

Energia és energiahordozók előállítása, települési szilárd hulladék feldolgozásával, a fenntartható fejlődés szempontjából

1. Bevezetés

A települési szilárd hulladékok összetétele és mennyisége jelentős mértékben függ az életszínvontól, az életmódtól és ezen belül a fogyasztói szokásainktól. Ennek oka az igények túlzott növekedése, a fejlődés és az életszínvonal, a jólét fogalmának téves értelmezése. Napjaink legtragikusabb tévedése, hogy az anyagi javak halmozása egyenes arányban van a jóléttel. Ez a hozzáállás katasztrófa felé vezeti a világot – nem csak a keletkező hulladékhegyek tekintetében. A baj tehát az, hogy túl sok hulladék keletkezik. Ennek alapvető oka a mértéktelen fogyasztás, az anyagi javak hajszolása. A gyárak és az eladók abban érdekeltek, hogy minél több terméket gyártsanak és adjanak el, ezért reklámokkal manipulálják igényeinket. Mi pedig, sajnos, lassan mindent elhiszünk és mindent megveszünk... majd kidobunk.

A hulladék fogalma:

- az emberi tevékenység során termelődő, keletkezési helyén se nem hasznosítható, se nem értékesíthető anyag,
- másodnyersanyag, másodlagos energiahordozó, az az anyag, amely hulladékként keletkezik, és más technológiában, mint nyersanyag felhasználható.

Az EU környezetvédelmi politikájának öt legfontosabb alapelve (EU törvény 130R cikkelye):

- a. Megelőző fellépés. Ez az elv a következő hatásokkal jár:
 - Egy projekt tervezésének első szakaszában figyelembe kell venni a műszaki beruházások környezeti hatásait, azaz környezeti hatásvizsgálatot kell végezni;
 - Technológiai fejlesztés;

* Dr. Kaszás Károly, rendes egyetemi tanár, Újvidéki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Szabadka

- Elkerülendő a természeti erőforrások olyan használata, mely károsítja az ökológiai egyensúlyt.
- b. A környezetszennyezést a forrásnál kell megakadályozni. Ennek az elvnek az egyik hatásaként a minőségi célok helyett emissziós szabványok készültek.
 - c. A szennyező fizessen. Ennek az elvnek a következtében sokféle szankcióval sújtható az, aki az előírásokat megsérti.
 - d. Integráció. A környezetvédelem az EU más ágazatainak is eleme. A gyakorlatban ezt az elvet több direktíva is érvényesíti.
 - e. Szubszidiaritás. Ez az elv az EU és a tagállamok közötti hatáskör-megosztásra vonatkozik: ott kell intézkedést hozni, ahol azok a leghatékonyabbak.

2. Az emberi környezetet és a fenntartható fejlődést meghatározó alapelvek

A fenntartható fejlődés akkor valósul meg, ha hosszú távra kidolgozott, pontos elképzelésekkel rendelkezünk. Ennek eszköze a jövőre tervező környezettudatos életmód és nevelés mely lehetővé teszi az előrelátást, a célok és lehetőségek mérlegelését, a kockázat alapú döntéshozatalt.

A stratégiatervezés azt az alapelvet sugallja, hogy nem elég egyszerűen sodródni, a „követendő magatartás”-t elfogadni, hanem tudatos magatartással a folyamatok irányítására kell törekedni.

A stratégia kulcselemei a célok, a megvalósítás eszközei, és a külső, belső környezet. A múlt és jelen elemzéséből, értékeléséből az események előrejelzésével stratégiai célokat kell meghatározni. A célkitűzéseket a működési kör, a társadalmi funkció és a stratégiai időhorizont meghatározásával, cselekvési programokon keresztül érjük el.

Az Egyesült Nemzetek Szervezete 1992. június 3-14. között Rio de Janeiróban tartott konferenciát „Környezet és Fejlesztés” címmel. Az ott elfogadott nyilatkozat célja, hogy a különböző államok, társadalmi csoportok között új, hatékonyabb együttműködés alakulhasson ki a fenntartható fejlődés érdekében. Az alapelv segíti a mindenki érdekét figyelembevevő egység megteremtését, hogy minden résztvevő által elfogadható egyezmények szülessenek a globális környezet védelmében.

Az elfogadott szempontokat 27 elvben határozták meg.

Az alapelvek végrehajtására, a végrehajtást szolgáló tervek nyom követésére létrehozták a Fenntartható Fejlesztés Bizottságot. A Bizottság folyamatosan értékeli és koordinálja az egyes országokban, kontinenseken jelentkező feladatokat.

A kontinensen belüli feladatok végrehajtásáról az Európai Közösség és a páneurópai szintű együttműködés régió gondoskodik.

Az 1993-ban Luzernben megtartott konferencián az Alapelvek betarthatósága érdekében elfogadták, hogy

- a környezetvédelemnek integrálódnia kell az országok gazdaságába,
- a környezetvédelmi érdekek érvényesítésére hatékony intézményrendszert kell kiépíteni,
- a súlyosan veszélyeztetett környezeti állapotú, elmaradott gazdaságú országokat támogatásban kell részesíteni.

Öt év elteltével, 1997 tavaszán a New Yorkban megtartott konferencián megállapítást nyert, hogy két lényeges megállapodásban - az esőerdők irtásának és a CO₂ kibocsátásnak egyezményében - további romlás következett be. A gazdasági érdek tehát legyőzte a természet megvédésének eszméjét.

Néhány fontos riói alapelv:

Rio 3. Elv: A fenntartható fejlődés, mint a környezetpolitika központi gondolata

A fejlett országokban a fokozódó termelés egyre nagyobb terhet ró a környezetre. A fogyasztói társadalom korlátlan igényeinek kielégítése a természeti erőforrások kimerülését gyorsítja. A feltétlen igényeket kielégítő termelés úgy használja a természeti erőforrásokat, illetve hatótényezőivel úgy terheli a természetet, hogy a károsítás miatt a természetes regenerálódás nem valósul meg.

Az elmaradott országokban ugyanakkor a szegénységben, a létért, a fennmaradásért folytatott küzdelem miatt nem jut elegendő figyelem a környezet érdekeinek tiszteletben tartására.

A visszafordíthatatlan károsodások elkerülése érdekében a korszerű környezetpolitikai program alapelvevé kell tenni, hogy a társadalmi, gazdasági, környezeti feltételek között az egyensúlyt meg kell teremteni.

A társadalmi szemléletbe olyan etikai felelősség épüljön, mely az igények egészséges korlátozásával ésszerű gazdasági fejlődést tesz lehetővé.

Fontos elv, hogy a társadalmi tevékenység ne veszélyeztesse sem a jelen, sem pedig a jövő generációjának életfeltételeit. Történjék meg az ökológiai egyensúly fenntartása. A természeti erőforrásokkal takarékosan bánó termelés és a környezetet óvó fogyasztói magatartás tudja csak hosszú távon megoldani a fennmaradás feltételeit. Feltehetjük azonban a kérdést: Valójában létezhet-e fenntartható fejlesztés? A növekvő emberi igények jól átgondolt teljesítése is számos többletterhet jelent a természeti elemekre. Növekszik az erőforrások kihasználása. Nem hagyhatjuk figyelmen kívül a fejletlen országok felzárkózásának szükségességét. A fennmaradás érdekében a létfeltételek érvényesítése fontosabb a környezeti előírások tiszteletben tartásánál.

Rio 16. Elv: A környezeti szempontok beépítése a gazdaság folyamataiba („A szennyező fizet” és „a használó fizet” elv).

