



TÁMOP-4.1.1.F-14/1/KONV-2015-0006

Az ipari hulladékgazdálkodás vállalati gyakorlata

HULLADÉK ÉGETÉS

X. Előadás anyag

Dr. Molnár Tamás Géza Ph.D
főiskolai docens
SZTE MK
Műszaki Intézet

SZÉCHENYI



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

FŐBB TERMIKUS HULLADÉKHASZNOSÍTÁSI ADATOK EURÓPÁBAN

- 422 db égetőmű;
- beépített kapacitás: 58,5 milliót/év;
- villamos energia termelés: 23.400 GWh/év cca. 7 millió háztartás;
- távhő termelés: 58.500 GWh/év cca. 13 millió háztartás

	1000 t/év	Recycling %	Termikus hasznosítás %	Lerakás %
EU 27	255 425	40	19	41
Németország	46 625	68	32	1
Hollandia	10 216	64	34	2
Dánia	4 007	40	55	5
Svédország	4 513	48	47	5
Belgium	5 010	62	33	5
Ausztria	5 110	61	29	10
Luxemburg	332	43	38	19
Franciaország	34 947	32	33	35
Spanyolország	25 720	44	6	50
Olaszország	32 300	36	12	52
Finnország	2 570	33	9	59
Írország	3 473	41	0	59
Észtország	626	40	0	60
Egyesült Királyság	35 646	31	9	60
Portugália	4 604	15	22	63
Lettország	940	28	0	71
Szlovákia	1 623	10	12	78
Cseh Köztársaság	3 040	11	10	79
Bulgária	3 434	20	0	80
Magyarország	4 713	11	8	80
Szlovénia	867	16	1	84
Románia	8 311	15	0	85
Málta	265	14	0	86
Görögország	4 939	13	0	87
Ciprus	576	12	0	88
Lengyelország	9 879	8	0	91
Litvánia	1 324	9	0	91

FŐBB TERMIKUS HULLADÉKHASZNOSÍTÁSI ADATOK HAZÁNKBAN I.

- **Égető és együttégető létesítmények:**

- 1 db települési szilárd hulladékot égető mű;
- 18 db veszélyes hulladékot égető mű;
- 14 db kórházi hulladékégető;
- 10 db együttégető-mű (cementgyár, erőmű, téglagyár);

- **Engedélyezett hulladékmennyiség:** 709 851 t/év;

- **Ténylegesen elégetett mennyiség:** 540 026 t/év;

Jelenlegi égetők

- **Rákospalota**, Budapest XIV, XV, XIX. Kerületek
- Kistarcsa, Vác, Százhalombatta
- **Győr, Dorog**, Lábatlan, Oroszlány
- Balatonfűzfő, Pétfürdő, Szombathely (2x), Beremend
- Tiszavasvári, Szeged,
- Debrecen
- Sajóbábony (3x),
- Miskolc ,
- Tiszaújváros (2x),
- **Visonta**
- **Polgár**



FŐBB TERMIKUS HULLADÉKHASZNOSÍTÁSI ADATOK HAZÁNKBAN II.

Tervezett égetők, bukott égetők

- Szentgotthárd-Heiligenkreuz,
- Oroszlány, Nyergesújfalu
- Beremend, Sajóbábony
- Tatabánya

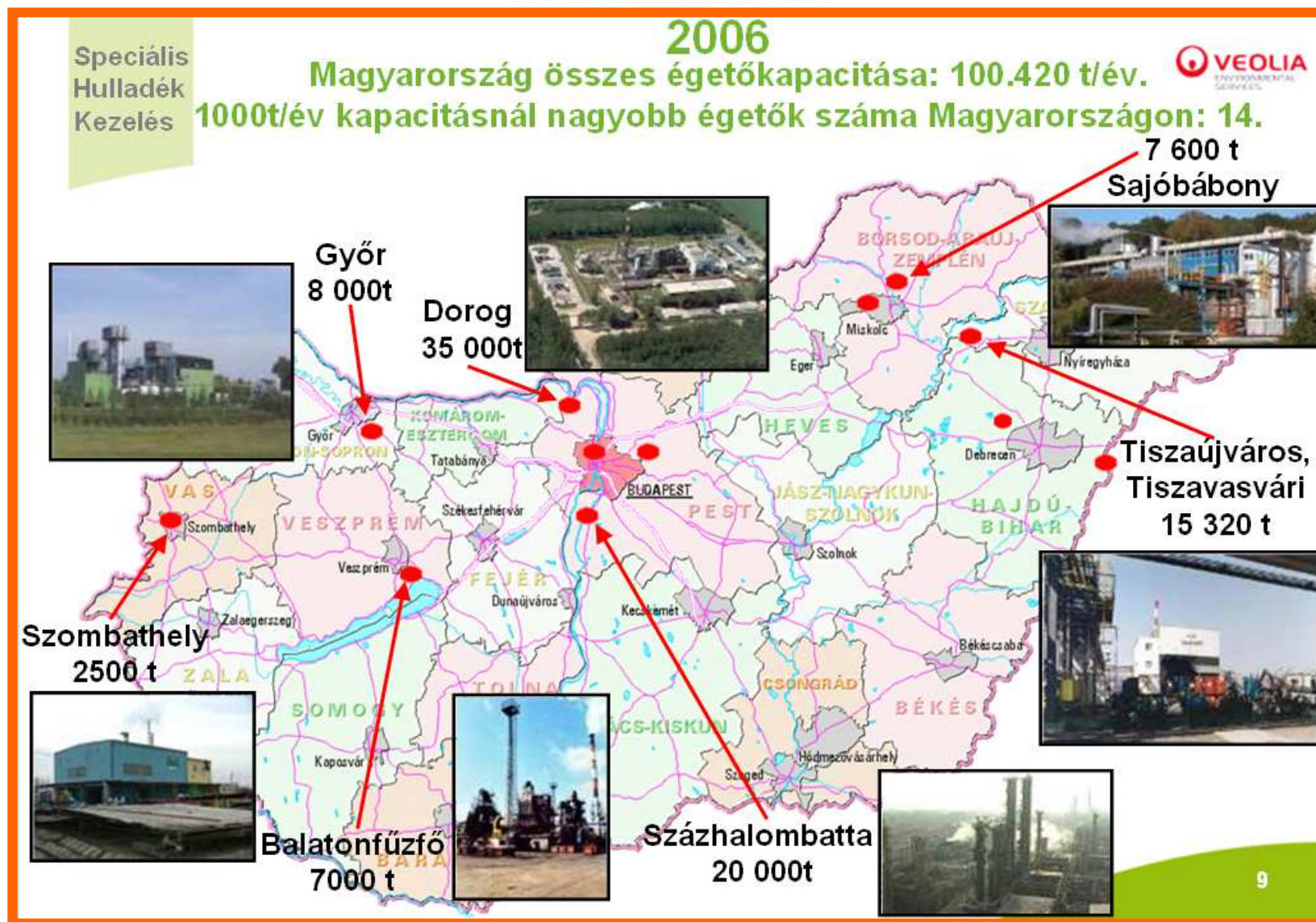
- Pusztazámor,
- Hajdúböszörmény,
- Várpalota-Inota
- Ács

