosítás	újrafeldolgozás	begyűjtési arány
csomagolás	2008	60 %	55 %	
autógumik	2006	teljes tiltás a lerakásra		
a biodegradálható települési hulladék lerakása	2006	csökkentés az 1995-ös szint 75 %-ra		
	2009	csökkentés az 1995-ös szint 50 %-ra		
	2016	csökkentés az 1995-ös szint 35 %-ra		
elhasználódott gépjárművek	2006	85 % (újrahasználattal)	80 % (újrahasználattal)	100 %
	2015	95 % (újrahasználattal)	85 % (újrahasználattal)	100%
elektromos és elektronikai berendezések	2006	70-80 % (kategóriától függően)	50-80 % (kategóriától függően)	min. 4 kg/fő/év
elemek és akkumulátorok	2011		50-75 % (típustól függően)	
	2012			25 %
	2016			45 %
papír, fém, műanyag, üveg	2015			szelektív gyűjtés legalább a papírra, fémre, műanyagra és üvegre vonatkozóan
a háztartási hulladék és az ahhoz hasonló, más forrásokból származó hulladékok	2020		papír, fém, műanyag, üveg 50 %-a (beleértve az újrahasználatot is)	
építési és bontási hulladékok	2020	70 %-os hasznosítási ráta (beleértve az újrahasználatot is)		

5.3. Települési szilárd hulladékkeletkezés és -kezelés

Az EU tagországokban élő mintegy 500 millió ember évente kb. 500 kg háztartási hulladékot termel (EC, 2010). A háztartásokban keletkező hulladék mennyisége növekvő tendenciát mutat, aminek oka a magasabb életszínvonal következtében a több vásárlás, az egyszerhasználatos, eldobható eszközök térhódítása, az „egyszemélyes háztartások” (a családi háztartásban keletkező hulladék mennyisége relatíve kisebb) számának növekedése (www.eea.europa.eu).

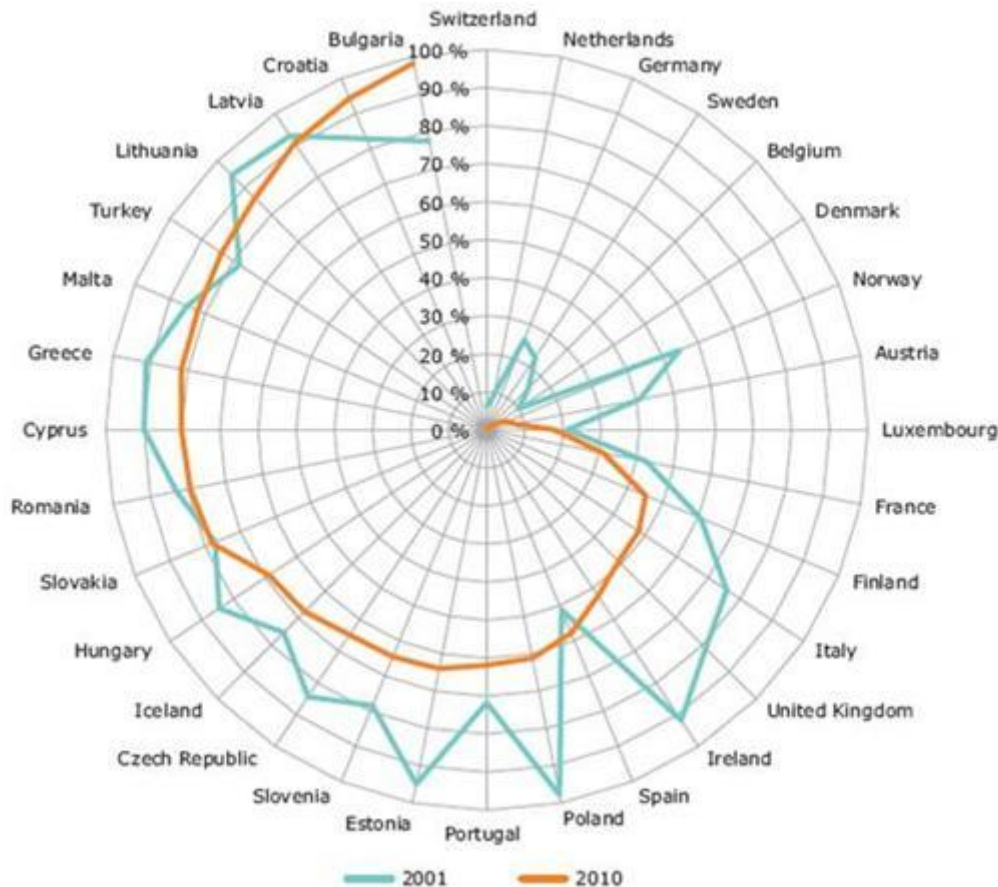
A 2010-es adatok alapján az egy főre eső kommunális hulladék mennyiség Cipruson a legnagyobb (760 kg/fő). Utána következnek 600-700 kg/fő közötti értékkel Luxemburg, Dánia és Írország. A legkevesebb, 400 kg/fő alatti mennyiséget Litvánia, Románia, Szlovákia, Csehország, Lengyelország, Észtország termelte. Hazánk a 413 kg/fő értékkel még jelentősen alatta áll az 502 kg/fő-s EU-s átlagnak.

A kommunális hulladék kezelésében összességében még mindig a lerakás a legjelentősebb (73. ábra).



73. ábra Az EU 27 tagországában képződő kommunális hulladék kezelése (Eurostat Newsrelease, 2012 alapján)

A **lerakás** a tagországokban jelentősen eltérő. Pl. Bulgáriában a települési szilárd hulladék 100 %-ban deponálásra kerül, de Romániában (99%), Litvániában (94%) és Lettországbban (91%) is meghatározó. A hulladék lerakás szabályozásában Németország és Ausztria élen jár, már régóta szigorú előírások vonatkoznak a hulladéklerakókra. Nem csak azok építését és működését szabályozzák, hanem a lerakott hulladék fizikai, kémiai és biológiai paramétereit is, amelyek betartása csak a hulladékok mechanikai-biológiai kezelésével valósítható meg. Németországban 2005-től véglegesen megtiltották a biológiailag lebomló hulladékok lerakással történő ártalmatlanítását. A lerakás az előzőekben említett országok mellett Belgiumban, Dániában, Hollandiában, Svédországban és Norvégiában minimális vagy akár hiányzik is a települési szilárd hulladék kezeléséből. A kommunális hulladék deponálása egy évtized alatt jelentősen változott, 16 országban több mint 10%-al, illetve közülük 5 több, mint 20%-al csökkentette a lerakás mértékét (74. ábra).



74. ábra A települési hulladék lerakási arányának változása 32 európai országban (EEA, 2013)

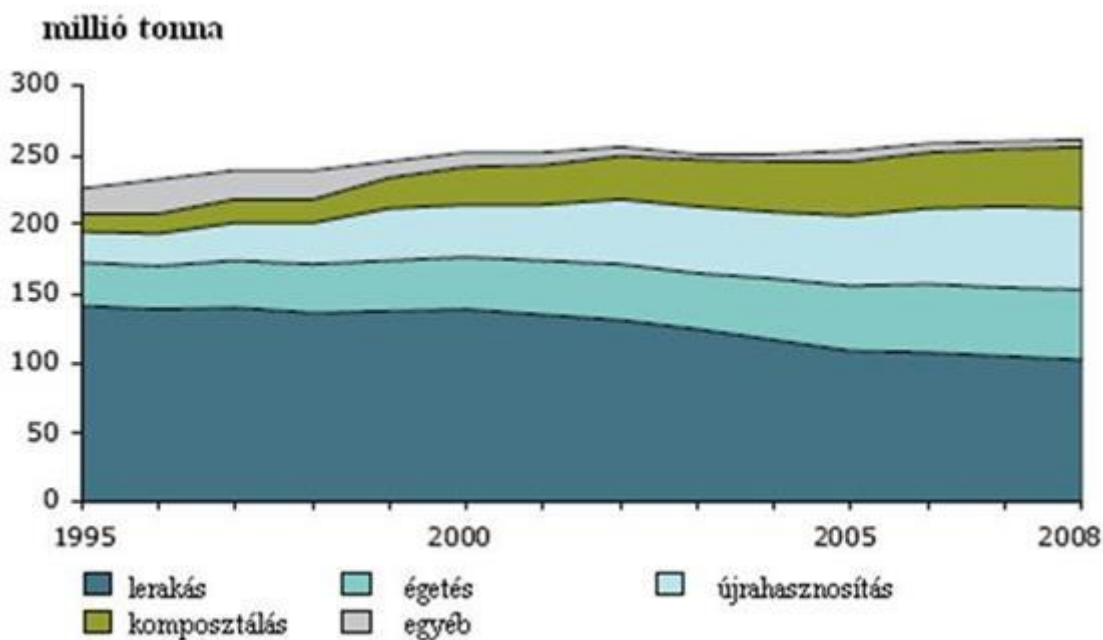
A lerakás mértékének csökkenéséhez nagyban hozzájárul a mechanikai-biológiai hulladékkezelés (MBH), ami legjobban Németországban, Olaszországban és Spanyolországban került kiépítésre, Hollandiában viszont a világ legnagyobb kapacitású MBH üzemait alakították ki. Nagy-Britannia is fejleszti a MBH kapacitását, Svédországban, Dániában és Svájcban viszont a termikus hulladékkezelés magas szintű megoldása miatt a MBH technológiák iránt nincs igazán érdeklődés.

A TSZH **komposztálás**ában Ausztria kiemelkedő, ami 40 %-os arányt jelent. Jelentős még (20 % fölötti) Hollandiában, Belgiumban és Luxemburgban. Dánia és Spanyolország 19 ill. 18 %-ban komposztálja a települési hulladékot.

Az **égetés** mértéke Dániában kiemelkedő (54 %), de kilenc országban nincs is ilyen hasznosítási mód.

Az **újrafeldolgozás** Németországban a legnagyobb mértékű (45 %), de Belgium, Szlovénia, Svédország, Írország és Hollandia is jelentős arányban visszaforgatja a TSZH-t (eurostat.ec.europa.eu).

A TSZH kezelésére alkalmazott módszerek arányának változása hosszabb időszakra vonatkozóan azt mutatja, hogy ha lassan is, de a lerakással szemben az újrahasznosítás, komposztálás és égetés egyre jelentősebbé válik az EU tagországaiban (75. ábra).



75. ábra A települési hulladék kezelésének alakulása az EU 27 tagországában (EEA, 2010)

Fontos megjegyezni, hogy a biohulladékot tekintve – amelynek aránya TSZH-ban meghatározó – az EU-ban évente 120-140 millió tonna termelődik (ebből 80-100 millió tonna a háztartásokban) és ennek körülbelül 40 %-a lerakókba kerül. A biohulladék kezelés tekintetében nagy különbség van az egyes tagországok között: Lengyelországban és Litvániában a biohulladék 90 %-át deponálják. Svédországban (47 %) és Dániában (55 %) jelentős részét elégetik. Ausztriában, Hollandiában, Dániában, Svédországban, valamint Belgium, Spanyolország és Olaszország egyes régióiban elkülönítve gyűjtik a biohulladékot. (www.europarl.europa.eu). Az Európai Parlament szorgalmazza a biohulladék szelektív gyűjtését és annak komposztálással való hasznosítását. Ennek érdekében szükségesnek tartják egy biohulladék irányelv létrehozását.