Napjainkban társadalmi, gazdasági hovatartozásunk meghatározója, hogy a környezetvédelem piacconformmá váljék. A gazdaság nem fejlődhet a környezet rovására. A környezet védelmének tervezését a piactudomány felé elmozdulás, a szerkezetátalakítás periódusában együtt, egymással kölcsönhatásban – környezet + gazdaság + piac - kell tervezni, szervezni, szabályozni. Az eddigi követő környezetvédelmet a megelőző elven működő környezetvédelmi politikának kell felváltania.

3. Környezetvédelmi kockázatelemzés

A jól szervezett vállalatirányítás esetén is történhet technológiai szabálytalanság. A termelés mértékétől függően ez veszélyeztetheti a környezetet. A veszély megjelenésének valószínűségét fejezzük ki a kockázat mértékével.

A kockázatelemzés során használt fogalmak:

Kockázat: Annak valószínűsége, hogy egy bizonyos hatás a jövőben kárt okoz a környezetben, az adott feltételek mellett. Mértéke a bekövetkezés valószínűségétől és a kár mértékétől függ.

Fozicitás: Bizonyos vegyületek azon tulajdonsága, hogy már kis mennyiségben is az élő szervezetbe jutva, azt károsítják, vagy elpusztítják.

Receptor: Ember vagy más élő szervezet, amely a szennyezett területen az adott vegyület lehetséges káros hatásainak szenvedője.

Expozíció: (kítettség) a receptor által felvett (szájon át, belélegezve, bőrön át) szennyezőanyag mennyisége (dózis), tágabb értelemben a szennyezőanyag ökoszisztémára és benne az emberre gyakorolt káros hatás.

Veszélyeztetettség: toxikus, karcinogén vagy fertőző hatással, valamint az expozícióval arányos érték.

A kockázatbecslés viszonylag új tudományág. Egyik ága a környezeti kockázatbecslés. De használják, például, a gazdaságban is a módszert. A környezeti kockázatbecslés mért és becsült adatokból indul ki, figyelembe véve a szennyezőre, a szennyezett közegre, hordozó közegre, befogadóra vonatkozó információkat. Az eljárás során olyan mérőszámmal vagy osztályzattal kifejezhető eredményt kapunk, mely arányos a bekövetkehető állapot súlyosságával, a beavatkozás sürgősségével.

A környezetet ért szennyező hatások megítélése, valamint a kívánatosnak tartott állapothoz tartozó koncentrációk megadása, a jelenlegi környezetvédelmi gyakorlatban különböző listák alapján történik. Magyarországon, ahol nincs jogszabályban meghatározott érték, a talaj-, illetve talajvíz szennyezettségének meghatározásánál általában a holland listát alkalmazzák. Ez az érték nem tudja figyelembe venni a helyi adottságokat, tehát, nem az adott helyszínre jellemző. A szükségtelen túlköltségek elkerülésére kevés lehetőséget ad. Esetenként a lista merev alkalmazása túlzó kárelhárítási beavatkozásra kényszeríti a kötelezettet.

A fenti túlzások elkerülésére, illetve a költségkeret optimális felhasználására alkalmazható a kvantitatív kockázatelemzés. A kockázatelemzés lényege, hogy a szennyező forrástól a receptorig eljutó kitétséget számítja, vagyis hogy a receptor adott időegység alatt milyen mennyiségű szennyező anyagot nyel le, lélegzik be, stb. Mivel a módszer nem mereven meghatározott lista szemléletű, jobban figyelembe tudja venni a receptorokra vonatkozó helyszíni körülményeket. A kockázatbecslésénél számításba veszik, pl. a dolgozók életkorát, nemét, testsúlyát, a helyszínen tartózkodás idejét, stb.

A döntéshozók a környezeti kockázatelemzés eredményét gazdasági és társadalmi megfontolásokkal együtt veszik figyelembe.

A döntéshozó célja lehet:

- prioritási listák készítése kármentesítési, remediálási vagy megelőzési intézkedésekhez,
- büntetés kiszabása,
- területhasználat megváltoztatása.

A kockázat elemzése során a különböző jellemzőket a célnak megfelelően veszik figyelembe. De a megítélés alapja az ökoszisztémára és benne az emberre - esetlegesen - ható veszély.

Szemben a listás szemlélettel, amely koncentráció-alapon meghatározott, a kockázatelemzés dózis-alapú számításokra támaszkodik. Ugyanakkor a kockázatelemzés végeredménye is koncentráció dimenziójú lesz, hiszen ezzel határolhatjuk be azt a szennyezettségi szintet, melynél már biztosan nem éri káros hatás a szennyezésnek kitett receptorokat.

Gyakran bonyolítja a vizsgálatot, hogy nem egyetlen vegyület, vagy elem forrását, útját és hatását kell nyomon követnünk, hanem sokkomponensű szennyezők hatását, egymással is kölcsönhatásba lépő anyagokat. Az egymást erősítő és kioltó folyamatok, hatások és kölcsönhatások szövevénye csak mélyebb ismeretek alapján becsülhető.

A környezeti kockázatbecslés alapvető feladatai, hogy azonosítsuk, jellemezzük:

- a környezetbe került veszélyes anyagokat,
- a terjedési útvonalat, expozíciós helyet, receptort,
- az esetlegesen bekövetkező hatást.

Tehát vizsgálnunk kell a szennyező forrás → terjedési útvonal → befogadó folyamatot.

A kockázatelemzés a résztvevő komponensek specifikus értékelését jelenti, úgymint a

- környezet (természeti, társadalmi),
 - közvetítő közeg,
 - hatótényező (kémiai, toxikológiai, fertőző)
- kapcsolatrendszerének meghatározását.

A kockázat mértéke függ a szennyező anyag fizikai, kémiai, biológiai tulajdonságaitól és a szennyezett közegtől. A közeg halmazállapota, kémiai tulajdonsága, területi kiterjedése is befolyásolja a kockázat mértékét. Nem hagyható számításon kívül az időtényező sem.

A kockázati alapú beavatkozások célja az expozíciós folyamatok megfelelő szintű befolyásolása annak érdekében, hogy a káros környezeti hatásokat az elfogadható (tűrési) határ alá lehessen szorítani.

Ennek eszközei:

- a szennyező forrásnál jelentkező káros anyagok eltávolítása, vagy kezelése (pl. szennyvíztisztítás, füstgázsűrés),
- a transzport folyamat megszakítása, illetve lassítása (pl. talajvíz szivattyúzás),
- az expozíciós helyeknél (a receptoroknál) bevezetett korlátozások (pl. gázálarc, füldugó, védőruha használat, tartózkodási idő csökkentése).

4. A települési hulladékok csoportosítása

- települési szilárd hulladékok,
- települési folyékony hulladékok,
- inert hulladékok,
- biohulladékok.

Települési szilárd hulladékok mindazok a – különböző méretű és összetételű – szerves és szervetlen anyagok (ill. ezek keverékei), amelyek

- a települések lakóépületeiben (lakóházi szemét),
- közintézményeiben (intézményi szemét),
- közforgalmi és zöldterületeken (utcai, piaci stb. szemét, kerti hulladék) keletkeznek.

Ezekon felül az egyes gazdasági vállalkozásoknál keletkező, a háztartási hulladékhoz hasonló jellegű és összetételű, veszélyesnek nem minősülő hulladékok is ide tartoznak.