És még: Miskolc, Eger, Rudabánya,

Sajókaza, Dunakeszi, Kengyel, Pécs, Szeged, Győr, Gyöngyös,
Nyíregyháza, Dél-Buda, Debrecen, Békéscsaba, Törökszentmiklós, ...



FŐBB TERMÍKUS HULLADÉKHASZNOSÍTÁSI ADATOK HAZÁNKBAN IV.



FŐBB TERMIKUS HULLADÉKHASZNOSÍTÁSI ADATOK HAZÁNKBAN V.

Speciális
Hulladék
Kezelés

2007



Égetők Magyarországon

(2006 évi kapacitás + 10 000 t/év kapacitás növekedés)

Égetők	Kapacitás (tonna/év)	Dolgozók száma (fő)	Kihasznátság (%)	Kihasznátság (t)	Árbevétel (MFt)
SARPI Dorog Kft.	35 000	90	91	31 850	3 456
ÉMK Kft.	17 600	45	72	12 672	381
Ecomisszió Kft.	15 320	70	90	13 780	1 003
Győri Hulladékégető Kft.	8 000	42	96	7 680	718
Fűzfői Hulladékégető Kft.	7 000	35	89	6 230	510
Megoldás Kft.	2 500	38	100	2 500	700
Egyéb (Százhalombatta, Hajdúkomm, kórházi égetők)	~ 25 000	-	-	~ 17 000	-
Összes égetési kapacitás	~ 110 420	-	83	~ 91 712	-

HULLADÉKKEZELÉS HIERARCHIÁJA

HULLADÉKÉGETÉS HELYE

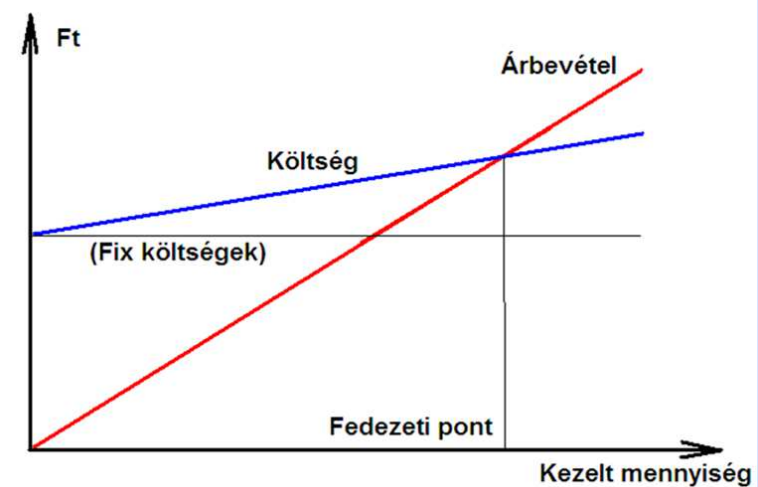
Speciális
Hulladék
Kezelés

Stratégiai alapok: a hulladékgazdálkodás hierarchiája



Speciális
Hulladék
Kezelés

Egy átlagos égetőmű költségalkulása



TERMIKUS HULLADÉKKEZELÉS

Mindazok a kémiai hulladékkezelési eljárások, amelyek a hulladék anyagi szerkezetét döntően hőátadási, ill. termokémiai folyamatok segítségével változtatják meg.

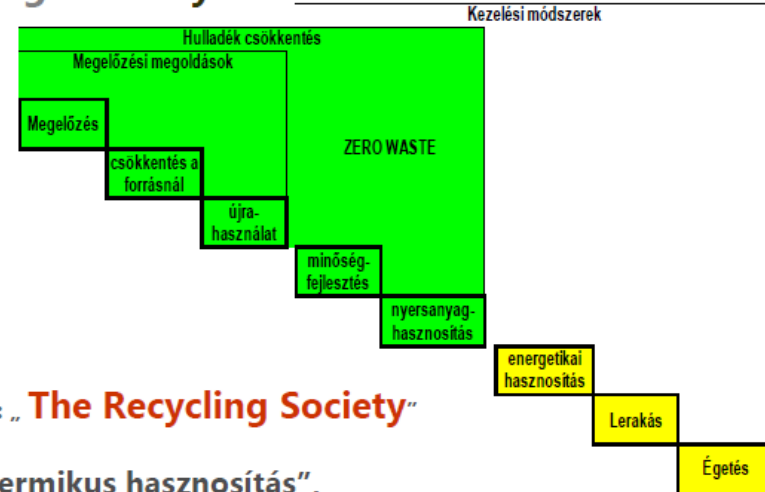
Legismertebb változataik a hulladékégetés és a hőbontás.