Teszt

11. fejezet - Magyarország hulladékgazdálkodásának helyzete

1. A hazai hulladékgazdálkodás jellemzése

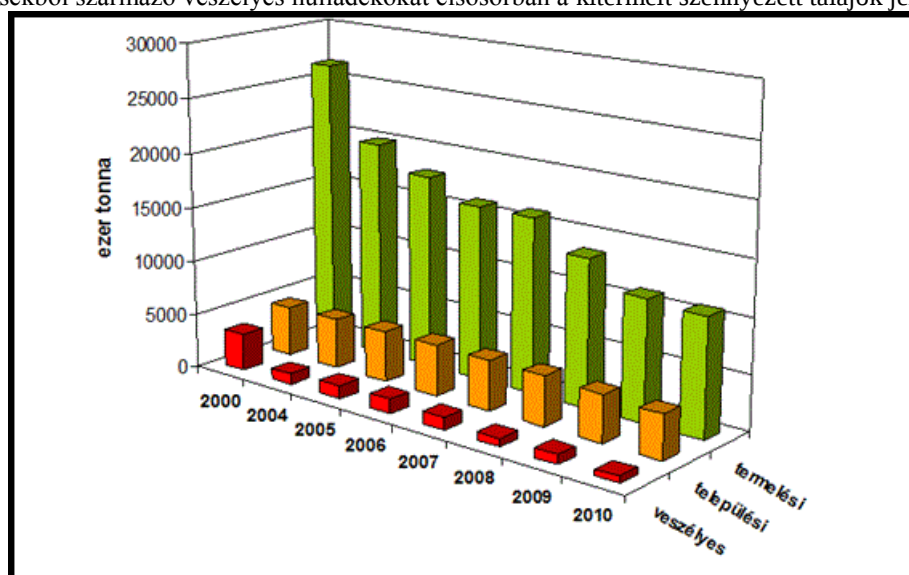
1.1. Hulladékkeletkezés

Az ezredfordulótól 2008-ig (I. OHT érvényességének végéig) az összes hulladék mennyiség jelentősen lecsökkent, 34,5 millió tonnáról 18,7 millió tonnára (a települési folyékony hulladék kivételével). A következő két évben további csökkenés volt tapasztalható és 2010-ben már csak 15,3 millió tonna keletkezett (76. ábra).

A települési szilárd hulladék mennyisége 2008-ig nem változott lényegesen, évi 4,5 millió tonna körüli értékkel jellemezhető, de a következő két évben már csökkenő tendenciát mutatott és 2010-ben alig haladta meg a 4 millió tonnát (www.ksh.hu).

A termelésből származó hulladékok mennyisége viszont jelentősen csökkent, aminek oka egyrészt a nagy hulladéktermelő ágazatok (pl. bányászat, kohászat) visszaesése, másrészt az újabb, hulladékszegény technológiák bevezetése, harmadrészt a kisebb anyagigényű iparágak (elektronika, gépjárműipar) előretörése. Az építőipar visszaszorulása miatt az építési-bontási törmelékek mennyisége is nagymértékben csökkent.

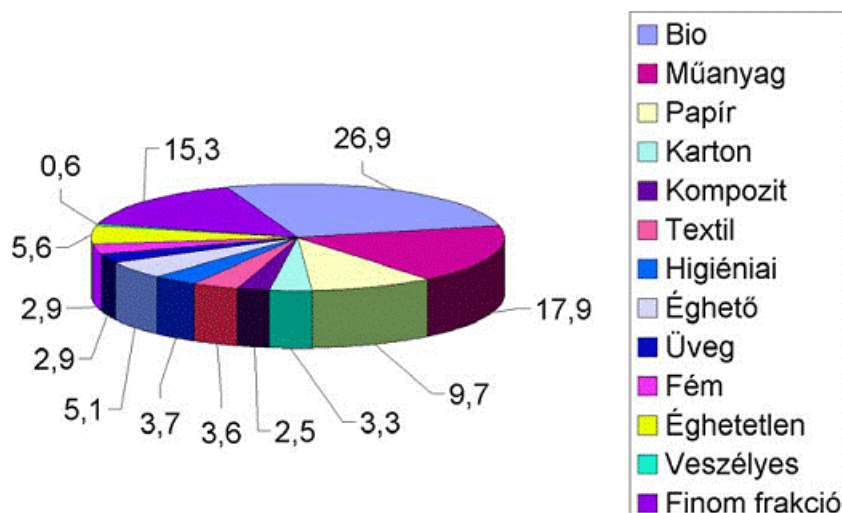
A veszélyes hulladék változását az EU-ba való belépésünk befolyásolta elsősorban, hiszen a korábban ide tartozó vörösiszap – amely az ország veszélyes hulladékának döntő hányadát jelentette - már nem tartozik a veszélyes hulladékok közé. Kikerültek bizonyos egészségügyi és állati eredetű hulladékok is ebből a körből. A 2005-től 2007-ig tapasztalható növekedés a kármentesítésekből származó hulladékokból adódott (ábra), azóta viszont újra csökkenés következett be és a 2010-es adatok szerint csak 569000 tonna volt. (www.ksh.hu). A kármentesítésekből származó veszélyes hulladékokat elsősorban a kitermelt szennyezett talajok jelentik.



76. ábra A Magyarországon képződött hulladék mennyiség alakulása (a települési folyékony hulladék kivételével) (KSH adatok alapján)

1.2. Szelektív gyűjtés

A települési szilárd hulladék szelektív gyűjtésében az elmúlt években, ha nem is egyenletesen növekvő, de mindenképpen javuló tendencia figyelhető meg és 2010-ben már valamivel több, mint 20% volt az arány. Ennek ellenére a vegyesen begyűjtött kommunális hulladék összetételében még mindig meghatározó hányadot képviselnek az újrahasznosítható hulladékok (77. ábra).



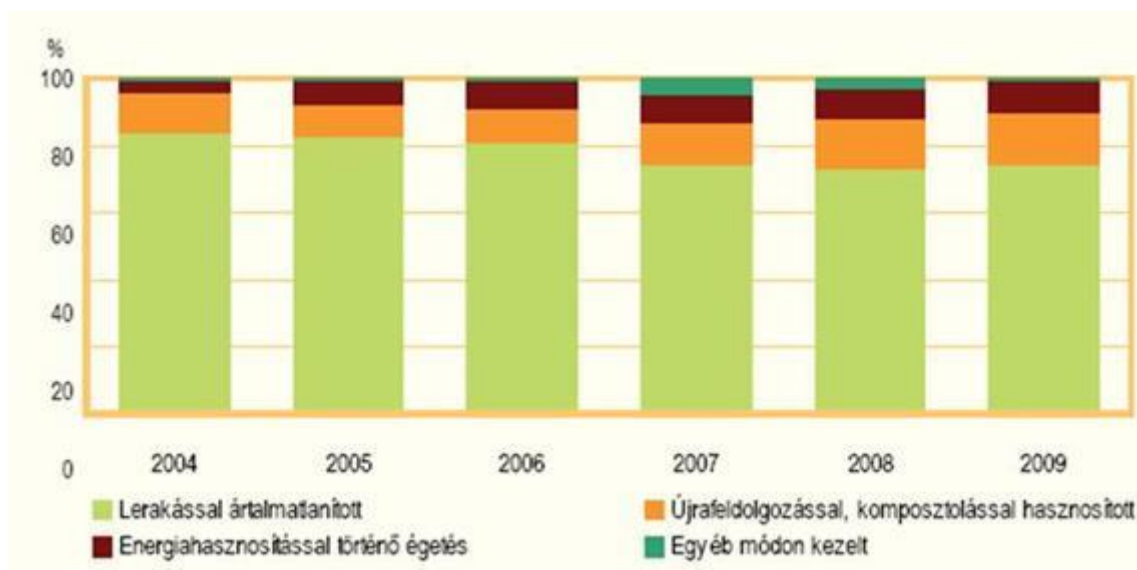
77. ábra A vegyesen begyűjtött kommunális hulladék szabvány szerint mért átlagos összetétele 2007-ben (Steiner, 2010)

A lakossági szelektív gyűjtés továbbfejlesztése nagy jelentőségű és fontosságú a hulladéklerakás csökkentése érdekében. A kiépített hulladékgyűjtő szigetek és – udvarok révén a lakosság több, mint 50%-a számára rendelkezésre áll a szelektív gyűjtés lehetősége. A jövőben a „házhoz menő gyűjtés” arányát célszerű növelni, ami bár költségesebb, de tisztább anyagot eredményez. Ezen kívül ez a módszer a lakosság hajlandóságát is növeli, mivel a lehetőség helyben adott, könnyen elérhető. A szelektív gyűjtésben a biohulladék elkülönítésére is nagyobb gondot kellene fordítani, hiszen ez a hulladéktípus van jelen legnagyobb arányban a vegyes hulladékban és ráadásul könnyen, jól hasznosítható frakció. A hazai komposztáló üzemek mintegy 400 ezer tonna/év kapacitással rendelkeznek, de kihasználtságuk rossz, kb. csak 50 %-os (Steiner, 2010).

Az összegyűjtött szelektív hulladék nagyrészt az intézményi, ipari, kereskedelmi szelektív gyűjtésből származik. Legjobb a helyzet a nem lakossági csomagolási hulladékok tekintetében, amelyek gyűjtése szinte teljes körűen szelektív módon történik.

1.3. Hulladékkezelés

A **települési szilárd hulladék** kezelési módjában még változatlanul a lerakás szerepel (78. ábra) első helyen, annak ellenére, hogy környezeti (területfoglalás, szennyezőanyag kibocsátás) és gazdasági szempontból (az újrahasznosítható anyagok kikerülése) ez a legkedvezőtlenebb. Az utóbbi időszakban létrehozott nagy kapacitású, regionális települési szilárd hulladéklerakók magas szintű műszaki védelemmel rendelkeznek és általában hulladékhasznosítással is foglalkoznak (komposztálás, szelektíven gyűjtött hulladékok előkezelése), működtetésük költséghatékony. A jelenlegi kiépítettség szerint hazánkban kb. 8 évre elegendő lerakó kapacitás áll rendelkezésre.



78. ábra A települési szilárd hulladék kezelése (Bóday, 2012)

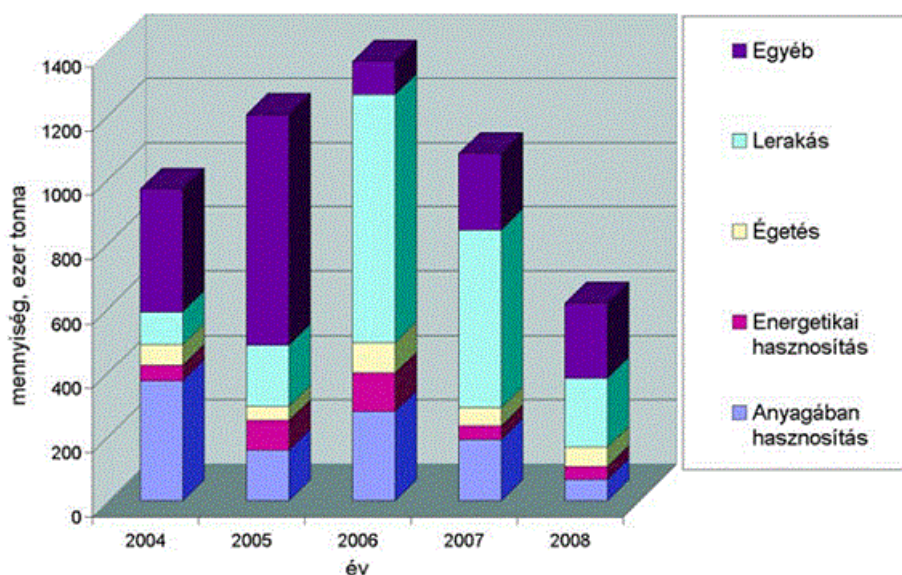
A **nem veszélyes termelési** hulladékok kezelésében ugyancsak a lerakás a legnagyobb arányú kezelési mód (12. táblázat). Az ipari hulladékok (a korábban jellemző 60 % fölötti érték helyett) 2008-ban csak a 45 %-ban kerültek lerakásra. A következő két évben viszont újra több, mint fele részben a deponálás volt jellemző. Az anyagában történő hasznosítás mértéke alacsony, az égetés (energetikai hasznosítás) is igen kis mértékű.