5. A települési szilárd hulladék főbb jellemzői

a) Mennyiség

A településszerkezet adottságától függően jelentős különbség adódik a főváros, a nagyobb városok és a községek hulladék-kibocsátása között: 0,6 – 1,2 m³ / lakos / év. Az életmódtól és az életszínvonalától, a fogyasztói szokásoktól függő települési szilárd hulladék mennyisége jelenleg Magyarországon évente kb. 21 millió m³ (kb. 4,6 millió tonna).

Ennek mintegy kétharmada a lakossági eredetű háztartási hulladék, a többi az intézményeknél, szolgáltató egységeknél és gazdálkodó szervezeteknél jelentkezik, mint a háztartási hulladékkal együtt kezelhető hulladék.

A tapasztalatok szerint a települési szilárd hulladékok mennyisége éves átlagban 2-3 %-kal nő, és ez a tendencia hosszú távra is várható.

b) *Sűrűség* (egyes irodalmakban „térfogatsűrűség”)

A hulladék sűrűsége döntően a csomagolóanyagok arányának növekedése és a fűtési módok változása miatt, fokozatosan csökken. Jelenleg az átlagos sűrűség 0,2-0,25 t/m³, ami a városokban 0,15-0,2 t/m³-re módosul. Ez azt jelenti, hogy az elkövetkező időszakban számolnunk kell a hulladék jelentős térfogati növekedésével, így a hulladék elhelyezése a klasszikus módon (deponálás) egyre drágább és összetettebb lesz. Egy hulladéklerakó kiépítési költsége 100 Euro/m³, a hulladéklerakó fenntartási-műkötetési költségei újabb 100 Euro/m³ tárolt hulladék, valamint a fennálló veszélyek: környezetkárosítás, tűz, robbanásveszély, hatalmas területigény, stb.

c) *Összetétel, minőség*

A hulladék összetétele folyamatos változásban van – megfigyelhető egy évszakos ritmus és egy éveken átívelő tendencia is. Az utóbbi évtizedekben egyre nő a papír, fémek és a műanyagok aránya, ennek eredménye a szemét gyors térfogat-növekedése. Sajnos a veszélyes összetevők is egyre gyarapodnak, a reklámok túl sok vegyszert és mérget (tisztító- és illatszert, piperecikket) „erőltetnek ránk”. A veszélyesnek minősülő összetevők – elhasznált vegyi anyagok, gyógyszermaradékok, kémiai áramforrások stb. – részaránya átlagosan 0,7-1 tömegszázalék, ami a hulladék kezelésénél különös gondosságot igényel.

Kertes környezetben előforduló leggyakoribb hulladék-összetevők átlagos arányai:

- *komposztálható hulladék* – télen 10-20%, máskor 40-50%;
- *papír* – 15-20%, szelektív gyűjtéssel aránya akár 1% alá is szorítható;
- *műanyag hulladék* – a leggyorsabb ütemben gyarapodó hulladékalkotó. Aránya ma 5-10%, de ha a többi hulladék zömét hasznosítani tudjuk, akkor a maradékban a 30%-ot is elérheti;
- *fémhulladék* – átlagosan 3-5%, aránya azonban sajnálatosan gyorsan nő. Egyes – kevésbé környezetbarát – háztartásokban akár 10-

15%-ot is elérhet. A csomagolóipar termékei a konzervdobozok és a manapság divatos alumínium italos dobozok, melyek előállítására nagy környezeti terheléssel jár (bányászat, timföldgyártás, energia, szállítás, vörösiszap keletkezése) igen nagy mennyiségben keletkeznek;

- *üveghulladék* – átlagosan 3-4%, de aránya folyamatosan nő, mert egyre ritkább a visszaváltható csomagolás, helyette terjednek az eldobható üveg- (és műanyag-) csomagolások, amelyek a gyártás nagy energiaigénye miatt jelentős környezeti terhelést okoznak;

- *kombinált összetételű hulladék* – legjobb példája a tartós tejet, vagy gyümölcslevet tartalmazó doboz, ami fémet, műanyagot és papírt egyaránt tartalmaz, de – leginkább a csomagolóanyag-ipar tevékenységének köszönhetően – számtalan más változata is létezik. Mivel az ilyen hulladék alkotóelemeinek szétválasztása, feldolgozása nehézkes és gazdaságtalan, célszerű az ilyen csomagolású termékeket kerülni;

- *veszélyes hulladék* – részesedése csupán 1% körüli, de az általuk okozott környezeti kár igen jelentős.

A *műanyagok* az 1930-as években jelentek meg és nyitottak új fejezetet az emberiség (és a hulladékgazdálkodás) történetében, életünk ma már elképzelhetetlen nélkülük. A különféle műanyagok előállítása az 1960-as évektől vált tömegessé. Bár szerves anyagok, lebomlásuk a természetben mégis csak lassan megy végbe – igaz, ennek meggyorsítására léteznek műszaki megoldások. Kémiai összetételük alapján igen sok csoportba sorolhatók, felhasználásukat illetően azonban alapvetően két típusukat különböztethetjük meg. Az egyikbe azok a termékek tartoznak, amelyek hosszabb ideig szolgálnak bennünket, például a földbe fektetett műanyagcsövek, amelyek sokszor évtizedekig ellátják feladatukat. A másik termékcsoport csak rövid ideig, sokszor csak néhány pillanatig hasznos, aztán azonnal hulladékká válik – ide tartoznak például az italautomaták műanyagpoharai. Környezeti szempontból az előbbi az elfogadható csoport. Az egyutas csomagolóanyagok élettartamát újrahasznosítással hosszabbíthatjuk meg. Ma a kereskedelemben egyre gyakoribb az eldobó (műanyag) csomagolás. A vásárló egy dolgot tehet: azzal fejezi ki tiltakozását, és úgy próbál hatni a gyártókra, kereskedőkre, hogy ezeket a termékeket nem fogyasztja.

Az üvegnek két hátránya van: az egyik, hogy törik, a másik, hogy nehéz – ezek miatt látszik most kiszorulni a kereskedelemből. Ha nem tudunk mit kezdeni az egyre gyarapodó üvegmennyiséggel, ajánljuk fel

szomszédainknak, ismerőseinknek, hátha ők fel tudják használni – emellett gondolkozzunk el vásárlási szokásaink megváltoztatásáról...

Települési szilárd hulladékok mindazok a – különböző méretű és összetételű – szerves és szervetlen anyagok (ill. ezek keverékei), amelyek

- a települések lakóépületeiben (lakóházi szemét), közintézményekben (intézményi szemét),
- közforgalmi és zöldterületeken (utcai, piaci stb. szemét, kerti hulladék) keletkeznek.

Ezeken felül az egyes gazdasági vállalkozásoknál keletkező, a háztartási hulladékhoz hasonló jellegű és összetételű, veszélyesnek nem minősülő hulladékok is ide tartoznak.

A települési szilárd hulladék átlagos összetételét tekintve, 2010-ig tendenciájában várható, hogy:

- erőteljesen növekszik a papír (várhatóan 23-25 %-ra), és a műanyag (várhatóan 10-12 %-ra) részaránya,
- enyhébben nő az üveg és a fém részaránya,
- csökken a szervetlen maradékok (várhatóan 20 % alá) és a biológiaiilag bontható szerves összetevők (várhatóan 30-35 %-ra) részaránya,
- a hulladék fűtőértéke a jelenlegi 6000-6500 kJ/kg-ról 7500-8000 kJ/kg-ra növekszik, amely adat rendkívül fontos, mert a fosszilis energiahordozók mennyisége egyre csökken, az áruk viszont napról napra nő és lassan a lakosság, intézmények vállalatok döntő többsége számára megfizethetetlen lesz.

Mi a megoldás?