Hulladékkezelés

Fajtái:

- Termikus eljárás
 - Égetés
 - Hőbontás (Pirolízis)
- Biológiai eljárás
 - Komposztálás
 - Biogáz – előállítás
- Hulladékok elhelyezése

Az égetés helye a hulladékkezelésben



- EU: „The Recycling Society”
- „Termikus hasznosítás”,
- „Erőmű erőművek”,
- „WtE”

A termikus eljárások jellemzői I.

Tüzelés

- Levegő bevezetés: **légfelesleg tényező > 1**
- Tüzelési hőmérséklet: 900-1200 °C
- Keletkező reakció **termékek: füstgáz, kiégett salak**
- Füstgáz főbb komponensei: CO_2 , H_2O , O_2 , N_2

Pirolízis (kigázosítás)

- Hevítés: levegőtől elzárva
- Kigázosítási hőmérséklet: 450-600 °C**
- Keletkező reakciótermékek: **pirolízis-gáz, szilárd éghető anyag** (pirolízis-koks), mely tartalmazza az inert alkotókat is.
- Pirolízis-gáz főbb komponensei: C_nH_m

Elgázosítás

- Gázosító közeg: **oxigén vagy vízgőz**
- Elgázosítási **hőmérséklet: > 1200 °C**
- Keletkező reakciótermékek: éghető gáz, folyékony salak
- Gázösszetétel: CO , H_2 , CO_2 , H_2O**

A termikus eljárások jellemzői II.

Plazmatechnológia

•**Első lépcső:** magas hőmérsékletű pirolízis (salakolvasztó kamrában), ahol a szükséges energiát plazmaégő biztosítja. A plazmaív egyenáramú feszültségforrás hatására a salakfürdő és a plazmaégő között alakul ki.

Hőmérsékletek:

- Plazmaív: kb. 20000 °C
- Salakolvadék: kb. 1600 °C
- Második lépcső:** a pirolízis gáz tökéletes kiégetése 1200-1300 °C-on

A 2000/76/EC EU irányelv igen széleskörűen szabályozza a **hulladékégetők** létesítésének és üzemeltetésének, valamint ellenőrzésének környezetvédelmi feltételeit:

1. **levegőtisztaságot**
2. **szennyvízkezelést**
3. **maradékanyagok elhelyezését**

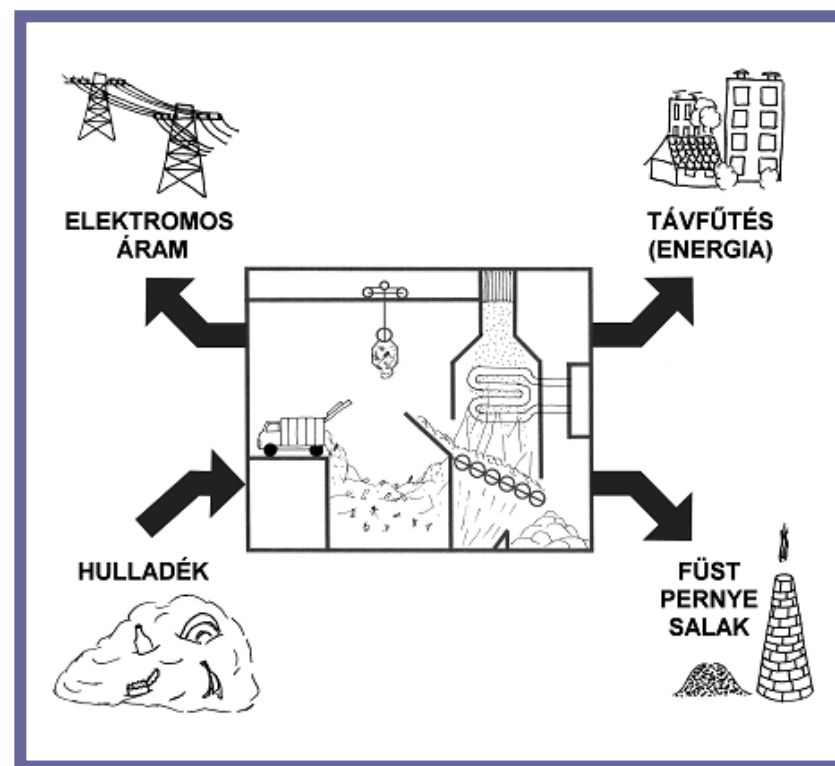
Hulladékégetés jellemzői I.

Előnye:

- Szilárd hulladék tömege és térfogata csökken
- Az eljárás mellékterméke a hő, ami hasznosítható
- Közegészségügyi szempontból hatékony (kórokozók elpusztítása)

Hátránya:

- Másodlagos környezetszennyezés
- Termikusan bontott anyag kikerül a természetes körforgásból
- Drága (beruházási és üzemeltetési költségek magasak)



A hulladékégetők előnye-hátránya

A hulladékégetők ellenzőinek és támogatóinak véleménye

1. A hulladékégetés az „eldobós-gondolkodásmódot” igazolja!

A költségesebb megoldás a hulladéktermelés csökkentésére ill. szelektív gyűjtésre ösztönöz.

2. Az égetéssel energiát és másodnyersanyagokat pazarolunk el!

Az égetéssel energiát nyerünk, hasznosítunk.

3. Égetés során a hulladék nem vész el, csak átalakul egészségkárosító anyagokká

Az égetés során számos toxikus karcinogén hulladék (POP is) elbomlik.

4. Az égetők kéményéből távozó füstgáz pontos összetétele nem ismert!

A füstgázok összetétele elég jól ismert sőt számos komponenst folyamatosan mérni és regisztrálni kell

1. A hulladékégetők nem munkaerő-igényes, hanem tőkeigényes beruházások!

Ez igaz.

2. Az égetés az egyik legköltségesebb hulladékkezelési megoldás!

Attól függ, hogy mekkora területet takarít meg a hulladéklerakóktól

3. A hulladékégetők nem váltják ki a lerakókat!

Kiegészítik a lerakókat és csökkentik a lerakó igényt.