12. táblázat Az ipari és egyéb gazdasági tevékenységből származó nem-veszélyes hulladékok keletkezése és kezelése (ezer tonna) (www.ksh.hu)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
újrafeldolgozás	3392	2536	2315	2305	2495	1310	1486
égetés	137	124	137	248	168	92	146
lerakás	6110	6123	5627	4937	3348	3204	3331
egyéb	-	-	-	-	1375	1580	843
összesen	9639	8784	8079	7489	7386	6186	5806

Az építési és bontási hulladékokra szintén legalább 50%-os lerakási arány jellemző, bár a 2010-es évben csak 30% került lerakóra. A mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladékok jól hasznosíthatók, a deponált mennyiség elenyésző.

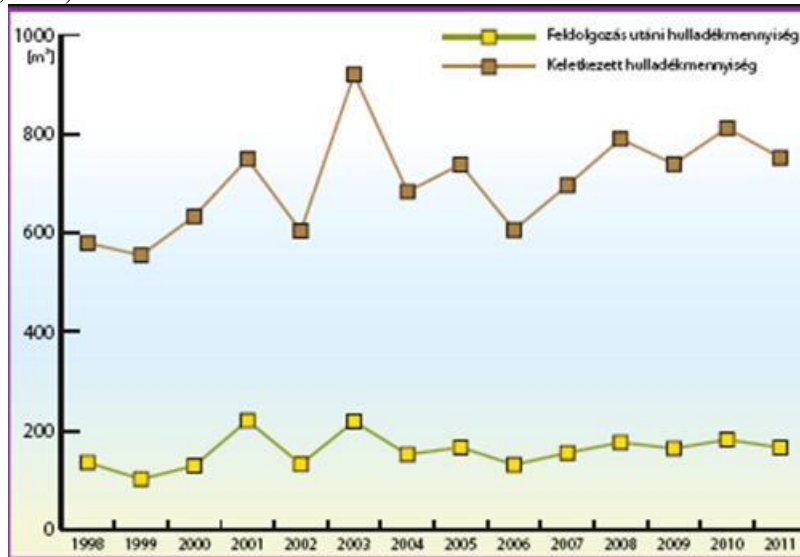
Az évről évre változó mennyiségű és összetételű **veszélyes hulladékok** kezelésében is egyes években döntő jelentőségű a lerakás, a hasznosítás jellemzően nem haladja meg a 30%-ot (79. ábra). Alig több, mint 10 % kerül égetésre (energiahasznosítással vagy anélkül). Az EU-ba történő belépésünk előtt hazánkban összesen 52 veszélyes hulladékégető működött, de a követelményeknek csak a dorogi és a győri hulladékégető felelt meg. 2008-ra a korszerűsítések illetve a bezárások után pedig csak 17 működő üzem maradt.



79. ábra A veszélyes hulladékok kezelése Magyarországon (Steiner, 2010)

A **radioaktív hulladékok**at tekintve hazánkban évente – a Paksi Atomerőmű hulladékát kivéve – 40-50 m³ kis- és közepes aktivitású hulladék keletkezik, ami a püspökszilágyi Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló telephelyére kerül. Az Atomerőmű emellett 600-800 m³-nyi hulladékot termel, ami a tömörítés, kondicionálás után már jellemzően nem éri el a 200 m³-t (80. ábra). Ezek elhelyezése 2008-tól a Nemzeti Radioaktív hulladék-tárolóban, Bataapátiban történik.

A Paksi Atomerőműben képződő évi nagy aktivitású hulladék mennyiség kis térfogatú, 2011-ben 1,65 m³ volt (az erőmű 1981-es üzembe helyezése óta 2011. végéig pedig összesen 45,52 m³ nagy aktivitású hulladék képződött) (Sallai, 2011).



80. ábra A Paksi Atomerőműben keletkezett kis- és közepes aktivitású hulladékok mennyisége (Sallai, 2011)

A külön szabályozott **kiemelt hulladékáramok** tekintetében (gyűjtés, kezelés, újrahasznosítás) általában jelentős előrehaladás történt. A *csomagolás és csomagolási hulladék* hasznosításában 2005-ben elértük az 50%-os hasznosítási arányt. 2012-re az EU irányelve 60 %-os hasznosítást vár el, azonban emellett (igaz csak 2020-as határidővel) egyes csomagolásból származó anyagok hasznosítását 50 %-ban a háztartásokból származóan írja elő. A magyarországi csomagolás kibocsátás kb. 70 %-át kezelő ÖKO-Pannon Kft. eredményei alapján már 2010-ben megvalósult a 60 %-os arány teljesítése (81. ábra).



81. ábra Az ÖKO-Pannon Kft. rendszerében kibocsátott és hasznosított csomagolási hulladék mennyiségek (ezer tonnában) (www.okopannon.hu)

A begyűjtés fokozása a továbbiakban lakossági forrásból lehetséges (és szükséges is), ami viszont költségesebb. A nem lakossági eredetű begyűjtést azonban gyakorlatilag már nem lehet tovább növelni. A begyűjtött csomagolóanyagok mintegy 11 %-a származik a lakosságtól. A vegyesen gyűjtött települési szilárd hulladékokban lévő csomagolási hulladékokat – hacsak nem kerülnek mechanikai válogatásra – lerakókban helyezik el, növelik a biológiailag bontható frakció mennyiségét és így rontják a lerakásra vonatkozó előírások teljesítését.

A *biológiailag bontható hulladékok* hasznosítása nem kielégítő, az alapvető problémát a szelektív gyűjtés hiányosságai jelentik, de szükség lenne mechanikai-biológiai kezelő létesítményekre is. A mező-, erdőgazdálkodás, valamint az élelmiszeripar hulladékai hasznosításra kerülnek, csak kis hányaduk jelentkezik hulladékként.

A begyűjtött *hulladékolajok* jelentős hányada anyagában történő hasznosításra kerül (kb. 30 %-ban), de ennek növelése és a begyűjtési rendszer kiterjesztése, hatékonyságának fokozása is szükséges. A *poliklórozott bifenileket és poliklórozott terfenileket* (PCB/PCT) tartalmazó berendezések begyűjtése, a veszélyes anyagok kivonása és ártalmatlanítása EU-s előírás. A berendezéseket 2010-re kellett kivonni a forgalomból.

A forgalmazható *elemekre és akkumulátorokra* vonatkozóan 2008-tól a higany és a kadmium tartalom alapján korlátozást vezettek be. A hordozható elemek és akkumulátorok gyűjtésére a gyűjtőpontok már olyan számban kerültek kialakításra, hogy a lakosság több, mint 90 %-a számára elérhető. A savas gépjármű és ipari akkumulátorok teljes egészében begyűjtésre és újrafeldolgozásra (főként külföldön) kerülnek.

Az elhasznált *gumiabroncsok* hazánkban évi 40-45 ezer tonna hulladékot jelentenek. Kis hányaduk újrafutózásra kerül, de inkább az anyagában történő és az energetikai hasznosítás a jellemző. A gumihulladék lerakóban nem helyezhető el.

Évente legalisan több tízezer forgalomból kivont *gépjármű* kerül bontásra. Szabály szerint tömegük 85%-ában hasznosításra kell hogy kerüljenek. A tényleges hasznosítási mérték ettől csak néhány százalékkal marad el. Problémát jelent viszont a még mindig nagyarányú illegális autóbontás, ami valószínűleg még egyszer ennyi autót érint.

Az *elektromos és elektronikus berendezések* begyűjtött hulladékai a gyártók visszagyűjtési kötelezettsége révén jelentős mennyiségű és a hasznosítás, újrafeldolgozás lehetőségei is jórészt biztosítva vannak. A begyűjtésre kerülő berendezések között a háztartási nagygépek jelentik a legnagyobb hányadot.

Az *egészségügyi hulladékok* gyűjtése és kezelése megoldott. Egyrészt fertőtlenítés után lerakásra kerül, a fertőző agenseket tartalmazókat pedig elégetik.

Az *állati eredetű hulladékok* elföldelése alapvetően tilos (csak 50 kg alatti, nem fertőző betegségben elpusztult állat esetében engedélyezett), ezért a döggutakat fel kellett számolni és rekultiválni. Ez nagyrészt megtörtént, bár lehetséges, hogy illegálisan még maradt meg néhány. A fertőzésveszélyes hulladékok égetésre, a többi egyéb feldolgozásra (biogáz előállítás, takarmányozási vagy ipari célokra) kerül.

A *növényvédőszer hulladék és csomagolások* visszavételét egy erre a célra létrehozott szervezet koordinálja. A csomagolások jelentős hányada (2012-ben 69 %-a) begyűjtésre kerül és az elvárt 60 %-os hasznosítás is teljesült. Még mindig gondot jelent a múltban felhalmozódott un. történelmi hulladék (lejáró növényvédőszer) összegyűjtése és ártalmatlanítása, ami kb. 200 tonnájú mennyiség kezelését jelenti (www.cseber.hu).

Az *építési és bontási hulladék* keletkezése csökkenőben van és főként a gazdasági válságnak tulajdonítható, ami nagy mértékben visszavetette a beruházásokat. Bár a hasznosítás aránya az utóbbi évtizedben növekvő tendenciát mutat, még mindig jelentős, 50 % fölötti a lerakással történő ártalmatlanítás (2020-ra 70%-os újrahasznosítási rátát kell elérni). Az új Htv. bevezetésével a kitermelt talaj kikerült a hulladékkörből, ez viszont nem javít majd a mutatókon, hiszen ez a hulladék típus eddig is teljes egészében felhasználható volt. Az azbeszt tartalmú termékek forgalmazása és használata 2005-től tiltott. A korábban a lakóépületek szigetelő rétegeibe beépített és a tetőfedő anyagokban lévő azbeszt eltávolítása folyamatban van, de még jelentős mennyiség van hátra. Problémát jelent, hogy az azbeszt hulladék nem hasznosítható, csak lerakásra kerülhet. Az eddigi felmérések alapján legalább 1,6 millió tonna azbesztes hulladék elhelyezéséről kell még gondoskodni 2030-ig, ami újabb lerakókapacitások kiépítését igényli (II. OHT).

2. Az Országos Hulladékgazdálkodási Terv (OHT)

Az OHT célja a nemzeti hulladékgazdálkodási szakmapolitika középtávú irányainak és céljainak meghatározása, a szükséges eszközök és intézkedések meghatározása.

Az I. Országos Hulladékgazdálkodási Terv a 2003-2008 közötti időszakra vonatkozóan jött létre a II. Nemzeti Környezetvédelmi Program részeként. Az OHT készítésénél alapvető cél volt az EU elvárásainak való megfelelés, a 6. Környezetvédelmi Akcióprogramban megfogalmazottak figyelembe vétele és beépítése (az akcióprogram egyik prioritása a hulladék keletkezés megelőzése és biztonságos kezelése volt).