6. A hulladékfeldolgozás, hőkezeléses, termikus módszerekkel

Példa: egy 300 000 tonnás hulladékhasznosító művel megtakaríthatunk 50 000 tonna szenet és 10 millió m³ földgázt.

Hulladéklerakás esetén: 1 tonna kommunális szilárd hulladékból 1,2 t szén-dioxiddal egyenértékű metán szabadul fel.

100 ezer tonna/év hulladékból 58 400 MWh/év villamos energia értékesíthető.

A hulladékfeldolgozás termikus módszerei három csoportba sorolhatók.:

- a) az égetés (inszineráció),
- b) a pirolízis és
- c) a vitrifikáció.

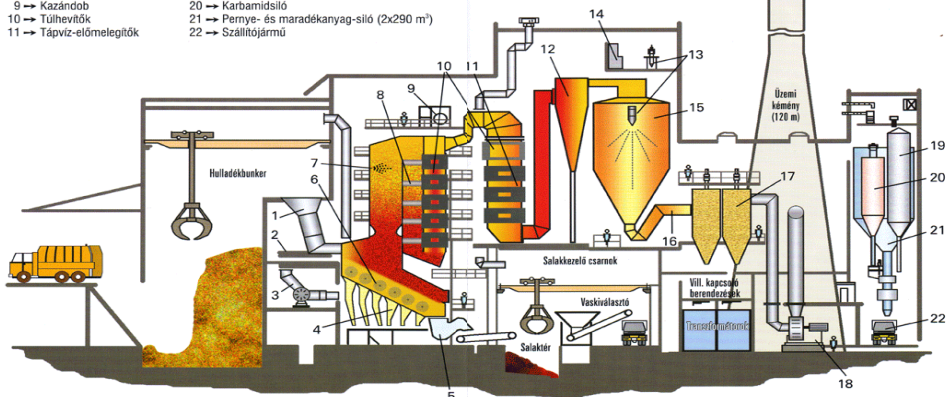
a) Az *égetéshez* hozzátartozik többek között a hulladékok oxidatív viszonyok között, a 300 °C és 1200 °C közötti hőmérséklettartományban történő hőkezelése. Ilyen feltételek mellett a hulladékok az oxidáció hatására felbomlanak, és egyszerűbb vegyi összetételű gázok, folyadékok és szilárd halmazállapotú anyagok keletkeznek. Az 1. ábrán látható egy modern hulladékégető berendezés működési folyamatábrája. Időközben a szilárd halmazállapotú rész tömege és térfogata számottevően csökken. Az égés szilárd halmazállapotú termékei között megtalálható többek között a pernye és a salak, ezek az anyagok azonban számos esetben veszélyesebbek az eredeti hulladékoknál, mivel a hulladékok legveszélyesebb elemeit koncentrálnak. Az égés melléktermékeként keletkező füstgázok káros gázokat és szilárd halmazállapotú részecskéket tartalmazhatnak. Ezért az égetési technológia elválaszthatatlan része minden esetben a hatékony gázkezelés.

Hulladékégetéssel energiát tudunk előállítani (meleg víz és/vagy elektromos áram, illetve kogenerációval mindkettőt). Egyes államokban az így előállított elektromos energiát az állam pénzügyi támogatással magasabb áron veszi át, mint a más módon előállított villamos energiát („zöld energia”), viszont a fogyasztók felé nem ró plusz pénzügyi terhet. A hulladékégetés, a keletkezett hulladék végső térfogatát 90-95%-al csökkenti, plusz az keletkező energia értéke!

Fővárosi Hulladékhasznosító Mű Működési folyamatára



- | | |
|-----------------------------|---|
| 1 → Hulladékadagoló tölcser | 12 → Ciklonok |
| 2 → Hulladékadagoló asztal | 13 → Porlasztó berendezés (üzemi és tartalék) |
| 3 → Primerlevegő-ventilátor | 14 → Hidraulikus egység |
| 4 → Levegőelosztó kamrák | 15 → Abszorber |
| 5 → Saláktöltő berendezés | 16 → Aktivkohász-befúvás |
| 6 → Hengerrostályók (6 db) | 17 → Zsákos szűrő |
| 7 → Karbamid-befecskendezés | 18 → Szívventilátor |
| 8 → Elgőzöltetőtők | 19 → Cementsiló |
| 9 → Kazándob | 20 → Karbamidsiló |
| 10 → Tülvéítők | 21 → Pelyre- és maradékanyag-siló (2x290 m ³) |
| 11 → Tápvíz-előmelegítők | 22 → Szállítójármű |

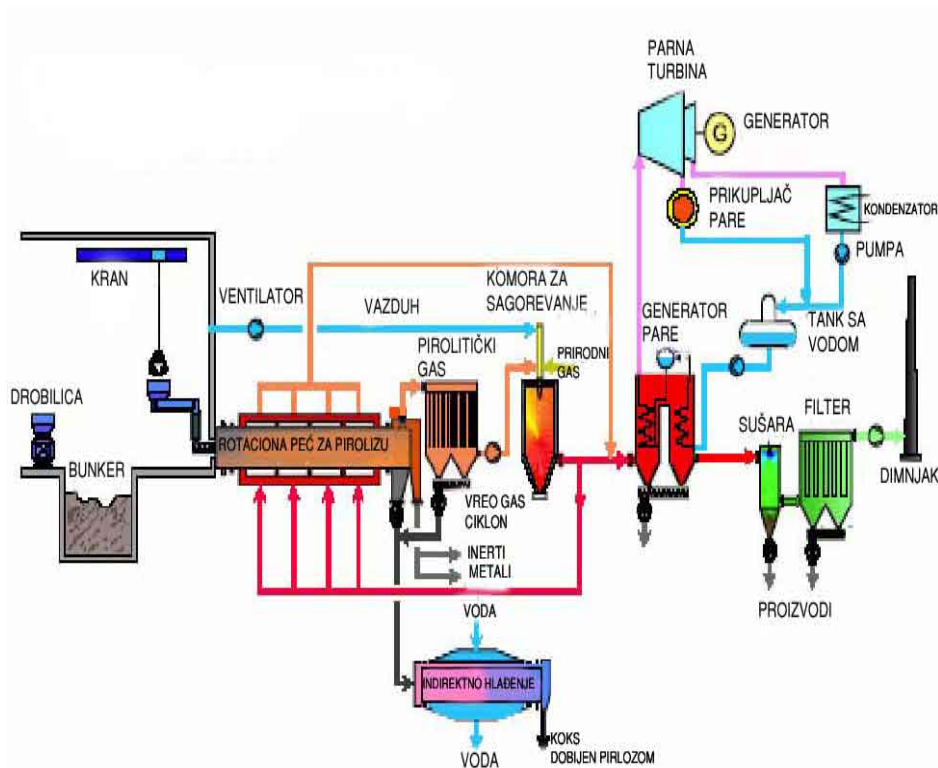


1. ábra

*Modern hulladékégető berendezés folyamatábrája
(forrás: Várkonyi E., tud. előadás)*

b) A *pirolízis* oxigén hiányában hő hatására végbemenő kémiai bomlási folyamat. Piroлизis során a hulladékokat a sztöchiometrikai mennyiségeknél kevesebb oxigénjelenlétében nagyon gyorsan felmelegítik. A folyamat során az alkalmazott hő hatására a vegyi kötések felbomlanak. Az így képződő elemek lehűlés közben újraegyesülnek és egyszerűbb vegyületeket alkotnak (a 2. ábrán látható egy modern pirolitikus berendezés folyamatábrája).