4. Az égetés központosított hulladékrendszert igényel!

Az égetés hozzájárul a környezettudatos hulladékkezeléshez.

5. Az égetés akadályozza a megelőzés, az újrahasznosító ipar, az újrahasználati rendszerek, valamint a szelektív hulladékgyűjtés (ki)fejlődését!

Segíti a szelektív gyűjtést.

16. Az égetők pénzügyi nehézségeiket sokszor a lakosokkal fizettetik meg!

A hulladék kezelési költségét a hulladék termelőnek kell megfizetni.

Hulladékégetés jellemzői II.

Az égetés feltétele:

- **Megfelelő hőmérséklet**
- **Megfelelő áramlási viszonyok**
- **Megfelelő füstgáz-tartózkodási idő**
- **Megfelelő légfelesleg**

A **szerves anyagú hulladékok** megfelelően kialakított **berendezésben**, meghatározott **technológiai rend** (**tartózkodási idő, égési hőmérséklet, levegőfelesleg és áramlási viszonyok**) szerint történő **termikus hulladék kezelése** (ártalmatlanítása), amelynek során a hulladékok **kémiaailag kötött energiájukat** hő formájában adják le.

•Az **éghető komponensek a levegő oxigénjével** reagálva égési gázokká, a **nedvesség pedig vízgőzzé** alakulnak, és ezek mint füstgázok távoznak a rendszerből.

•Az **éghetetlen szervesetlen anyagrészek** salak, ill. pernye formájában maradnak vissza.

Hulladékégetés jellemzői III.

A hulladékégetés során a gyakorlatban a különböző típusú és kémiai összetételű anyagokat kell elégetni.

- A megkívánt min. tüztérhőmérséklet 850 °C,
- a légfelesleg-tényező értéke 1,2–2,5 közötti,
- a füstgázok tüztérben való tartózkodás ideje 2–3 s szilárd hulladékok, ill. 0,5–1 s folyékony hulladékok égetésekor.
- A megfelelő áramlási viszonyok egyrészt mechanikai eszközökkel (mozgórostélyok, forgó kemence, bolygatószerkezet), másrészt aerodinamikai módszerekkel (gázáramok irányított mozgatása) érhető el.
- A hulladékégető berendezések zöménél a **tüztéri hőmérséklet nem haladja meg a 1100 °C-ot.**

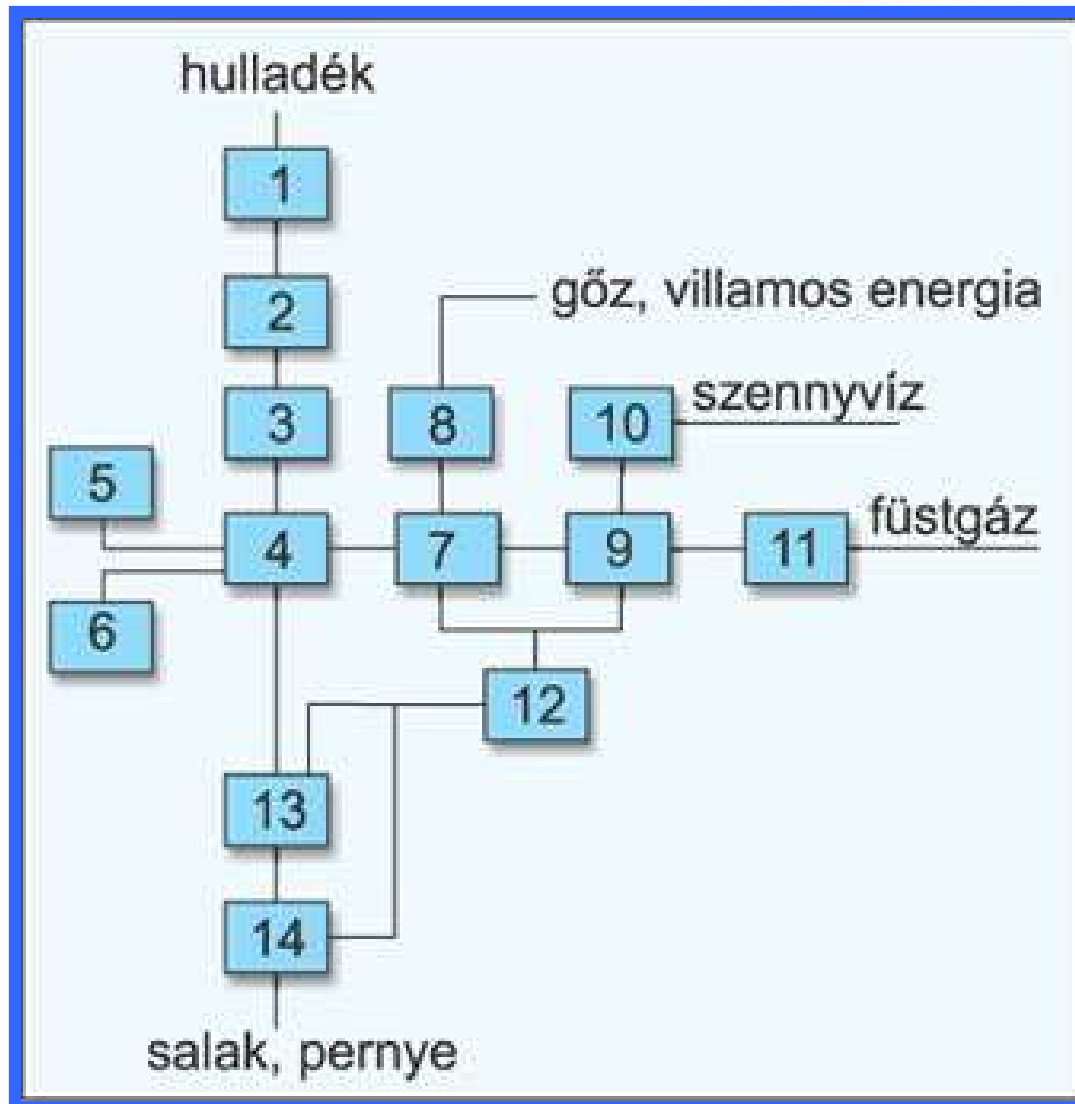
Technológiai követelmények és szempontok