Az Htv. előírása szerint az OHT alapján kell létrehozni a regionális hulladékgazdálkodási terveket (az országot hét stratégiai tervezési nagyrégióra osztották), majd tovább bontva a helyi önkormányzatoknak a hatáskörükben tartozó feladatok alapján helyi hulladékgazdálkodási tervet. A legjelentősebb hulladéktermelő (a képződött hulladék mennyisége meghaladja a 200 tonna/év, ill. veszélyes hulladék esetén a 10 tonna/év értéket) gazdálkodó szervezeteknek egyedi hulladékgazdálkodási tervet kell készíteniük.

2.1. Az I. Országos Hulladékgazdálkodási Terv

Az I. OHT általánosan megfogalmazott céljai a következők voltak (KvVM, 2002):

- a hulladék képződés csökkentése
- az egyes hulladékfajták hasznosításának növelése, a takarékos anyag- és energiagazdálkodás elősegítése
- lehetőség szerint a hulladék nyersanyagként történő felhasználása
- a lerakással történő ártalmatlanítás csökkentése
- a hulladékkezelés színvonalának emelése, az egészségügyi és környezeti kockázat mérséklése
- a helytelen hulladéklerakásból származó veszély források megszüntetése, a szennyezett területek kármentesítése
- a jogi előírások betartására való törekvés és a szabályozási rendszer fejlesztése
- szemléletformálás, környezettudatos magatartás fejlesztése

- megbízható hulladék monitoring (nyilvántartás, statisztikai adatszolgáltatás, mérés-ellenőrzés) működtetése
- komplex hulladékgazdálkodási rendszerek kiépítése ill. ennek segítése megfelelő gazdasági szabályozókkal
- a hulladékgazdálkodást segítő kutatás- és műszaki fejlesztés
- a helyi kezdeményezések támogatása (elsősorban a hulladékok szelektív gyűjtésére és hasznosítására)

Az I. OHT a hulladékkezelés tekintetében a legfőbb célokat konkrétan, számszerűsítve is meghatározta. A célok (•) és megvalósulásuk (-) a következők:

- el kell érni, hogy a képződő hulladék mennyiség 2008-ban ne haladja meg a 2000. évi szintet

§ A szennyvíziszap nélkül számolt hulladék mennyiség 2000-től fokozatosan csökkent és 2008-ra mintegy 35%-al mérséklődött, elsősorban a termelési hulladékok mennyiségének csökkenése miatt.

- a csomagolási hulladék legalább 50%-át hasznosítani kell 2005-re, a lerakókban elhelyezett települési hulladék biológiailag bontható szervesanyag-tartalmát csökkenteni kell (az 1995-ös mennyiséget alapul véve 2004-re 75%-ra, 2007-re 50%-ra, ill. 2014-re 35%-ra), 2003-tól a gumiabroncs, 2006-tól már a gumiőrlemény sem kerülhet lerakásra

§ A 2005-ben képződött csomagolási hulladékok több, mint 52 %-a került hasznosításra, ha csak az anyagában történő hasznosítás vesszük figyelembe, az csak 46 %. A települési hulladék biológiailag bontható frakciójának hasznosítása terén az elvárások teljesítése nem sikerült, hiszen még mindig a lerakás a domináns kezelési mód. Ennek alapvető oka, hogy a lerakótól való eltérítés jelentős anyagi ráfordítást igényel. Az eredetileg 2007-re tervezett 50%-os csökkentés elérésének határidejét 2009-re módosították. A papírhulladék hasznosítás, a komposztálás és a termikus kezelő kapacitások nem biztosítják az elvárt kezelési követelményeket. 2005-ben a 4,6 millió tonna települési szilárd hulladék biohulladék része kb. 1,4 millió tonna volt, ebből mindössze 182000 tonna volt a termikusan vagy komposztálással hasznosított mennyiség, a többi lerakókba került (Bagi, 2007).

- 2008-ra a nem biomassza jellegű hulladék hasznosítása (anyagában történő vagy energetikai) legalább 50%-os legyen

§ Az ipari hulladékok kb. 36 %-a, az építési-bontási hulladékok alig 33 %-a került hasznosításra a tervidőszak utolsó évében.

- csak a nem hasznosítható hulladékok kerüljenek lerakókba, a nem megfelelően kialakított hulladéklerakókat legkésőbb 2009-ig be kell zárni és rekultiválni, vagy felújítani

§ A nem EU-konform lerakók bezárása megtörtént, ez elsősorban a települési szilárd hulladék lerakókat érintette.

- a nem megfelelően működő hulladékégető berendezéseket ugyancsak fel kell újítani vagy be kell zárni 2005-ig

§ A hulladékégetők felülvizsgálatát elvégezték, amelyek nem tudták teljesíteni az előírásokat, bezárára kerültek.

- a végső lerakásra kerülő (veszélyes és nem-veszélyes) hulladék mennyiségét 20%-kal kell csökkenteni

§ A lerakókba került hulladék mennyiség kevesebb, mint felére csökkent, ami az összes keletkezett hulladékokra vonatkoztatva 53%-ról 42%-ra való változást jelent. Megjegyzendő azonban, hogy a települési szilárd hulladéknak még mindig nagyon magas hányada (>70 %) lerakókba került és ugyancsak kedvezőtlen az építési-bontási hulladékok 50 % feletti lerakási aránya.

- a veszélyes hulladékok képződésének megelőzése és a veszélyesség csökkentése érdekében a veszélyes anyagok felhasználását korlátozni kell és 2008-ig legalább a 30%-os hasznosítási arányt kell elérni

§ A veszélyes hulladék mennyisége mintegy ötödére csökkent 2000-től 2008-ra, de ehhez a nagy mértékű csökkenéshez az is hozzájárult, hogy a 2002-től érvényes EU-s veszélyes hulladéklista szerint több, korábban ide tartozó hulladék típus kiesett ebből a kategóriából. Ha az anyagában történő és energetikai hasznosítást, valamint az együtt égetéssel keletkező energia hasznosítást is figyelembe vesszük, akkor az arány eléri ill. kissé meghaladja a tervezett 30 %-ot (KvVM, 2009).

- a biológiailag bontható növényi és állati eredetű hulladék lerakását teljes mértékben meg kell szüntetni, komposztáló, biogáz-előállító és -hasznosító létesítményeket kell létrehozni

§ A mezőgazdaságból és élelmiszeriparból származó 2008 évi 1188000 tonna hulladékból mindössze 7000 tonna került lerakókba. Az újrafeldolgozással, komposztálással történő hasznosítás megközelíti az 50 %-ot, 14 % az égetéssel történő energetikai célú felhasználás és 39 % az egyéb módon kezelt mennyiség (www.ksh.hu).

- a szennyvíziszapok hasznosítási arányát 55%-ra kell növelni 2008-ig

§ Az összes keletkezett szennyvíziszap hasznosítási aránya 2008-ban meghaladta a 65%-ot.

- a kiemelt hulladékáramok esetében ki kell építeni az elkülönített gyűjtési, kezelési és hasznosítási rendszereket

§ A cél megvalósultnak tekinthető, azonban további fejlesztések, bővítések szükségesek mind a begyűjtés, mind a feldolgozás területén.

2.2. II. Országos Hulladékgazdálkodási Terv

A II. Országos Hulladékgazdálkodási Terv az előző időszak végére elért eredmények elemzése és a megvalósítás során szerzett tapasztalatok alapján fogalmazódott meg. Ugyanakkor figyelembe kellett venni, hogy az EU új hulladék keretirányelvében megfogalmazottak alapján a fenntartható fejlődés elveinek megvalósítása egyre nagyobb prioritást kap a társadalmi és a gazdasági elvárások között. Az EU a hulladék keletkezésének megelőzésére és az újrahasznosításra vonatkozóan stratégiaileg öt cél megvalósítását jelölt meg (www.euvonal.hu):

- a hulladék környezeti hatásainak csökkentése,
- a keletkező mennyiség csökkentése,
- az újrafeldolgozás kiterjesztése,
- a szabályozás modernizálása és egyszerűsítése,
- a jogszabályok maradéktalan végrehajtása

A II. OHT az 2009-2014 évek közötti időszakra határozza meg a hulladékgazdálkodás feladatait a III. Nemzeti Környezetvédelmi Programmal (III. NKP) összhangban. A III. NKP-ban megfogalmazott célokat kilenc tematikus akcióprogram tartalmazza, a hulladékgazdálkodásra vonatkozó program fő célkitűzéseivel, amellyel az OHT átfogó céljai tkp. azonosak:

- **megelőzés** - évente legalább 20%-al csökkenjen a hulladék mennyisége és 2014-ben ne haladja meg a 20 millió tonnát (települési: 5 Mt, veszélyes: 1 Mt, nem-veszélyes termelési: 14 Mt)

A hulladék mennyiség csökkentése érdekében a keletkezés megelőzésére sokkal nagyobb figyelmet kell fordítani, ennek főbb feladatai:

- 2013-ra Nemzeti Megelőzési Programot kell létrehozni;

- elő kell segíteni ill. fejleszteni a lakosság részvételét a hulladékgazdálkodási feladatok teljesítésében a szelektív hulladékgyűjtés (a lakosság 80%-a számára elérhető lehetőséggé kell növelni), az újrahasználat és hasznosítás terén egyaránt (pl. szolgáltatóházakban a javítási szolgáltatások fejlesztése, a házi és közösségi komposztálás népszerűsítése és segítése);

- a gazdaságban ösztönözni kell a hulladékszegény technológiák bevezetését megfelelő támogató rendszerek kialakításával;

- törekedni kell a szemlélet megváltoztatására mind a lakosság, mind a gazdaság szereplői körében.

- **hasznosítás** - az időszak végére a képződött hulladék legalább 40%-ában anyagában, 10%-ában pedig energetikai hasznosításra kerüljön(települési: 40 és 10%, veszélyes: 30 és 5%, nem-veszélyes termelési: 45 és 15%)

A főbb elvárások:

- alapvetően a hulladékok kezelésében növelni kell a hasznosítás mértékét (biohulladék, építési-bontási hulladék, lakosság által szelektíven gyűjtött – papír, fém, műanyag, üveg, elektronikai – hulladékok tekintetében);
- a lakossági begyűjtési rendszereket fejleszteni kell, ki kell alakítani a házhoz menő gyűjtést, a hazai feldolgozó kapacitásokat növelni kell;
- fontos az energetikai hasznosítási rendszer kiépítése (különösen azért is, mert ennek a módszernek nálunk nincsenek hagyományai és részben emiatt társadalmilag nem igazán elfogadott);
- minimalizálni kell a lerakás mértékét, az éghető hulladékok lerakását korlátozni kell, ill. a energiakinyeréssel végzett ártalmatlanítási módszereket kell előtérbe helyezni
- **ártalmatlanítás** - 2014-re az ártalmatlanításra kerülő hulladék 50%-os arányú legyen (települési 60%, veszélyes 50%, nem-veszélyes termelési 30%)

A maradék hulladék ártalmatlanításának feltételeit az országon belül létre kell hozni, kivételt csak speciális hulladékok esetében lehet tenni.

3. A hulladékcsökkentés, mint legfőbb feladat

3.1. A termelési hulladék csökkenésének elősegítése

A termelési hulladékok mennyisége az előző évtizedben jelentősen csökkent, amiben közrejátszott az ipari termelési szerkezet átalakulása (nagy hulladéktermelő ágazatok leépülése, az elektronikai- és gépjárműipar előretörése) és a régi, elavult termelési módszerekről korszerű, környezetkímélő technológiákra történő áttérés.