A felmelegítés és hűtés feltételeinek szakszerű beállításával lehetővé tesszük, hogy a legveszélyesebb hulladékokból környezeti szempontból kevésbé veszélyes anyagok keletkezzenek, energetikai szempontból viszont kiváló minőségű diesel, benzin, metilalkohol, CO₂ és egyéb iparilag hasznosítható energiahordozó, vegyipari nyersanyag keletkezik, anélkül, hogy a természetes erőforrásokat vennénk igénybe.



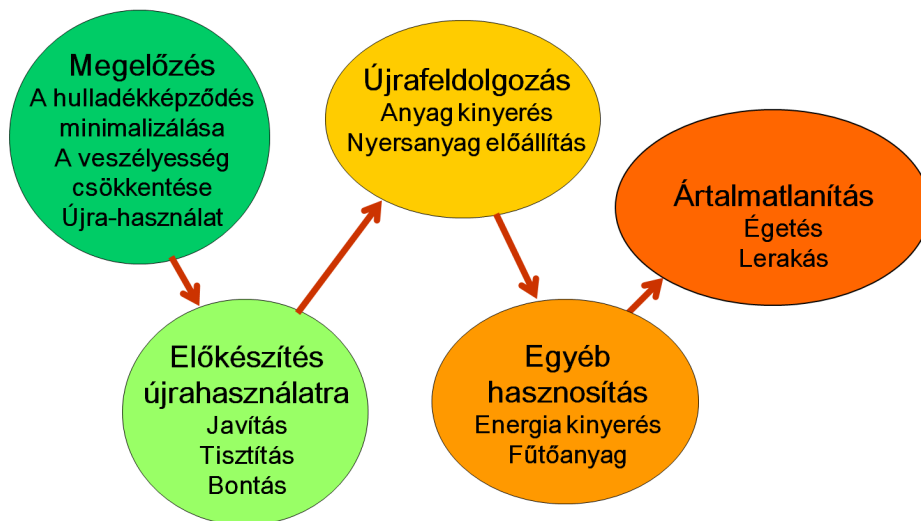
2. ábra
Modern pirolitikus berendezés folyamatábrája

c) A *vitrifikációs* eljárás alapja, hogy a hulladékok szervesetlen alkotóelemeiből magas hőmérséklet hatására üvegszerű olvadék képződik. Az alkáli és alkáliföldfém oxidokat tartalmazó adalékok elősegíthetik az olvadék képződését. A hűtést követően az olvadék egy olyan mátrixot képez, amelyben a hulladékok veszélyes fémösszetevői (pl. As, Cd, Pb) vegyi értelemben stabilak. A keletkező üveges salak egy mechanikai és kémiai értelemben stabil rendszer, amely a hulladék elhelyezése vagy hasznosítása során megakadályozza a fémeknek a rendszerből való kiszabadulását.

7. Hulladékgazdálkodás ma és holnap

Hosszútávon a fenntartható fejlődés biztosításának alapvető feltétele a természeti erőforrásokkal való takarékos bánásmód, ami a meg nem újuló erőforrások kitermelésének és felhasználásának mérséklését, a hatékony és takarékos anyag- és energiafelhasználást és a környezet minél kisebb terhelését követeli meg. Mára világossá vált, hogy a hulladékgazdálkodás e célok megvalósításához nem csak a hulladékok káros hatásainak elkerülését biztosító intézkedéseivel, hanem a természeti erőforrások egy részének kiváltásával, helyettesítésével is hatékonyan járulhat hozzá. A hulladék káros hatásai elleni védelem pedig az utólagos, „csövégi” megoldások helyett – bár ezek szükségessége ma is egyértelmű – sokkal eredményesebb lehet a hulladékképződés megelőzésével, a felhasznált anyagok, az alkalmazott technológiák, az előállított és megvásárolt termékek gondos megválasztásával és megtervezésével.

A hulladékgazdálkodás ezért egyre kevésbé tekinthető egy különálló, nem kívánatos, de elkerülhetetlen kibocsátás hatásainak mérséklésére irányuló tevékenységnek, hanem részévé válik egy holisztikus, az anyagok és termékek teljes életciklusát lefedő, a környezeti hatásokat összességében minimalizáló szemléletű tevékenységnek. A hulladékgazdálkodás eszközeivel is a fenntartható fejlődés biztosításához, az erőforrások fenntartható használatához és a környezet terhelésének minimalizálásához kell hozzájárulni. Ez konkrétan a hulladékképződés megelőzésének elsődlegességét, a képződő hulladék minél nagyobb mértékű hasznosítását, ezen belül a hulladék összetevőinek újbóli használatára alkalmassá tételét, ennek hiányában anyagának újrafeldolgozását, az anyagában nem hasznosuló hulladék egyéb felhasználását (pl. energia-tartalmának kinyerését), végül a fennmaradó hulladék biztonságos, de a lerakást a szükséges legkisebb mértékre szorító ártalmatlanítását jelenti (3. ábra). Ezen ötlépcsős hulladékgazdálkodási hierarchia elemeit a mindenkori környezeti, társadalmi és gazdasági hatások figyelembevételével, az anyag kitermelésétől a hulladékként történő kezelésének megtörténteig terjedő teljes életciklus szemlélet alapján a környezetileg leghatékonyabb megoldást választva kell alkalmazni.



3. ábra
A hulladékgazdálkodás hierarchiája

A célkitűzéseket és a feladatokat számos esetben determinálják az EU hulladékra vonatkozó rendeletei és irányelvei. Ennek alapján a hasznosítás mértékének összességében 50%-ra emelkedése várható el, amihez elengedhetetlen az eddigi tendenciát megváltoztatni képes ösztönző eszközök intenzív alkalmazása (1. és 2. táblázat). A hasznosításon belül a hulladékgazdálkodási hierarchiának megfelelően elsődlegesen az újrafeldolgozás és az újrahasználatra történő előkészítés fejlesztésére kell a hangsúlyt helyezni. Az energetikai hasznosítás mértékének növekedése szintén hozzájárul az ártalmatlanítandó mennyiség csökkentéséhez.

Megnevezés	2000		2004		2005		2006		2007		2008	
	Ezer tonna	%	Ezer tonna	%	Ezer tonna	%	Ezer tonna	%	Ezer tonna	%	Ezer tonna	%
Hulladék mennyiség	40.000		30.045		28.558		26.607		25.858		22.647	
Anyagában hasznosítás	10.19	25,5	9.087	30,2	7.832	27,4	6.698	25,2	5.341	20,7	6.142	27,1
Energetikai hasznosítás	800	2,0	911	3,0	1.271	4,5	1.627	6,1	1.355	5,2	765	3,4
Égetés	190	0,5	170	0,6	53	0,2	101	0,4	78	0,3	65	0,3
Lerakás	21.17	52,9	17.41	58,0	13.60	47,6	13.59	51,1	11.32	43,8	9.563	42,2
Egyéb	7.645	19,1	2.461	8,2	5.799	20,3	4.587	17,2	7.759	30,0	6.112	27,0

1. táblázat

A hulladékkezelés alakulása, 2000-2008 (szennyvíziszap nélkül)
(Forrás: KvVM-HIR)

Megnevezés	2009		2010		2011		2012		2013		2014	
	Ezer tonna	%	Ezer tonna	%	Ezer tonna	%	Ezer tonna	%	Ezer tonna	%	Ezer tonna	%
Hulladék mennyiség	22.000		21.500		21.500		21.000		20.500		20.000	
Anyagában hasznosítás	6.380	29,0	6.880	32,0	7.310	34,0	7.560	36,0	7.790	38,0	8.000	40,0
Energetikai hasznosítás	1.000	4,5	1.120	5,2	1.290	6,0	1.470	7,0	1.740	8,5	2.000	10,0
Égetés	100	0,5	130	0,6	150	0,7	170	0,8	185	0,9	200	1,0
Lerakás	9.240	42,0	8.920	41,5	8.820	41,0	8.530	40,6	8.260	40,3	8.000	40,0
Egyéb	5.280	24,0	4.450	20,7	3.930	18,3	3.270	15,6	2.525	12,3	1.800	9,0

2. táblázat

Hulladékkezelés alakulásának becslése (Forrás: KvVM-HIR)

Az átfogó hulladékgazdálkodási célok elérése érdekében az intézkedéseket a megelőzés, újrahasználat, újrafeldolgozás, egyéb hasznosítás, ártalmatlanítás prioritási sorrendben, a környezetileg, társadalmilag

és gazdaságilag leghatékonyabb megoldások alkalmazásával kell megtenni.