1. **Mérlegelő rendszer**, amely szerint automatikus **járműazonosítással és regisztrálással** rendelkező hídmérleg megállapítja a **beszállításra kerülő hulladékok** és az elszállításra kerülő **szilárd maradékanyagok mennyiségét**.
 2. **Hulladékürítő és -tároló rendszer**, amely magába foglalja az **ürítő rámpát** és a **hulladék tárolását, homogenizálását**, tüzelőrendszerbe történő adagolását biztosító **bunkerteret**.
 3. **A hulladék-bunkertérnek** a levegőjét el kell szívni és ezt a levegőt kell égéslevegőként bejuttatni a tüztérbe. A bunkertérben legalább 2 db polipmarkolóval rendelkező híddarut kell telepíteni.
-
4. **Tüzelő- és hőhasznosító-berendezés**, amely biztosítja a hulladékok **teljes és tökéletes kiégetését**, a tüzeléssel befolyásolható **légszennyezők határérték alatt tartását**, a **keletkező füstgázok minél jobb hatékonyságú hő hasznosítását a tüztérhez kapcsolódó kazánban**.
 5. **Salakeltávolító rendszer**, amely magába foglalja a **rostélyról vagy egyéb tüzelőszervezetről lehulló salak lehűtését, eltávolítását**, bunkerben történő gyűjtését, szükség szerinti kezelését, a **mágnesezhető fémek leválasztását**.
 6. **Füstgáztisztító rendszer**, amely a **légszennyező anyagok határérték alá történő csökkentéséről**, valamint a tisztított **füstgázok kéménybe történő juttatásáról** gondoskodik.

A hulladékégetés technológiai folyamatvázlata I.



A hulladékégetés technológiai folyamatvázlata II.



1. tárolás;
2. anyag-előkészítés;
3. adagolás;
4. égetés;
5. póttüzelőanyag;
6. égéslevegő;
7. füstgázhűtés;
8. hőhasznosítás;
9. füstgáztisztítás;
10. melegvízkezelés;
11. kémény;
12. pernyeleválasztás;
13. salakgyűjtés- és kihordás;
14. salak- és pernyetárolás

Hulladékégetés jellemzői IV.

Az égetés 1200–1700 °C hőmérsékleten is végezhető, ez a salakolvasztásos égetés. Ekkor a szilárd maradék olvadékként távozik a tüztérből. Az égetés szilárd maradékanyagának mennyisége az elégetett hulladék típusának a függvénye.

Szilárd hulladékok égetésekor a maradék mennyisége 30–40 (salakolvasztásos égetésnél 15–25) tömeg%, folyékony és iszaphulladékok égetésekor pedig 2–10 tömeg%.

A maradékok (salak és pernye) rendezett, ill. rendezett, biztonságos lerakást igényelnek.

Az égetéskor 1 t hulladékból átlagosan 4–6000 m³ füstgáz keletkezik, amit nagy por- és egyéb szennyezőanyag-tartalma (**HCl, SO₂, NO_x, HF, nehézfémek, dioxinok**) miatt alkalmas módszerekkel tisztítani kell.

Hulladékégetés jellemzői V.

A salak állapota szerint:

1. Normál tüzelés
 - Tüztér hőmérséklet: $t < 1050-1100\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Salak állapota: szilárd
2. Salakolvasztásos tüzelés
 - Tüztér hőmérséklet: $t > 1050-1100\text{ }^{\circ}\text{C}$
($t = 1200 - 1700\text{ }^{\circ}\text{C}$)
 - Salak állapota: olvadék, folyékony

Égetés szilárd maradékanyaga:

1. Normál tüzelésnél: 30 – 35 tömeg%
2. Salakolvasztásos: 15 – 25 tömeg%
3. Iszap tüzelésnél: 2 – 10 tömeg%

Szilárd hulladékok tüzelésének minimális feltételei

- **Tüztérhőmérséklet: $850\text{ }^{\circ}\text{C}$**
- Légfelesleg-tényező: 1,5 – 2,5
- Füstgázok tartózkodási ideje a tüztérben
szilárd: 2 – 3s
folyékony: 0,5 – 1s
- Oxigén tartalom a füstgázban max.: 6%