A hulladék keletkezésére a **termékfejlesztés** is jelentősen befolyással van, az újrahasználat, hosszabb élettartamú és kevesebb veszélyes anyag tartalmú termékek előállítására kell törekedni. A hulladékcsökkentés érdekében továbbra is feladat a kis anyagigényű, hulladékszegény **technológiák** széleskörű bevezetése, a hulladékok, melléktermékek visszaforgatásának növelése. Az elérhető legjobb technikák alkalmazására való törekvés és a környezetirányítási rendszerek kiépítése, működtetése ugyancsak jelentős előrelépést eredményez. Szükséges lenne a megfelelő gazdasági, jogi, támogatási **szabályozás** megteremtése is ahhoz, hogy a megelőzés elve a termelés és fogyasztás integráns részévé váljon (II. OHT).

3.2. A lakossági hulladék csökkenésének elősegítése

Az egyszemélyes háztartásokban fajlagosan (egy főre vetítve) az erőforrás-felhasználás és a kibocsátások (hulladék, szennyvíz) is magasabbak, mint a többfős családokban. A társadalmi-szociális változások ez esetben kedvezőtlenül alakulnak, hiszen nő az egyszemélyes háztartások száma. A vásárlási szokások, és ezzel szoros összefüggésben a fogyasztás megváltozásában jelentős szerepük van az utóbbi 15-20 évben létrejött nagy bevásárlóközpontoknak. Az egyszer használatos, rövid élettartamú termékek megjelenése és fogyasztása fokozódott. Ez az élelmiszersomagolásra is jellemző, ahol az egyutas csomagolás (pl. poharas kiszerelés, porciós termékek) előtérbe került és a csomagolóanyag a fogyasztással egyidőben hulladékká válik. Felmérések szerint a magyar lakosság az európai átlagnál kevesebbet tesz a környezet megóvása érdekében. Azt is kimutatták, hogy azok a környezeti problémák érintik meg a polgárokat, amelyekre a média felhívja a figyelmet (III. NKP, 2009). A lakosság **környezettudatos szemléletének és viselkedésének** erősödése szükséges ahhoz, hogy a szelektív gyűjtés a lehető legnagyobb mértékben megvalósulhasson, ne legyenek illegális hulladék lerakások, hajlandóságot mutassanak az emberek a használt termékek újrahasználatára és az újrahasznosításra, változtassanak a vásárlási, fogyasztási szokásaikon. A „hulladékszegényebb” életmódra való áttérés, a környezetért való felelősségérzet kialakulása mind az egyén, mind a kisebb közösségek (család) szintjén alapvetően meghatározó és fontos tényező a települési szilárd hulladék mennyiség csökkentésében. Mindehhez szükséges: a lakosság **szelektív gyűjtési rendszer** további **fejlesztése**; a lakosság **újrahasználatra, hasznosításra való ösztönzése** (használt termékek visszavételének, és ismételt értékesítésének kialakítása, javító szolgáltatások fejlesztése, házi/közösségi komposztálás támogatása).

Teszt

12. fejezet - A hulladékgazdálkodás és a fenntarthatóság, új irányzatok a hulladékgazdálkodásban

1. A fenntartható fejlődés és a hulladékgazdálkodás

A fenntartható fejlődés fogalma az 1987-ben megjelent, az ENSZ Környezet és Fejlődés Világbizottsága „Közös jövőnk” címmel kiadott jelentésében látott napvilágot. (A bizottság akkori elnökének, Gro Harlem Brundtland norvég miniszterelnökneve alapján gyakran Brundtland jelentésként is emlegetik.) Ebben a dokumentumban a fenntartható fejlődés globális megvalósítására és a természeti erőforrások megőrzésére helyezve a hangsúlyt, egy újfajta gazdasági növekedést alapoztak meg.

A jelentésben megfogalmazott **fenntartható fejlődés** definíció: "a fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen szükségleteit, anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő nemzedékek esélyét arra, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket" (www.ff3.hu). A gazdaság fejlődésének biztosítása, a társadalom és a környezet hosszútávon történő fennmaradása csak úgy lehetséges, ha a természeti erőforrásokat kíméletesen használjuk, elkerüljük a káros hatásokat és a környezet állapotában bekövetkező visszafordíthatatlan változásokat. Ehhez egy jelentős paradigma váltásra volt szükség a gazdaság-társadalom-környezet viszonyrendszerében. A fenntarthatóság olyan termelési rendszereket igényel, amelyek a természetes adottságokra, a meglévő környezeti erőforrásokra építenek, azokkal szemben, amelyek átalakítani kívánják azokat. Emellett fontos, hogy a sokszor lineáris termelési és fogyasztói folyamatok zárt ciklusba kapcsolódjanak és lehetőség szerint megtörténjen a természetes folyamatokhoz történő közelítés (Szabó, 2005). Ezt jelenti a hulladékgazdálkodás területén az újrafelhasználás és –hasznosítás, de a hulladékkeletkezés minimalizálása is.

A Nemzeti Fenntartható Fejlődési Stratégia (NFÜ, 2007) a termelés és fogyasztás természeti erőforrás igényének csökkentését irányozza elő, megvalósítása érdekében pedig az öko-hatékonyság növelését, valamint a hulladékgazdálkodás fejlesztését határozza meg. Ez utóbbihoz tartozik a kevesebb hulladékkal járó termelési eljárások bevezetése, a hulladékok más termelési eljárásokban való hasznosítása és az újrahasznosítás növelése. Ennek érdekében a Stratégia legfontosabb cselekvési területei között szerepelnek a következők:

- a **fenntartható termelés és fogyasztás kialakulását támogatni kell**, alapozva a már meglévő intézkedésekre, kezdeményezésekre az erőforrás- és hulladékgazdálkodási politika, az integrált termékpolitika, a környezetirányítási rendszerek és az innovációs és technológiai politika területén
- törekedni kell a **hulladékok keletkezésének megelőzésére** olyan termelési folyamatok bevezetésével, amelyek kevesebb és elsősorban újrahasznosított anyagot alkalmaznak
- **ipari ökológiai rendszereket kell létrehozni**, ami azt jelenti, hogy a gazdasági tevékenységekben az anyag- és energiaáramokat össze kell hangolni, az egyik termelési folyamatban keletkező hulladék legyen egy másik folyamat inputja (hulladék státusz megszűnése)
- a **környezettudatos terméktervezéssel** a megelőzés elvét a termék vagy szolgáltatás teljes életciklusára (nyersanyagok kitermelése, feldolgozás, fogyasztás, hasznosítás, ártalmatlanítás) vonatkozóan kell megvalósítani és a lehető legkisebb környezetterhelést előidézni; a tervezésben preferálni kell a hosszú élettartamú, jól javítható és hulladékká válásuk után minél nagyobb arányban hasznosítható termékek létrehozását
- rendkívül fontos feladat az **újrahasználat és újrahasznosítás erősítése, a másodlagos nyersanyagpiacok kialakítása**, ami magában foglalja az egyszerűhasználatos termékek visszaszorítását és az újrahasznosítási technológiák gazdaságosságának növelését
- a **nem hasznosítható hulladékok környezetbarát ártalmatlanítását** oly módon kell megvalósítani, hogy minél kevesebb környezeti kárt okozzon, minél kisebb területet foglaljon el és minél jobban illeszkedjen a természeti környezetbe

· a **fenntartható ásványvagyon-gazdálkodás** érdekébenrészletes szabályozás szükséges, ami többek között továbbra is biztosítja a bányászati tájrendezések és újrahasznosítási célok megvalósítását

Az előbb felsorolt, a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Stratégiában (NFFS) megfogalmazott célok eléréséhez és a feladatok megvalósításához azonban rendkívül fontos a társadalom környezettudatos szemléletének és viselkedésének kialakítása, továbbfejlesztése. Az NFFS e tekintetben is meghatározza szükséges tennivalókat:

· a **fogyasztói magatartás megváltoztatása** környezettudatosság irányába kell befolyásolni, amelynek módszerei változatosak: tájékoztatás, kommunikáció, oktatás, termékjelölési rendszer alkalmazása, a termék forgalmazásának és árának megváltoztatása, lakossági szelektív gyűjtési és újrahasznosítási programok

A fenntartható fejlődés stratégiájában elért eredmények értékeléséhez 63 elemet tartalmazó indikátor rendszert használnak, amelyek közül öt vonatkozik közvetlenül a hulladékokra (Szabó, 2005):

- kommunális hulladék gyűjtése és elhelyezése
- ipari hulladékok keletkezése szektoronként
- veszélyes hulladék
- radioaktív hulladék keletkezése és elhelyezése
- papír- és üveghulladék újrahasznosítása

2. Újirányzatok a hulladékgazdálkodásban

2.1. Az integrált hulladékgazdálkodás

Az integrált hulladékgazdálkodás a hulladékokkal kapcsolatos problémák, feladatok megoldását környezetileg hatásos, gazdaságilag hatékony módon oldja meg. Fő célja a környezetterhelés csökkentése a lerakásra kerülő hulladékmennyiség mérséklése révén.

A hulladékgazdálkodási sorban legfőbb prioritása a megelőzésnek van (mint ahogy az a 2008-as EU hulladék keretirányelvében is szerepel) (82. ábra).



82. ábra Az integrált hulladékgazdálkodási koncepció (Csőke és Nagy, 2009)

A megelőzés, ami azt jelenti, hogy minél kisebb mennyiségű, a környezetre minél alacsonyabb kockázatot jelentő hulladék keletkezzen. Ezt el lehet érni

- a hosszú élettartamú, kisebb tömegű, javítható termékek gyártásával
- termékhelyettesítéssel (a több és veszélyesebb hulladék termelődését eredményező termék kiváltása)
- az újrahasznosítható termékek termelésbe történő visszavezetésével
- takarékos termékhasználattal (hosszabb időn keresztül történő használat)
- fogyasztás csökkentéssel (bizonyos termékekről való lemondás) (Bartus, 2006).