8. Hulladékhasznosítás

A hasznosítás lényege a természeti erőforrások helyettesítése a hulladékkal vagy a hulladékból kinyert, előállított anyagokkal, termékekkel. Igen fontos, hogy minden hasznosítható hulladékrész ténylegesen hasznosításra kerüljön, ezzel minimálisra csökkentve az ártalmatlanítandó mennyiséget, valamint hogy energetikai hasznosításra csak máséként már nem hasznosítható hulladék kerüljön. A hasznosítás alapfeltétele az egyes hulladékáramok elkülönített gyűjtése.

A Magyarországon 2008-ban a képződött hulladék mintegy 30%-a került hasznosításra, amelyből 3%-ot képviselt az energetikai hasznosítás. A hasznosítás aránya évek óta 25 és 30% között ingadozik, az utóbbi években inkább csökkenő tendenciát mutat (forrás: KvVM-HIR).

Ha már keletkezik hulladék, akkor annak minél nagyobb arányú hasznosítása valósuljon meg (Európai Unió elvárások): a képződő hulladék legalább 50%-ának hasznosítása, ezen belül az újrahasználatra történő előkészítés és az anyagában történő újrafeldolgozás összességében érje el a 40%-ot. Ezt nálunk Szerbiában, az Európai Unió előcsatlakozási felzárkózás periódusában, maximálisan figyelembe kell vennünk és már most alkalmazkodni hozzá!

A jelen tanulmány szempontjából az alábbi eljárások jöhetnek szóba:

- a hasznosítást előkészítő szelektív gyűjtési, válogató és tisztító rendszerek fejlesztése;
- hulladékból alapanyagot előállító technológiák bevezetése és fejlesztése;
- hulladék vagy hulladékból előállított alapanyag felhasználásával terméket előállító technológiák bevezetése és fejlesztése;
- hulladékból energiahordozó előállítás;
- hulladékból energia kinyerése.

A hasznosításon belül ugyan az újrahasználatra előkészítés és az újrafeldolgozás növelése az elsődleges feladat, a lerakás minimalizálása érdekében a hulladékok egyéb – elsősorban energetikai célú – felhasználásának növelése is szükséges.

Csomagolási hulladék (et)	2009	2010	2011	2012	2013	2014
összes képződő	972	977	983	1000	1018	1039
papír	357	364	371	379	386	394
műanyag	227	231	236	243	250	260
üveg	141	140	138	137	136	134
fém	66	65	64	64	63	62
fa	181	177	173	178	183	188
újrafeldolgozásra kerülő	460	478	515	560	570	581
papír	310	320	330	341	348	354
műanyag	39	42	47	55	58	61
üveg	30	35	55	82	81	81
fém	43	42	42	42	41	41
fa	38	39	40	41	42	44
újrafeldolgozási arány (%)	47	49	52	56	56	56
papír	87	88	89	90	90	90
műanyag	17	18	20	22,5	23	23,5
üveg	21	25	40	60	60	60
fém	65	65	65	65	65	65
fa	21	22	23	23	23	24
energetikailag hasznosított	80	82	85	92	100	103
energ. hasznosított arány (%)	8	8	9	9	10	10
összes hasznosított	540	560	600	652	670	684
összes hasznosítás aránya (%)	56	57	61	65	66	66

3. táblázat

A csomagolási hulladék kezelésének előrejelzése 2014-ig a jóváhagyott és tervezett fejlesztések hatásait figyelembe véve (Forrás: KvVM-HIR).

Az Európai Unió az Európai Parlament és a Tanács 94/62/EK szabályozta a csomagolás feltételeit és a csomagolási hulladék kezelésének közösségi szabályait. Az irányelv többek között újrafeldolgozási és hasznosítási célokat tűz ki; a tagállamok legkésőbb 2008-ban, három tagország 2011 végéig köteles a csomagolási hulladék tömegének legalább 60%-át hasznosítani. Ezen belül az összes csomagolóanyag minimumán 55%-át (maximum 80%-t) kell újra feldolgozni (anyagában hasznosítani) úgy, hogy a papírnál és az üvegnél 60%, a fémnél 50%, a műanyagnál 22,5%, a fánál 15% legyen legalább az anyagában történő hasznosítás.

Az Európai Unió az Európai Parlament és a Tanács a következőképpen szabályozta a keletkező hulladékok lerakását és feldolgozását:

- a gumiabroncsok lerakási tilalma következtében az átvett hulladék abroncsok energetikai hasznosítása vagy újrafeldolgozása történik;

- a képződő csomagolási hulladékok 60%-os hasznosítása, ezen belül 55%-os újrafeldolgozása úgy, hogy papírra és üvegre 60%-os, fémre 50%-os, műanyagra 22,5%-os, fára 15%-os újrafeldolgozás teljesüljön (2012);

- a lakossági papír, műanyag, fém és üveg 35%-os hasznosítását 2014-re úgy lehet elérni, ha az összes hasznosítás meghaladja a 350 ezer tonnát, ezen belül a műanyag visszagyűjtésének mintegy 90 ezer tonnával kell nőnie. A lakossági papír visszagyűjtése már jelenleg is 45% körüli, míg az üveg és a fém visszagyűjtését 10-10 ezer tonnával kell növelni (Forrás: KvVM-HIR).

9. A pirolízis technológia alkalmazása, települési szilárd hulladékokból energiahordozók előállításához

A hőbontás (pirolízis) a szerves anyagú hulladék megfelelően kialakított reaktorban, hő hatására, oxigénszegény vagy oxigénmentes közegben – esetleg inert gáz (pl. nitrogén) bevezetés közben –, szabályozott körülmények között bekövetkező kémiai lebontása. Ennek következtében a hulladék kisebb molekulatömegű, egyszerűbb, de stabilabb vegyületekre bomlik le.

A hőbontás során a szerves hulladékból:

- pirolízisgáz;
- folyékony termék (olaj, kátrány, szerves savakat tartalmazó bomlási víz);
- szilárd végtermék (piroliziskoksz) keletkeznek.

Ezek összetétele, aránya és mennyisége a kezelt hulladék összetételétől, a reaktor üzemi viszonyaitól és szerkezeti megoldásától függ. A végtermék elsősorban energiahordozóként (fűtőgáz, tüzelőolaj, koksz), ritkábban vegyipari másodnyersanyagként (pl. a gázterméket szintézisgázzá konvertálva metanol előállításához) és esetenként egyéb célokra (talajjavítás szilárd, szénben dús maradékkal; fakonzerválás vizes maradékkal; granulált salakolvadék építőipari adalékanyagként stb.) használható.