Tüzelőanyag kalorikus jellemzői

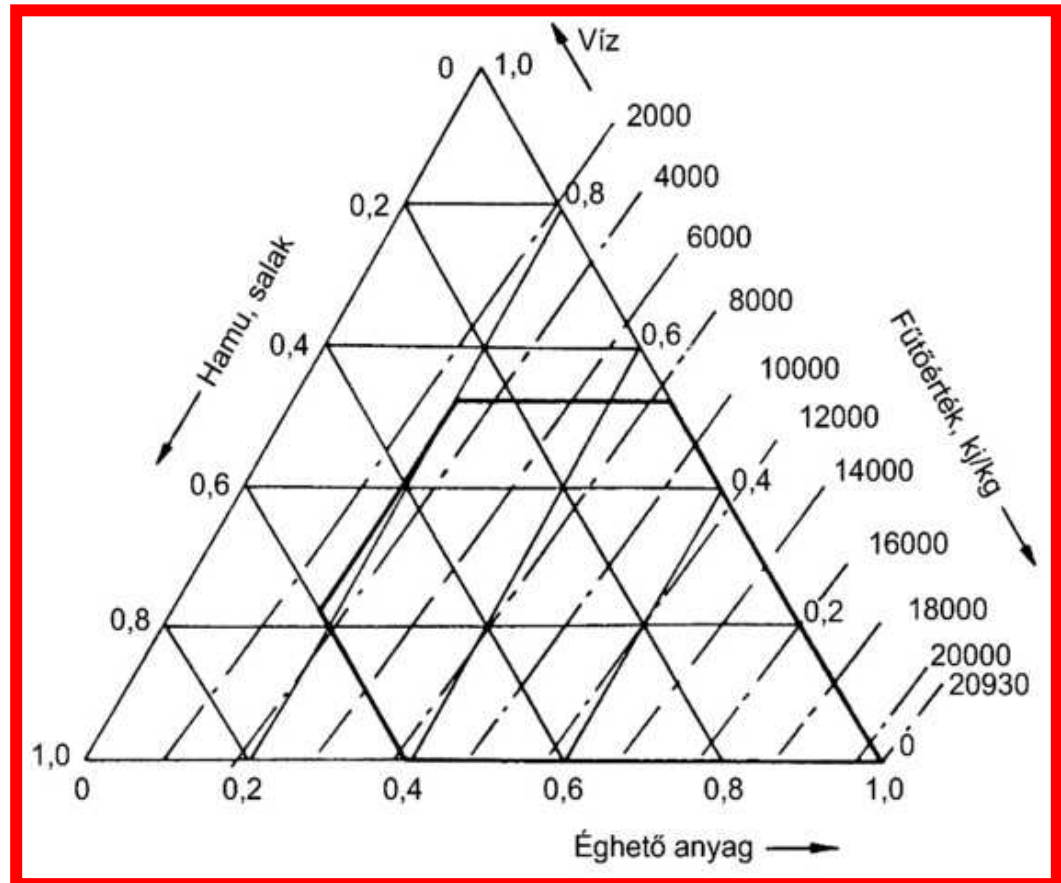
- **Fűtőérték [KJ]**
- **Éghetőanyag tartalom [%]**
- **Víz tartalom [%]**
- **Hamutartalom [%]**

A hulladékok fontosabb kalorikus jellemzői közötti összefüggés

A szilárd hulladékok

éghetőségének feltételei :

1. legalább 20-25 tömegszázalék **éghető anyagtartalom**
2. legfeljebb 60 tömegszázalék **hamutartalom**
3. legfeljebb 50-55 % víztartalom
4. legalább 4200 kJ/kg fűtőérték



Települési szilárd hulladékkomponensek tüzeléstechnikai tulajdonságai

	Víztartalom %	Hamutartalom %	Fűtőérték (kJ/kg)		Víztartalom (%)	Hamutartalom (%)	Fűtőérték (kJ/kg)
Élelmiszer	70	5	4 700	Fáradt olaj	10	1,5	41 000
Papír	6	6	16 700	Olajemulzió	17,5	1,3	31 000
Karton	5	5	16 300	Olajiszap	30	40	9 000
Műanyag	2	10	32 600	Bitumen	15	12	22 000
Textil	10	2,5	17 400	Kátrányhulladék	28	2	25 000
Gumi	2	10	23 300	Tartálymaradék	40	1	19 000
Bőr	10	10	17 400	Derítőföld	3	50	16 000
Kerti hulladék	60	4,5	6 500	Savgyanta	17	8	21 000
Fa	20	1,5	18 600	Lakklagyanta	21	20	18 000
Üveg	2	98	100	Koksziszap	15	10	24 000
Konzervdoboz	3	98	700	Glikolhulladék	35	7	19 000
Aluminium	2	96	-	Acetáthulladék	1,3	0,2	19 000
Egyéb fém	3	98	700	Állattetemek	85	5	2 300
Föld,salak	8	70	7 000				

Hulladéktüzelés lépései I.

1. Tárolás, előkészítés
2. Égetés
3. Hő hasznosítás (füstgáz hűtés)
4. Salak, hamu, pernye kezelése
5. Füstgáztisztítás

Tárolás, előkészítés

Tárolás:

- a **szilárd hulladékot** megfelelően kialakított bunkerben tárolják.
- Mozgatását és adagolását **polipmarkolós híddaruval** végzik;
- a nem szivattyúzható iszapszerű anyag
 - **Tárolása:** kazettás bunkerban.
 - **Mozgatása:** serleges markolóval ellátott híddaruval.
- szivattyúzható iszap
 - **Tárolása:** fűthető, zárt tartályban
 - **Mozgatása** és adagolása: szivattyúval végzik.

Hulladéktüzelés lépései II.

Égetés

Tüzelőberendezések fajtái:

- **Rostélyos berendezések:**
általában szilárd települési és termelési hulladékok tüzelésére
- **Rostély nélküli berendezése:**
folyékony és iszap szerű hulladékok tüzelésére

Rostélytüzelésű berendezések

Rostély feladata:

- Hulladék állandó keverése mozgatása
- Égéságy (tűzfészek) levegőztetése

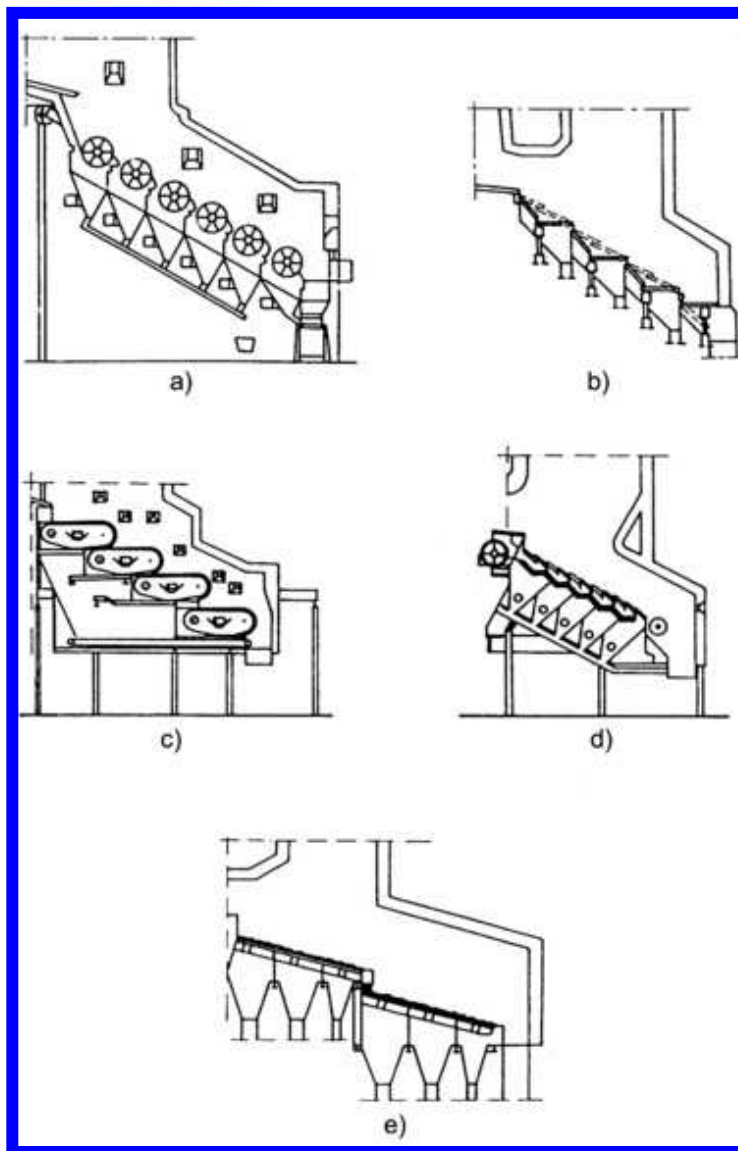
Fajtái:

- Hengerrostély
- Lengőrostély
- lépcsős vándorrostély
- visszatoló rostély
- lépcsős előtolórostély

Hulladéktüzelés lépései III.

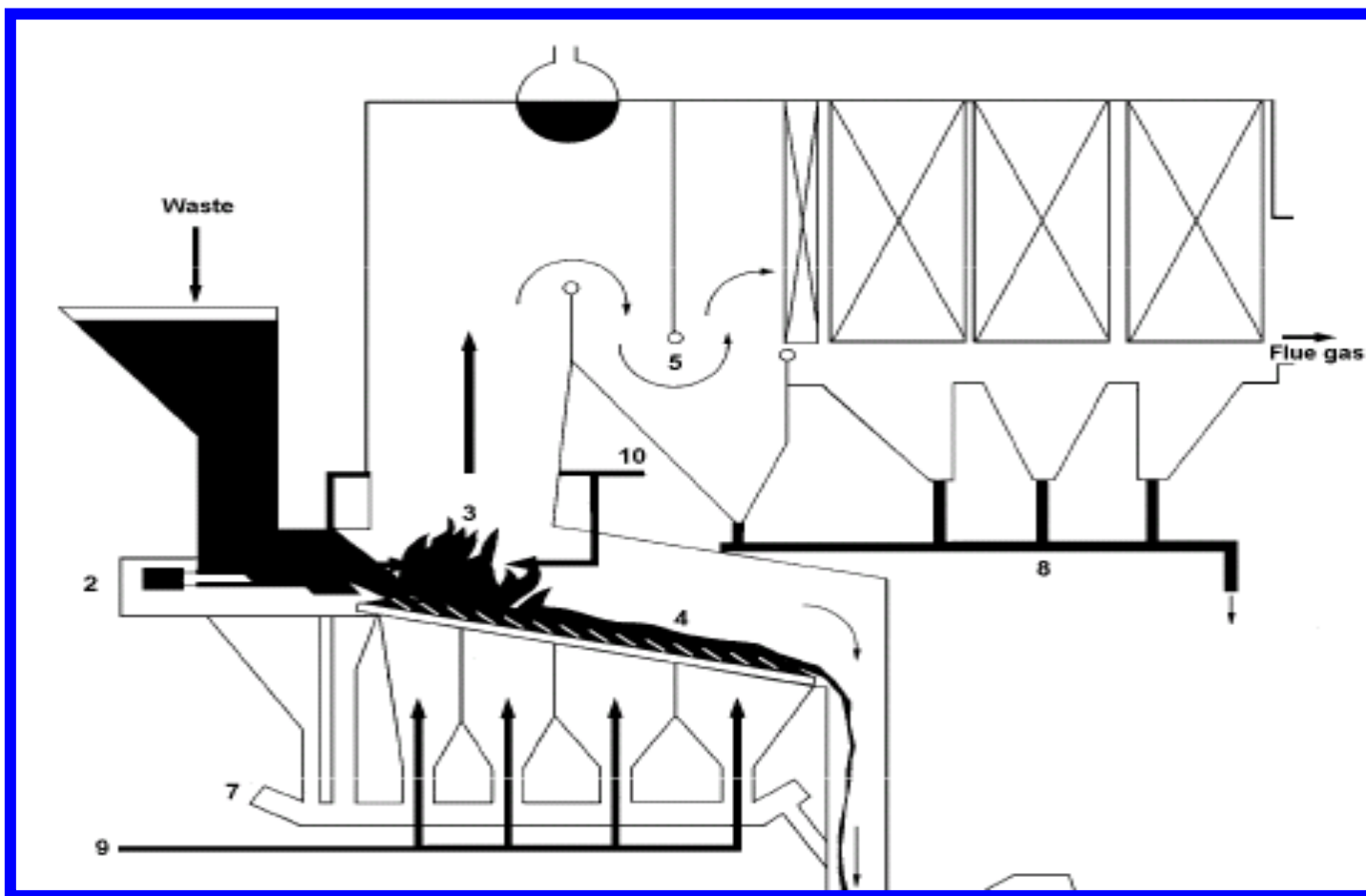
Rostély típusok

- a) Hengerrostély
- b) Lengőrostély
- c) lépcsős
vándorrostély
- d) visszatoló rostély
- e) lépcsős
előtolórostély



Hulladéktüzelés lépései IV.