Az előzőekben felvázoltak megvalósítása történhet

· a **termelés** szintjén:

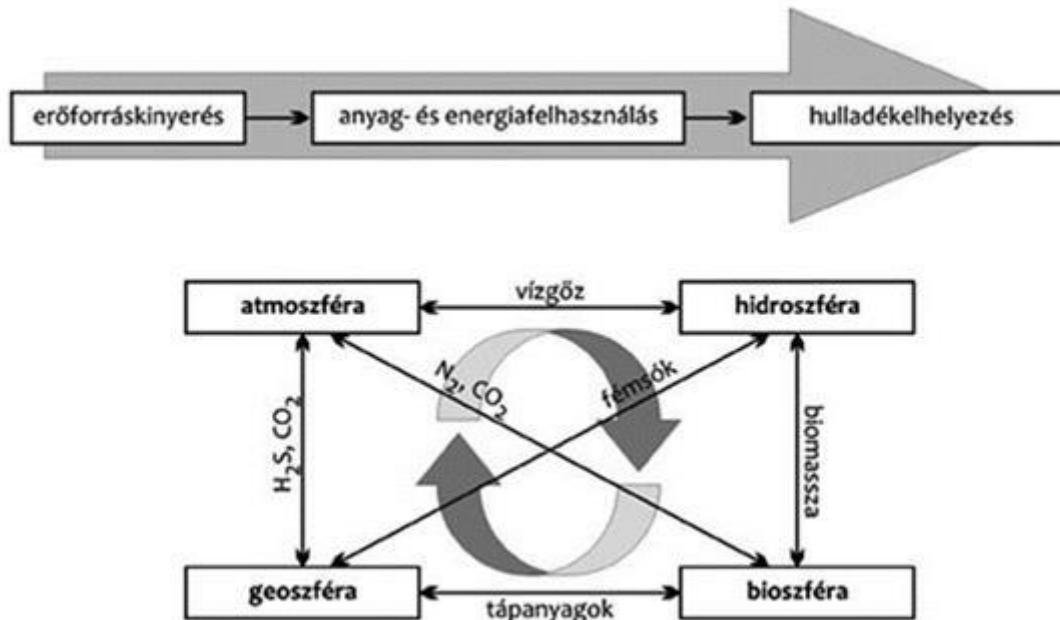
- technológia (anyag- és energiatakarékos, valamint hulladékszegény és kevésbé veszélyes hulladékot „termelő” technológiák)
- termék (termékfejlesztés révén hosszabb élettartamú, újrahasznosítható anyagokat tartalmazó, többutas csomagolóanyagok felhasználásával készülő termékek)

· a **fogyasztás** szintjén (a kereskedő kritikus hozzáállása az árusított termékekhez, környezettudatos vásárló, vásárlás helyett javítás, szelektív gyűjtésben való részvétel)

· az **állami szabályozás** szintjén (jogi szabályozás megteremtése, termelés-értékesítés-fogyasztás hulladékkezelés ellenőrzése, technológiák és termékek engedélyezése, pénzügyi ösztönzőrendszerek létrehozása) (Csőke és Nagy, 2009)

2.2. Az ipari ökológia

Az ipari ökológia elve, hogy a természeti rendszerekhez hasonlóan nem értelmezi a hulladék fogalmát. A természetben semmi sem fölösleges, különféle módon, de minden anyag újrafelhasználásra kerül. Az anyag-, energia- és információáramlás körfolyamatokat alkot. Az ipari termelési folyamatokban ez tradicionálisan egyirányú, lineáris. A nyersanyagokból és alapanyagokból energiaforrás felhasználásával jön létre a végtermék, miközben melléktermékek, hulladékok képződnek (83. ábra).



83. ábra Az ipari és a természeti folyamatok általános, vázlatos modellje (Szépvölgyi, 2010)

Az ipari termelés során a természeti erőforrások kitermelése komoly anyagi befektetést igényel és súlyos környezetterheléssel, környezeti károkkal jár. Már emiatt is fontos, hogy a termelésben, fogyasztás során keletkező hulladékok újrahasznosításra kerüljenek és deponálásra szigorúan csak azok, amelyeket még nem tudunk felhasználni.

Az ipari ökológia a természetes rendszerek működésének mintájára igyekszik átalakítani az ipari termelési rendszereket. Ezáltal összehangolt, zártciklusú, műszakilag és gazdaságilag hatékony, környezetkímélő, hosszútávon fenntarthatóan működtethető termelési rendszerek megvalósítására törekszik.

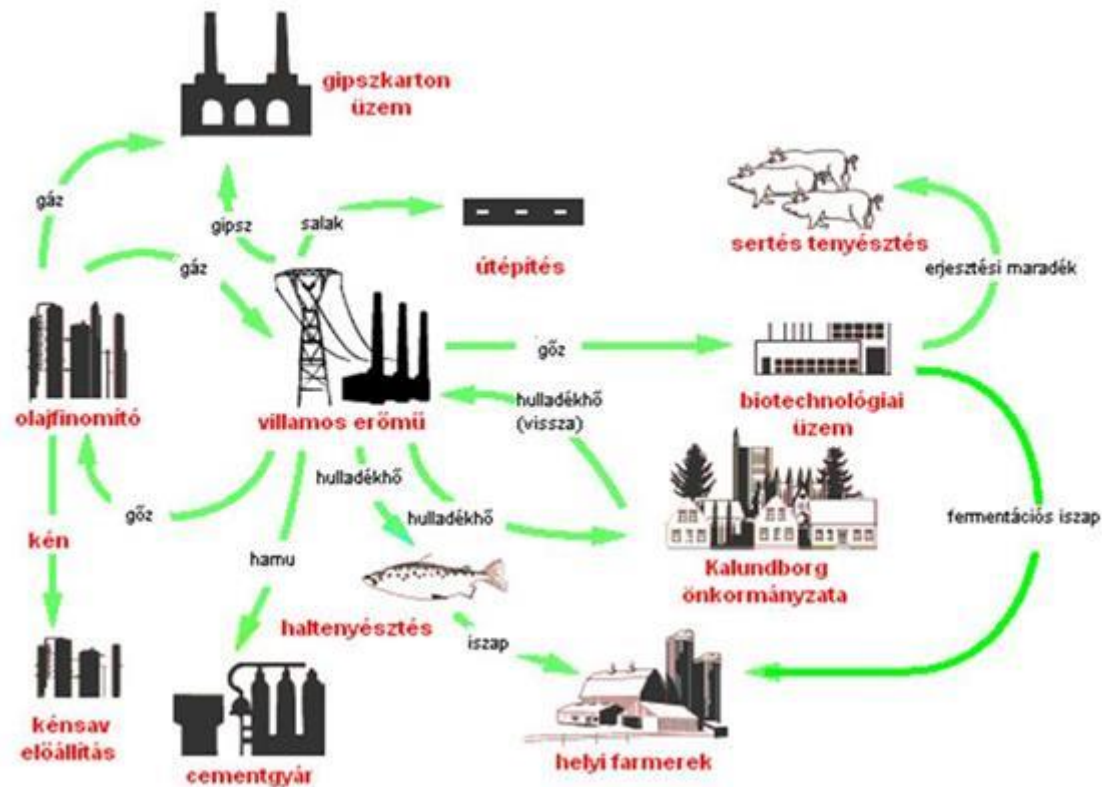
Az ipari ökológia jellemzői (Bezegh, 2006; Szépvölgyi, 2010):

- az ipari és környezeti rendszerek kölcsönhatásainak rendszerszemléletű (holisztikus) megközelítése
- az anyag- és energiaáramok, átalakulások vizsgálata (ipari metabolizmus)
- zárt termelési rendszerek kialakítása (zérus hulladék kibocsátás)
- az ipari folyamatok környezetterhelésének csökkentése (ökotervezés)
- az ipari rendszerek és a környezet működésének összehangolása (ipari szimbiózis)

Az ipari ökológia előtérbe helyezi a teljes életciklus-elemzés módszerét, amely alapján a termék élettartamának minden szakaszát vizsgálja, figyelembe véve az anyag- és energiaáramlásokat és a kapcsolódó, kiegészítő folyamatokat.

Az ipari ökológia elvét alkalmazva az elkülönülten működő iparágakat, technológiákat az erőforrás-hatékonyság és a fenntarthatóság növelése érdekében össze lehet kapcsolni (ipari szimbiózis), beleértve az egyes anyagok, az energia, a víz és a termelés melléktermékeinek áramlását, az iparágak közti cseréjét (84. ábra). Emellett az

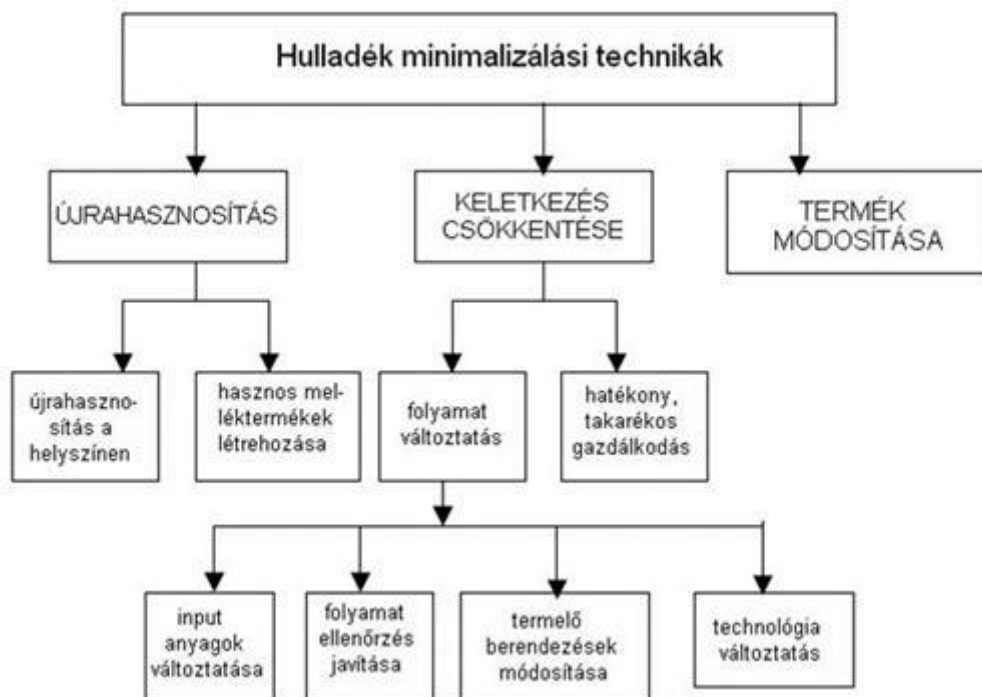
eszközök, szakértelem és beszerzési hálózat is bekerülhet ebbe a kapcsolattrendszerbe, tovább növelve a hatékonyságot és a környezetkímélő működést (reprowis.eu/hu).



84. ábra A Kalundborgban (Dánia) létrehozott ipari ökoszisztéma (Peck, 1996)

2.3. Nulla hulladék

A „nulla hulladék” (Zero Waste) egy stratégia, amelynek célja, hogy ahogyan a természetben az anyagok körforgásban vannak, úgy a termelésben is megvalósuljon a körfolyamatba történő zárás, azaz egy adott termelési folyamatból kilépő anyag egy másiknak az erőforrása legyen. Ennek érdekében az erőforrások életciklusát úgy kell megváltoztatni, hogy minden termék újrahasznosításra kerüljön és ezzel megvalósuljon a hulladékkeletkezés megelőzése. Erre kell fektetni a fő hangsúlyt, de e mellett az újrahasználatot és az újrafeldolgozást alkalmazva lehet elérni, hogy a deponálásra kerülő maradék hulladék mennyisége a lehető legkisebb legyen. Hosszútávon a keletkezést csökkentő módszerek alkalmazásával a cél az, hogy a hulladékmennyiség elenyésző vagy nulla legyen (85. ábra) (Balogh és Szilágyi, 2007). Ahhoz, hogy ez megvalósulhasson, szükséges a gyártó felelősségének minél teljesebb mértékű érvényesülése a tervezés és gyártás során; a társadalom felelősségének erősödése a fogyasztási szokások és az újrafelhasználás területén; valamint a politika felelősségének megléte ahhoz, hogy az első kettőt segítse és összehangolja (Kiss, 2010).



85. ábra A hulladék csökkentésének főbb technikái (Kiss, 2010)

A fent vázolt hulladékgazdálkodási koncepciók egymáshoz nagyon hasonló elveket és célokat fogalmaznak meg és ugyanakkor összhangban vannak a fenntartható fejlődés kritériumaival is. Mindegyik elv alapvetően a hulladék csökkentés jelentőségét emeli ki és e tekintetben az EU hulladék keretirányelvének elvárásai is teljesen azonosak: 2013-ra minden tagállam számára előírja a nemzeti hulladékmegelőzési program létrehozását. A cél a természeti erőforrások fenntarthatóságának biztosítása és a környezetterhelés csökkentése érdekében a hulladék keletkezés minimalizálása és a visszaforgatás maximalizálása.