A hőbontás során döntőek a kémiai átalakulás reakciófeltételei. Ide tartoznak elsősorban a hőmérséklet, a felfűtési idő és a reakcióidő, továbbá a szemcse-, ill. darabnagyság és az átkeveredés mértéke, hatékonysága. A végtermék összetételének és részarányának alapvető meghatározója a hőmérséklet. A hőátadástól függ a felfűtési sebesség, amely szintén hat a termékek összetételére.

A pirolitikus eljárások széles hőmérséklet-tartományban működnek:

- alacsony hőmérsékletű pirolízis: 450-700°C;
- magas hőmérsékletű pirolízis: 700-1100°C;
- elgázosítás: 800-1100°C;
- olvadt salakos elgázosítás: 1500-1700 °C.

A reaktorok a fűtési mód szerint lehetnek:

- közvetett (reaktorfalon keresztül, ill. cirkulációs közeg segítségével) és
- közvetlen fűtési megoldásúak.

A közvetlen fűtésű reaktorokban a pirolízis és a hőenergiát szolgáltató parciális égés közös térben megy végbe. A reaktorfalon keresztüli hőközlés egyrészt rossz hatásfokú, másrészt az ilyen reaktorok érzékenyek a tűzálló falazat minőségére, viszont egyszerű üzemeltetésűek és jól szabályozhatók. A cirkulációs közegű hőátadás jó hatásfokú, ellenben bonyolultabb az üzemeltetése.

A legjobb hőátadási viszonyok a közvetlen fűtési módszerrel érhetők el, viszont ilyenkor megnő a gáztermékek szén-dioxid-, víz-és nitrogén-oxid-tartalma és körülményesebb a folyamatszabályozás is. A reaktorban feldolgozott anyag és a pirolízisgázok egymáshoz viszonyított áramlási iránya szerint megkülönböztetünk egyen-, ellen- és keresztáramú eljárásokat. Az áramlási irány lényeges a gáztisztítás bonyolultsága szempontjából.

A szilárd maradékok a vízfürdős leválasztást követően különbözőképpen dolgozhatók fel: szerves maradákok elkülönítése után aktív szén előállítása, közvetlen elégetése, stb.

A gáz- és gőz állapotú termékek leválasztására és tisztítására a legkülönbözőbb gáztisztítási és gáz-gőz szétválasztási módszereket és kombinációikat (pl. ciklonokat, elektrofiltereket, gázmosókat, utóégető kamrákat, krakkoló reaktorokat) alkalmazzák.

A pirolízis fizikai és kémiai részfolyamatok összessége. A hőbontási eljárások nagyon bonyolultak, ugyanakkor nagyon gazdaságosak: legnagyobb előnyük az, hogy termékeik jól értékesíthető alifás és aromás szénhidrogének, továbbá légszennyező hatásuk lényegesen kisebb, mint a hulladékégetésé.

Hátrányai:

- fokozott anyagelőkészítést igényel;
- a gáztisztítás összetettebb, komplikáltabb, mint az égetésnél keletkező füstgáz tisztítása;
- mosóvíze erősen szennyezett, komplex módon kell tisztítani;
- viszonylag nagy a lehetősége a nehezen bomló, nem tökéletes égéstermékek képződésének, ezért az energetikailag hasznosítható gázt csak nagyon magas hőmérsékleten lehet égetni.

A kis és közepes hőmérsékletű eljárásokat egy-egy termékcsoporthoz (pl. műanyag-, gumihulladék, termelési hulladék) feldolgozására fejlesztették ki nyersanyag visszanyerés céljából. A nagy hőmérsékletű technológiák elsősorban kommunális hulladék feldolgozására alkalmasak, a végtermékek energiatermelésre használhatók fel.

Gumi pirolízise során az alábbi termékek állíthatók elő:

- termikus desztillációs olajokká, gázokká és szénké;
- a szén egyes eljárásokban a feketeszennek megfelelő minőségű is lehet;
- az olaj hasonló a második minőségi fokozatú olajokhoz, de nagyobb a kéntartalma;
- a gázok fűtőértéke közel azonos a propánéval;
- a gumiabroncsoként átlagban 1,13 kg-nyi acél is visszanyerhető.

A pirolízis a hulladékok feldolgozásának első szakasza. Amennyiben olyan nyersanyag visszanyerése a célja, amit kémiai technológiával tovább alakítanak végtermékké, akkor teljes egészében vegyipari műveletsornak minősíthető és a hulladék reciklálás fogalomkörébe sorolható. Ha a végtermékek energiatermelésben hasznosulnak, akkor a végtermékek (olaj, éghető gáz) a folyamat befejező fázisában oxidációs műveletbe kerülnek, azaz elégnak. Az égetési folyamat műveleteire érvényesek az EU 94/67 EK irányelv 7. cikkelyének az előírásai.

Az új generációs pirolízis reaktoroknál, a reaktorba kerülő, a gyártási folyamat által befogadott alapanyag feldolgozásától, a kész termékek kiszállításáig folyamatos üzemmódban megy végbe, visszairányú

mozgások nélkül. Az egész folyamatot számítógépes rendszer vezérli. A hőbontás energiaszükségletét a keletkező pirolízisgáz, illetve az indulásnál propán, vagy földgáz elégetése biztosítja. A berendezés alkalmas az egyéb módon nem hasznosítható műanyag hulladékok feldolgozására és az előírásoknak nem megfelelő hulladéklerakók rekultiválásánál is!

A műanyag és gumi hulladékok ilyen formában történő feldolgozása, lehetővé teszi ezeknek a kommunális, vagy az ipari szektorban keletkező, a környezetet rendkívüli módon terhelő anyagoknak a gazdaságos és környezetkímélő hasznosítását. Az adott technológia kellőképpen gazdaságos, fenntartható és *kevésbé terheli a környezetet a szilárd hulladék égetéséhez képest*, és minden tekintetben megfelel az Európai Unió szabályozás követelményeinek.

A hulladék pirolizissal történő feldolgozása során keletkező anyagok:

Cseppfolyós halmazállapotú anyagok: a keletkező szénhidrogén-folyadék sötétbarna illetve fekete színű és jellegzetes kőolaj szaga van. Nyers és feldolgozatlan frakcióról van szó, melynek túlnyomó részét aromás összetevők képezik. Ez az anyag – mint energiahordozó – lehet üzemanyag, vagy tüzelőanyag, de mint vegyipari alapanyag további feldolgozásra, frakcionálásra is alkalmas.

Szilárd halmazállapotú anyagok: pirolíziskokszt, ami finom fekete por formájában keletkezik. Összetevői: 82% szén, 13% hamu, valamint 5% víz. Felhasználása széles körű. A pirolíziskoksztot alap nyersanyagként használhatják hőtermelésre, feldolgozás után szűrőberendezések adszorbenseként (szennyvíztisztítók), illetve gumikeverékek adalékaként gumiabroncsok gyártásában is.

Gáz halmazállapotú anyagok: pirolízisgáz, mely hőtermelésre használható a termikus krakkolás folyamán, valamint az olajos frakció desztillációval történő elválasztására.

A pirolízis berendezések jó energetikai és gazdaságossági hatásfokát a következő főbb tények bizonyítják:

- a folyamatos gyártást számítógépek vezérlik és ebből kifolyólag optimálisak a technológiai folyamat és a biztonsági előírások paramétereinek betartása, a kezelő személyzet, szükséges alkalmazottak száma;
- a saját hőenergia ellátás biztosítja az energia-önellátást;

- a berendezéseknek alacsony az elektromos energia-fogyasztása és reális lehetőség van saját elektromos energia-termelésre (opcionális lehetőség).