Teszt

13. fejezet - Irodalomjegyzék

Alexa L., Dér S. (2001): Szakszerű komposztálás: elmélet és gyakorlat. Proficomp Kft., Gödöllő: 1-264.

Ángyán J., Tardy J., Vajnáné Madarassy A. (szerk.) (2003): Védett és érzékeny természeti területek mezőgazdálkodásának alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest: 1-625.

Anton A., Borián Gy., Forgács J., Horváth Zs., Lelik Zs. (2009): Környezettechnika II. KvVM, Budapest: 1-260.

Bagi B (2007): Biológiai bontható hulladékok kezelése. (www.bipro.de/waste-events/doc/events07/hu_presentation_7nhei_bb.pdf)

Balogh E., Szilágyi L. (2007): Nulla hulladék – zero waste. A HuMuSZ javaslatai önkormányzatok számára. Hulladék Munkaszövetség, Budapest: 1-31. (http://www.humus.hu/download/zerowaste/zero_waste_utmutato.pdf)

Bándi Gy., Bese E., Csepregi I., Erdey Gy., Markó Cs., Nagy Gy. (2002): Hulladékgazdálkodási kézikönyv I. KJK-KERSZÖV Jogi és Üzleti Kiadó Kft., Budapest: 1-349.

Bánhegyiné Tóth Á. (2003): Az elektronikai és elektromos ipari műanyag hulladék hasznosítása. Műanyagipari Szemle, 2003/7. szám (<http://www.muanyagipariszemle.hu/2003/07/az-elektronikai-es-elektromos-ipari-muanyaghulladek-hasznositasa-05.pdf>)

Bárczi I., Biczók Gy., Garáné Nagy K., Horváth Zs., Magossány Zs., Pál T., Rédey Á., Weiner L. (2003): Hulladékgazdálkodás az Európai Unióban és Magyarországon. Vállalkozók Európában 19. Magyar Kereskedelmi és Iparkamara, Budapest: 1-131.

Barótfi I. (2000): Környezettechnika. Mezőgazda Kiadó, Budapest: 1-747.

Bartus G. (2006): A hulladékgazdálkodás alapjai. Nemzeti Szakképzési Intézet, Budapest: 1-80.

Bese B. (2009): A hulladéklerakók rekultivációja és utógondozása. Az engedélyezési eljárások tapasztalatai. KEOP Kedvezményezett Konferencia, Budapest 2009.szept. 10. (www.nkek.hu/ext/download.php?id=550)

Bese E., Biacs T-né, Dorkó Zs., Markó Cs., Szerjopulosz K. (szerk.) (2001): Kézikönyv a veszélyes hulladékokról. KJK-KERSZÖV Jogi és Üzleti Kiadó Kft., Budapest: 1-345.

Bezég A. (2006): Az öt éves tervek és az ipari ökológia. In: BCE Környezettudományi Intézet, Környezeti nézőpontok, Aula, Budapest: 163-170.

Borda J., Lakatos Gy., Szász T. (2009): Környezetvédelem (Ipari környezetvédelem, környezetgazdaságtan). Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen: 1-137.

Bóday P. (szerk.) (2012): Környezeti helyzetkép, 2011. KSH, Budapest: 1-74. (<http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/pdf/kornyhelyzetkep11.pdf>)

Czupy I., Vágvolgyi A. (2011): Mezőgazdasági (növénytermesztés, állattartás, erdészeti) hulladékok kezelése és hasznosítása. Digitális tananyag. (www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Mezogazdasag_hulladekai/ch03s03.html)

Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J. (2007): A polimertechnika alapjai. (<http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/polimertechnika-alapjai/ch16s03.html#id581837>)

Csőke B., Szabó I. (szerk.) (2009): Hulladékgazdálkodás. Digitális tananyag: 1-776. (<http://hulladekonline.hu/tananyagok>)

Csőke, B. – Alexa, L. – Olessák, D. – Ferencz, K. – Bokányi, L.: Mechanikai-biológiai hulladékkezelés kézikönyve (Handbook of Mechanical-Biological Waste Treatment). ProfiComp Könyvek

Debreczeni L.: A környezetvédelmi termékdíj törvény változásai (http://www.termekdijinfo.hu/szakertovalasz/Lapok/KT_mod_2012_.aspx)

EC (2010): Being wise with waste: the EU-s approach to waste management. (<http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/WASTE%20BROCHURE.pdf>)

EEA (2010): The European environment – state and outlook 2010: Synthesis (<http://www.eea.europa.eu/soer/synthesis/synthesis/chapter4.xhtml>)

EEA (2012): Material resources and wastes – 2012 update. The European Environment. State and outlook 2010. (<http://www.eea.europa.eu/publications/material-resources-and-waste-2014>)

EEA (2013): Managing municipal solid waste – a review of achievements in 32 European countries. EEA Report, 2/2013

EK Bizottság (2007): A Bizottság közleménye a Tanácsnak és az Európai Parlamentnek. Tájékoztató közlemény a hulladékról és a melléktermékekről (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0059:FIN:HU:PDF>)

Európai Bizottság (2011): Az erőforrás-hatékony Európa megvalósításának ütemterve. (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0571:FIN:HU:PDF>)

Európai Bizottság (2012): Javaslat az európai parlament és a tanács határozata a 2020-ig tartó időszakra szóló általános uniós környezetvédelmi cselekvési programról „Jólét bolygónk felélése nélkül” (http://ec.europa.eu/environment/newprg/pdf/7EAP_Proposal/hu.pdf)

Eurostat (2012): Energy, transport and environment indicators. Eurostat pocketbooks. (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-DK-12-001/EN/KS-DK-12-001-EN.PDF)

Eurostat Newsrelease (2012): Environment in the EU27. Landfill still accounted for nearly 40% of municipal waste treated in the EU27 in 2010. 48/2012 (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/8-27032012-AP/EN/8-27032012-AP-EN.PDF)

Farkas H.: A Hulladék Keretirányelv magyarországi implementációja. REPLAST Konferencia Balatonfüred 2010. április 8-9. (előadásanyag) (www.kszygysz.hu/e107_files/downloads/.../Farkas_Hilda.ppt)

Fehér S. (2007): Radioaktív hulladékok transzmutációja. Magyar Tudomány, 2007/1: 36-39.

Groniewsky E. (2011): Hulladékhasznosítás – cél vagy eszköz? (<http://www.energiaporta.hu>)

Hegyháti J. (2007): Radioaktív hulladékok kezelése és végleges elhelyezése. 2007/1: 27-30.

Hornyák M. (2003): A hulladékgazdálkodás alapfogalmai és jogi vonatkozások. In: Zimler T. Hulladékgazdálkodás. Tertia Kiadó, Budapest: 19-57.

II. Országos Hulladékgazdálkodási Terv (http://www.kvvm.hu/cimg/documents/OHT_II_febr_18.pdf)

Kádár I. (1998): Kármentesítési kézikönyv 2. A szennyezett talajok vizsgálatáról. Környezetvédelmi Minisztérium, Budapest: 1-151.

Kanyár B., Béres Cs., Somlai J., Szabó S.A. (2004): Radioökológia és környezeti sugárvédelem. Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém: 1-261.

Kanyár B., Somlai J., Szabó D.L. (1996): Környezeti sugárzások, radioökológia. Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém: 1-116.

Kárpáti Á. (2007): A komposztálás biológiája. In: Szilágyi F., Orbán V. (szerk.) Alkalmazott hidrobiológia. Magyar Vízmű Szövetség, Budapest: 393-406.

Kiskovács M.: Környezetvédelmi termékdíj a gyakorlatban. 2012. jan. 24. OKSZ Szakmai rendezvény (előadás) oksz.hu

Kiss K. (2010): Út a nulla hulladékképzés felé zöld gazdaságélénkítéssel. In: Zöld gazdaságélénkítés. Környezetgazdászok kiűtkeresése. Lélegzet Alapítvány: 609-668. (http://www.mgszt.hu/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=77&Itemid=17)

- Kocsis I. (2005): Komposztálás. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest: 1-207.
- Kolozsiné Ringelmann Á. (2011): A hulladékgazdálkodással kapcsolatos szabályozás változásai. XXI. Nemzetközi Köztisztasági Szakmai Fórum 2011. május 3-5: 32-36.
- Köztisztasági Egyesülés (2003a): A hulladékgazdálkodás általános kérdései, alapelvei. Hulladékgazdálkodási Szakmai Füzetek 1. KvVM, Budapest: 1-30.
- Köztisztasági Egyesülés (2003b): A települési szilárd hulladék szelektív kezelésének módszerei, alkalmazási lehetőségei. Hulladékgazdálkodási Szakmai Füzetek 4. KvVM, Budapest: 1-47.
- Köztisztasági Egyesülés (2003c): A települési szilárd hulladék termikus kezelése. Hulladékgazdálkodási Szakmai Füzetek, 5. KvVM, Budapest: 1- 42.
- Köztisztasági Egyesülés (2003d): A korszerű, regionális hulladéklerakók létesítése és üzemeltetése. Hulladékgazdálkodási Szakmai Füzetek 8. KvVM, Budapest: 1-48.
- Köztisztasági egyesülés (2003e): Zöld és biohulladékok komposztálása. Hulladékgazdálkodási Szakmai Füzetek 9. KvVM, Budapest: 1-67.
- Kun-Szabó T. (2003): A környezetvédelem minőség menedzsmentje. Általános környezetvédelmi ismeretek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest: 1-393.
- KvVM (2005): EMAS. EU rendelet a környezetvédelmi vezetésről. KvVM, Budapest: 1-14.
- KvVM (2009): Termékdíj koncepció 2009. 05. 14. (www.kvvm.hu/cimg/documents/Termekdij_koncepcio_2009_05_14.doc)
- KvVM (2009): Beszámoló a 2003-2008. közötti időszakra vonatkozó Országos Hulladékgazdálkodási Terv végrehajtásáról (<http://www.kvvm.hu/index.php?pid=1&sid=1&hid=2597>)
- Lábódy J. (2000): Veszélyes hulladékok égetése, korszerű égetőművek üzemeltetése I. NETI Kft., Budapest: 1-236.
- Lábódy J. (2000): Veszélyes hulladékok égetése, korszerű égetőművek üzemeltetése II. NETI Kft., Budapest: 1-247.
- Lehoczki L. (2007): Biztos a PET palackok jövője. Műanyagipari Szemle, 2007/4. szám (<http://www.muanyagipariszemle.hu/2007/04/biztos-a-pet-palackok-jovoje-12.pdf>)
- Lehoczki L. (2010): PET hulladékok feldolgozása. Műanyagipari Szemle, 2010/6. szám (<http://www.muanyagipariszemle.hu/2010/06/pet-hulladekok-feldolgozasa-16.pdf>)
- Nagy G. (szerk.) (2002): Hulladékgazdálkodás. Egyetemi jegyzet. SZIE, Győr: 1-171.
- Nagy Gy. (szerk.) (2005): Hulladékgazdálkodási kézikönyv II. KJK-KERSZÖV Jogi és Üzleti Kiadó Kft., Budapest: 1-286.
- Nagy S., Cseppely V. (2012): A nagy fűtőértékű MBH termék további nemesítésének kísérleti vizsgálata. Hulladék Online elektronikus folyóirat (http://epa.oszk.hu/02000/02099/00003/pdf/EPA02099_Hulladek_Online_2012_01_NAGY_CSEPPE_LY.pdf)
- NFÜ (2007): Nemzeti Fenntartható Fejlődési Stratégia. Magyar Köztársaság Kormánya: 1-64. (<http://www.nfu.hu/doc/198>)
- Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2009-2014. (OHT-II.) http://www.kvvm.hu/cimg/documents/OHT_II_febr_18.pdf
- Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2014-ig (OHT-II.) (<http://www.kvvm.hu/index.php?pid=1&sid=1&hid=2597>)
- Öllös G., Oláh J., Palkó Gy. (2010): Rothasztás. Magyar Víziközmű Szövetség, Budapest: 1-1109.

Pál K.-né (2002): A műanyag hulladék mint másodnyersanyag felhasználása. Műanyagipari Szemle, 2002/1. szám (<http://www.muanyagipariszemle.hu/2002/01/a-muanyag-hulladek-mint-masodnyersanyag-felhasznalasa-08.pdf>)

Pálfi F. (szerk.) (1997): Vele vagy nélküle? Ismeretek az atomenergiáról és a nukleáris biztonságról. Műegyetemi Kiadó, Budapest: 1-59.

Peck, S.W. (1996): Industrial Ecology: From Theory To Practice (http://newcity.ca/Pages/industrial_ecology.html)

Sallai O. (szerk.) (2011): A Paksi Atomerőmű Zrt. környezetvédelmi jelentése: 1-48. (http://atomeromu.hu/download/9139/kornyezetvedelmi_jelentes_2011%20v%C3%A9gleges.pdf)

Schrör H. (2011): Environment and energy. Eurostat, Statistics in focus 44/2011 (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-SF-11-044/EN/KS-SF-11-044-EN.PDF)

Steiner F., Rónai P., Bese E., Markó Cs., Pataki Gy.-né (2002): Veszélyes hulladékkal kapcsolatos tevékenységek az Európai Unióban és Magyarországon. Magyar Kereskedelmi és Iparkamara, Budapest: 1-63.

Szabó I. (1999): Hulladék elhelyezés. Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc: 1-440.

Szabó J. (2005): A Fenntartható Fejlődés Nemzeti Stratégiája (FFNS) – tervezet. Budapest: 1-145. (http://www.ecovast.hu/ffns_vitaanyag_elte-nfh_050921.pdf)

Szépvolgyi J. (2010): Fenntartható fejlődés-ipari ökológia-kémia. Magyar Tudomány, 2010/3: 260-269.

Szűcs I. (2011): A nukleáris ipar hulladékkezelési kihívásai. (http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Nuklearis_ipar_hulladekkezelese/index.html)

Takáts A., Varga N., Takáts P. (2011): A papírhulladék hasznosítása alapú biokompozit előállításához I. Faipar, LIX/I. szám: 23-29. (http://www.epa.hu/02300/02321/00029/pdf/EPA02321_Faipar_2011_01_23-29.pdf)

Tamás J., Blaskó L. (2008): Environmental management. Digitális tankönyv. (http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_kornyezettechnologia/index.html)

Torma A. (2011): Környezetmenedzsment rendszerek. (http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Kornyeztmenedzsment_rendszerek/index.html)

Tóthné Szita K. (2009): Az életciklus elemzés kialakulása, fejlődése, értelmezése dióhéjban. ECO-Matrix (elektronikus folyóirat) 2009/1: 5-7. (http://www.lcacenter.hu/uploads/media/ECO-Matrix_2009.pdf)

Vermes L. (1998): Hulladékgazdálkodás. hulladékhasznosítás. Mezőgazda Kiadó, Budapest: 1-201.

Widmer R., H. Oswald-Krapf., D. Sinha-Khetriwal, M. Schnellmann, H. Böni (2005): Global perspective on e-waste. Environmental Impact Assessment Review, 25: 436–458.

Zimler T. (szerk.) (2003): Hulladékgazdálkodás. Alaptankönyv. Tertia Kiadó, Budapest: 1-319.

Zöld Könyv az Európai Unió biohulladék-gazdálkodásáról (2008) (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0811:FIN:HU:PDF>)

Törvények, jogszabályok, rendeletek:

110/2002. (XII. 12.) OGY határozata az Országos Hulladékgazdálkodási Tervről

1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól

1995. évi LVI. törvény a környezetvédelmi termékdíjról, továbbá egyes termékek környezetvédelmi termékdíjáról

1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról

2000. évi XLIII. törvény a hulladékgazdálkodásról

2008/98/EK keretirányelv a hulladékokról

2011. évi LXXXV. törvény a környezetvédelmi termékdíjról

2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról

22/2001. (X. 10.) KÖM rendelet a hulladéklerakás, valamint a hulladéklerakók lezárásának és utógondozásának szabályairól és egyes feltételeiről

44/2000. (XII. 27.) EüM rendelet a veszélyes anyagokkal és a veszélyes készítményekkel kapcsolatos egyes eljárások, illetve tevékenységek részletes szabályairól

443/2012. (XII. 29.) Korm. rendelet az elektromos és elektronikus berendezésekkel kapcsolatos hulladékgazdálkodási tevékenységekről

96/2009. (XII. 9.) OGY határozat a 2009-2014 közötti időszakra szóló Nemzeti Környezetvédelmi Programról

98/2001. (VI. 15.) rendelet a veszélyes hulladékkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeiről

A 16/2001. (VII. 18.) KöM rendelet a hulladékok jegyzékéről

Európai Parlament és a Tanács 1013/2006/EK rendelete (2006. június 14.) a hulladékszállításról

Európai Parlament és a Tanács 2008/98/EK irányelve (2008. november 19.) a hulladékokról és egyes irányelvek hatályon kívül helyezéséről

Európai Parlament és Tanács 761/2001/EK rendelete (2001. március 19.) a szervezeteknek a közösségi környezetvédelmi vezetési és hitelesítési rendszerben (EMAS) való önkéntes részvételének lehetővé tételéről

Egyéb internetes források:

<ftp://witch.pmmf.hu:2001/.../Depóniagáz%20monitoring%201.1.ppt>

http://bovaconsulting.hu/termekdij/termekdij_2012.pdf

<http://euprojekt.karcag.hu/keop/esemenyek/20120815/kisujkiv.htm>

http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management/l11022_hu.htm

<http://hirek.logportal.hu/gyokeres-valtozasokat-hoz-az-uj-hulladeggazdalkodasi-torveny>

<http://hulladekonline.hu/files/78>

http://hulladekudvar.hu/tartalom/hulladekudvar_fogalma

<http://inest.hu/minositesek-engedelyek/95-szelektiv-papirgyujtes-iratmegsemmisites-msz-en-643-szerint>

<http://kgk.pmmf.hu/regi/oktatas/tantargyak/targyak/kornyved/eloadas.doc>

<http://kornyeztbarat.hulladekboltermek.hu/hulladek/hulladekfajtak/veszelyeshulladek>

<http://kornyeztbarat.hulladekboltermek.hu/hulladek/hulladekfajtak/muanyagghulladek/>

http://ocsa-varos.blogspot.hu/2012_07_01_archive.html

<http://okoviz.hu/szelektiv-hulladekgyujtes/hasznos/mi-tortenik-a-szelektiven-gyujtott-hulladekkal/>

http://reprowis.eu/hu/ipari_okologia_ipari_szimbiozis (Reprowis Projekt A termelési hulladék mennyiségének csökkentése az ipari szimbiozis elveinek alkalmazásával)

http://szemet361.blogter.hu/191387/a_fovarosi_hulladekhasznosito_mu

http://szemet361.blogter.hu/249426/lakossagi_veszelyes_hulladek_gyujtes
<http://www.atevszolg.hu>
<http://www.avermann.hu/avhob2010.html>
http://www.dafeszk.hu/page.fcgi?rx=&nyelv=hu&menuparam5=4&menuparam_7=12&type=7
<http://www.eea.europa.eu/publications/managing-municipal-solid-waste>
<http://www.eea.europa.eu/hu/themes/waste/intro> (Hulladék és nyersanyag-erőforrások)
<http://www.eea.europa.eu/publications/eea-signals-2012>
<http://www.emas.hu>
<http://www.europarl.europa.eu>
<http://www.ff3.hu/>
<http://www.fkf.hu/portal/page/portal/fkf/HUHA>
<http://www.fkf.hu/portal/page/portal/fkf/szol/Lakossag/Hulladek>
http://www.fkf.hu/portal/pls/portal/!PORTAL.wwpob_page.show?_docname=1542195.PDF
<http://www.gyulaihirnap.hu/download.fcgi?itemid=17487&pid=0&type=2>
<http://www.kormany.hu/hu/vidékfejlesztési-miniszterium/kornyezetugyert-felelos-allamtitkarsag/hirek/atfogo-reform-a-hulladekgazdalkodasban-elfogadtak-az-uj-torvenyt>
http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladekgazd/szakmai4_1_ki.gif
http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladekgazd/tervezes_seged/veszhullos/04fej.htm
http://www.loacker.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=8&Itemid=15
<http://www.mee.hu/sites/default/files/u9/4.%20M%C3%A1ramarosi%20Istv%C3%A1n%20-%20Dep%C3%B3niag%C3%A1z%20hasznos%C3%ADt%C3%A1si%20tapasztalato.pdf>
<http://www.mfor.hu/galeria/302.html?gPageNo=23&catPage=1>
http://www.okopannon.hu/images/keparchivum/kornyezetbarat_hulladekok/gyujtoszigetek/budapest.jpg
<http://www.organics-recycling.org.uk/page.php?article=2019&name=EU+consultation+on+waste+prevention+and+biowastes+>
<http://www.proficomp.hu> (A Gore-Cover technológia)
<http://www.szelektivinfo.hu>
<http://zoldtech.hu/cikkek/20120608-hulladek/dokumentumok/hulladek.pdf>
vki.ejf.hu/letoltes/215/szabadon/70_8_eloadas.ppt
www.kisalfold.hu
<http://www.fibag.hu>
http://www.okopannon.hu/letoltesek/az_op_rol/kozhasznusagi_jelentes/op_kozhasznusagi_jelentes_2011.pdf
<http://www.cseber.hu>
http://www.euvonal.hu/index.php?op=kerdesvalasz_reszletes&kerdes_valasz_id=395

<http://www.sarpi.hu>

<http://www.saubermacher.hu/web/hu/>

http://www.szrfk.hu/rtk/folyoirat/2011_1/2011_1_Szabo_Zsolt_1.html

<http://www.elektrohulladek.hu>

<http://www.greenfo.hu/hirek/2011/09/13/a-hulladeknepperek-kizarasat-keri-a-szakma>

http://www.papirhulladek.hu/index.php?folder_id=7

http://www.geofil-bubbles.com/hun/index_files/termek.html

<http://atomeromu.hu/hulladekkezeles>

<http://www.rhk.hu/docs/publications/RHK-hirlevel-2012-12.pdf>

[http://www.haea.gov.hu/web/v2/portal.nsf/att_files/eloadasok/\\$File/e-hegyhati.pdf?OpenElement](http://www.haea.gov.hu/web/v2/portal.nsf/att_files/eloadasok/$File/e-hegyhati.pdf?OpenElement)

[http://www.haea.gov.hu/web/v2/portal.nsf/att_files/eloadasok/\\$File/e_sukosd.pdf?OpenElement](http://www.haea.gov.hu/web/v2/portal.nsf/att_files/eloadasok/$File/e_sukosd.pdf?OpenElement)