A technológia teljesen zárt, így környezetszennyezés nem lép fel és a vizsgálati eredmények azt igazolják, hogy nem kell számolni légszennyezéssel sem.

A pirolizist alkalmazó műanyag- és gumihulladék hasznosító üzem, mint beruházás, ezen alapelvek mentén próbál olyan megoldást alkalmazni az újrahasznosításra, ami kellőképpen gazdaságos, fenntartható és kevésbé terheli a környezetet a szilárd hulladék égetéséhez képest.

10. Önkormányzati energetikai modell környezetbarát „zöld energia” előállítására, települési szilárd hulladékokból

A komplex „zöld energia” termelő mikro erőmű modell célja a helyi energiatermelés, helyi munkaerővel, a helyben keletkezett mező és erdőgazdasági, valamint a szelektíven szétválogatott kommunális hulladékaink egy részéből, a helyi intézmények, a helyi vállalkozások, a helyi lakosság villamos, hőenergia és energiahordozók szükségleteinek biztosítására. A mikro erőmű a helybéliekkel üzemeltethető, villanyszerelő, lakatos, víz-gáz fűtészszerelő, szállító, betanított munkás stb. általános műszaki szakértelmekkel-új munkahelyek teremtése!

A komplex energetikai rendszer több helyszínen, több fázisban termel és szolgáltat. A szállítási költségek csökkentése, valamint a helyi kapcsolatok, helyi érdekeltségek erősítése végett 50km-es körzeteken belül egy-két üzem végzi a megújuló üzemanyag előállítását, amelyek kiszolgálják a körülötte lévő településeken az önkormányzatoknál és vállalkozásoknál telepített mikro erőműveket. A helybéliekkel termelő mikro vállalkozások feladata a hulladékok feldolgozása, a mikro erőművek üzemeltetése és folyamatos üzemanyaggal való ellátása.

11. Záradék

A hulladékhegyeket, amelyek az ember megjelenése óta a Földön csak növekednek és szaporodnak, nem lehet szőnyeg alá söpörni. Ez a

hatalmas, megoldásra váró probléma, egyaránt lóg mindannyiunk feje felett, mint „Damoklész kardja”.

Még 2006-ban egy átlag szerbiai polgár 620g hulladékot és szemetet termelt naponta, ez 2008-ra 950g lett, azaz, míg 2006-ban Szerbiában 1 év alatt 1,73 millió tonna hulladék és szemét keletkezett, addig 2008-ban 2,55 millió tonna! Az adat hivatalos forrásból való és mi lesz a továbbiakban?

Nem akarok elcsépeelt frázisokat használni, különböző Egyezményekben bízni, amelyeket, ha alá is írtak, egyes államok csúcsvezetői, de nagy kérdés, hogy betartják, betartatják-e?

Ezen tudományos munkában a szerző próbált a keletkező hulladék problémájának megoldására részbeni javaslatot (pirólízis) tenni, amely már különböző műszaki-etikai szinteken működik sikeresen.

Ez mellett, nem csak a hatalmas kapacitású berendezésekben van a jövő. A jövő a sokkal kisebb beruházásokban van, gyorsabb megtérülés-helyi felhasználás-kis területen.

Végezetül: „A múzeumok a múltat őrzik meg, a környezettudatos életmód a jövőt!”

Köszönetnyilvánítás:

Nagy tisztelettel szeretném köszönetemet nyilvánítani Prof. Simándi Péter Ph.D. kollégámnak, a Szent István Egyetem, Szarvasi Kutatóintézet Igazgatójának, Prof. dr. Elvira Karlovič kolléganőmnek, az Újvidéki Egyetem Természettudományi Kara, Matematika Tanszékének, rendes tanárának és Cseh Árpád tanársegédnek, az Újvidéki Egyetem Szabadkai Építőmérnöki Kar Doktorandusz hallgatójának, akik segítségével készült el ez a munka.

Felhasznált irodalom:

1. Pyrolysis of municipal plastic wastes for recovery of gasoline-range hydrocarbons, *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 72 (2004) 97–102.

2. Ahmed and A.K. Gupta: Syngas yield during pyrolysis and steam gasification of paper, *Applied Energy* 86, (2009), 1813–1821.

3. Marculescu C., Badea A., Antonini G.: The influence of pyrolysis process parameters on MSW compound pyro- (vapour) gasification for energy recovery, *Proceedings of 11th International Conference on Environmental Science and technology*, Chania, Crete, Greece, 3-5. September 2009.

4. Ming-jiang NI, Gang XIAO, Yong CHI, Jian-hua YAN, Qi MIAO, Wen-li ZHU, Ke-fa CEN: Study on pyrolysis and gasification of wood in MSW, *Journal of the Environmental Science*, 18 (2) (2006), 407-415.
5. Siyi Luo, Bo Xiao , Zhiquan Hu, Shiming Liu, Yanwen Guan, Lei Cai: Influence of particle size on pyrolysis and gasification performance of municipal solid waste in a fixed bed reactor, [*Bioresource Technology*, 101, \(16\), \(2010\), 6517-6520.](#)
6. Economopoulos, A.P., Technoeconomic aspects of alternative municipal solid wastes treatment methods, *Waste Management*, 2009.
7. Szépvölgyi János, Ipari ökológia és hulladékfeldolgozás, Magyar Tudományos Akadémia, Kémiai Kutató Központ, Anyag- és Környeztékémiai Intézet 1025 Budapest,
8. Prof. Dr. Sefcsich György, Adalékok a fenntarthatóság néhány elvi kérdéséhez, 2009.06.24., www2.zf.jcu.cz/public/projects/cejrdt,
9. Kovács Gyuláné dr., Dr. Ligetvári Ferenc, Környezetvédelmi stratégia, Tessedik Sámuel Főiskola, Mezőgazdasági, Víz- és Környezet- gazdasági Főiskolai Kar, Szarvas,
10. Szokoly Zsuzsa, Hulladékból metanolt, [*Hulladéksors* X. évf. 6., 2009](#)
11. Ipari ökológia és hulladékfeldolgozás, <http://www.nyf.hu/szelektiv/>
12. Prof. Simándi Péter, Ph.D., Termikus hulladékkezelés, Szent István Egyetem, Szarvasi Kutatóintézet, Szarvas, Magyar Köztársaság, 2010,
13. Prof. Simándi Péter, Ph.D, Hulladékok hőkezeléses hasznosításánál jelentkező fizikai-kémiai folyamatok, Szent István Egyetem, Szarvasi Kutatóintézet, Szarvas, Magyar Köztársaság, 2010,
14. Prof. dr. Elvira Karlovič, Master Course on Sustainable Development, Modern Principles of Wastewater and Waste Management in Settlements, Regional Environmental Center and Fondazione Willy Brandt, Újvidéki Egyetem, TMK, 2009,
15. Prof. Dr. Kaszás Károly, Master Course on Sustainable Development, , Modern Principles of Wastewater and Waste Management in Settlements, Regional Environmental Center and Fondazione Willy Brandt, Újvidéki Egyetem, TMK, 2009,
16. Prof. Dr. Kaszás Károly, A környezettudatos életmód, mint a jövőnk záloga, Magyar Tudomány Napja, Plenáris előadás, Nagybecskerek, 2009,
17. Prof. Dr. Kaszás Károly, Mindennapi környezetvédelmünk, Vajdasági Magyar Tudományos Társaság, Újvidék, 2009.