Rostélyos hulladékégető



HŐBONTÁS I.

Szerves anyagok, ill. a szerves anyagú hulladékoknak megfelelően kialakított reaktorban, hő hatására, oxigénszegény v. oxigénmentes közegben – esetleg inert gáz (pl. nitrogén) bevezetése mellett – szabályozott körülmények között **bekövetkező vegyi lebontása.**

- Ennek során a szerves **hulladékokból gáznemű, folyékony (olaj, kátrány, szerves savakat tartalmazó bomlási víz) és szilárd végtermékek keletkeznek.**
- Amelyek elsősorban **energiahordozóként (fűtőgáz, tüzelőolaj, koks), ritkábban vegyipari másodnyersanyagként, ill. egyéb célokra (pl. talajjavítás, szennyvízkezelés) hasznosíthatók.**

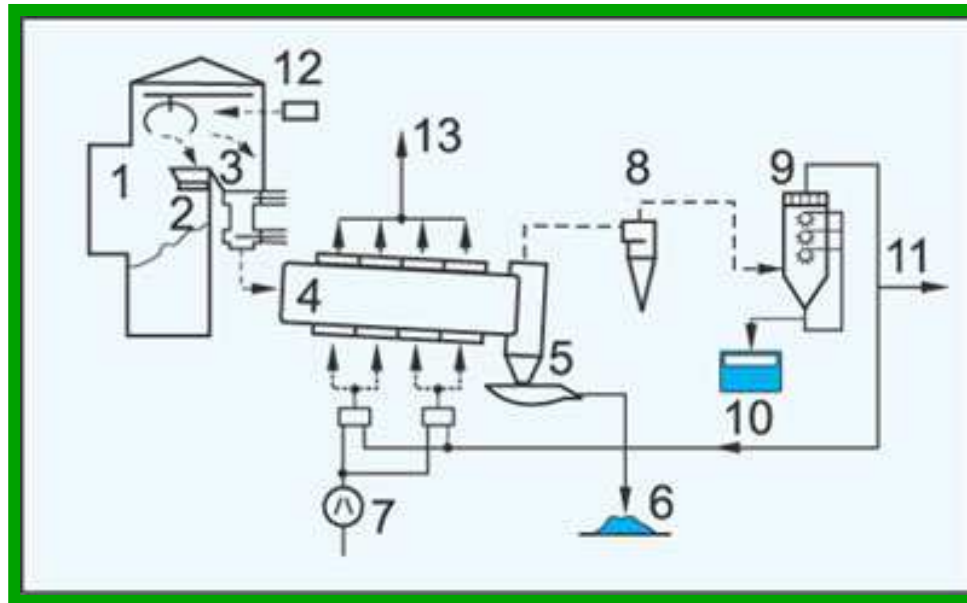
A **végtermékek összetétele és mennyisége** a hulladékok jellemzőinek, a **reaktorok hőmérsékletének és üzemviszonyainak függvényében** változik.

- A reaktorok **közvetlen és közvetett (reaktorfalon keresztül történő), ill. cirkulációs fűtésűek.**
- A közvetlen fűtésű **reaktorokban a hőbontás és a hőenergiát szolgáltató *parciális égetés* közös térben megy végbe.**

HŐBONTÁS II.

Hatékonyágát befolyásolja a **hőmérséklet, a felfűtési sebesség, a reakcióidő, továbbá a hulladékszemcse nagysága, valamint az átkeveredés** hatékonysága.

Az alkalmazott hőmérséklettartomány ált. **450–950 °C**, azonban egyes eljárásokat ennél nagyobb hőfokon **(max. 1650 °C) is alkalmaznak.**



Ipari hulladékok pirolizálási eljárásának folyamatvázlata:

1. hulladéktároló bunker; 2. aprító; 3. adagolás; 4. forgó dobreaktor; 5. nedves, szilárd maradék leválasztása; 6. szilárd maradék; 7. levegőellátás fűtéshez; 8. ciklon; 9. mosó; 10. szennyvízkezelés; 11. tisztított gáz égetésre; 12. mészadagolás semlegesítéshez; 13. füstgáz

HŐBONTÁS III.

A hulladék ára alapvetően négyféle reaktortípus használatos:

- a vertikális v. aknás reaktor, a horizontális fix reaktor,
- a forgó dobreaktor, a fluidizációs reaktor.

A szükséges segédanyagok (előmelegített levegő, vízgőz) az egyes eljárásváltozatok szerint eltérőek. Azok az eljárások, amelyek a **hőbontási segédanyagokat a reaktortérbe viszik, gázosítási eljárásokként ismeretesek.**

- A szilárd **maradékok rendezetten lerakhatók v. különbözőképpen hasznosíthatók** (pl. közvetlen elégetés, aktív szén előállítás).
- A gáz- és gőznemű termékek leválasztására és **tisztítására a legkülönbélebb gáztisztítási, gázgőz szétválasztási módszereket és kombinációkat** (pl. gázmosók, utóégetők, krakkoló reaktorok stb.) alkalmazzák.
- A hőbontás eljárásváltozatai zömükben még fejlesztés alatt állnak. **Azonos fajtájú ipari hulladékok (pl. műanyag-, gumihulladékok, savgyanta) pirolizálására azonban** már jól bevált megoldások használatosak.
- A hulladékok hőbontásának technológiáját a **közel kétszáz éves ipari gyakorlatra visszatekintő fapirolízis, ill. faelgázosítás tapasztalataira** támaszkodva fejlesztették ki az 1970-es években az USA-ban.

Rostély nélküli tüzelőberendezések I.

- Forgódobos kemence
- Égetőkamrák
- Emeletes kemence
- Fluidizációs kemence
- Plazmaíves kemence

A forgódobos kemence hőmérsékleti szakaszai

- a) vízgőz;
- b) éghető anyag;
- c) salak;
- d) salakolvadék;
- e) falazat

Forgódobos kemence

- Salakolvasztásos tüzelés
- Normál tüzelésre

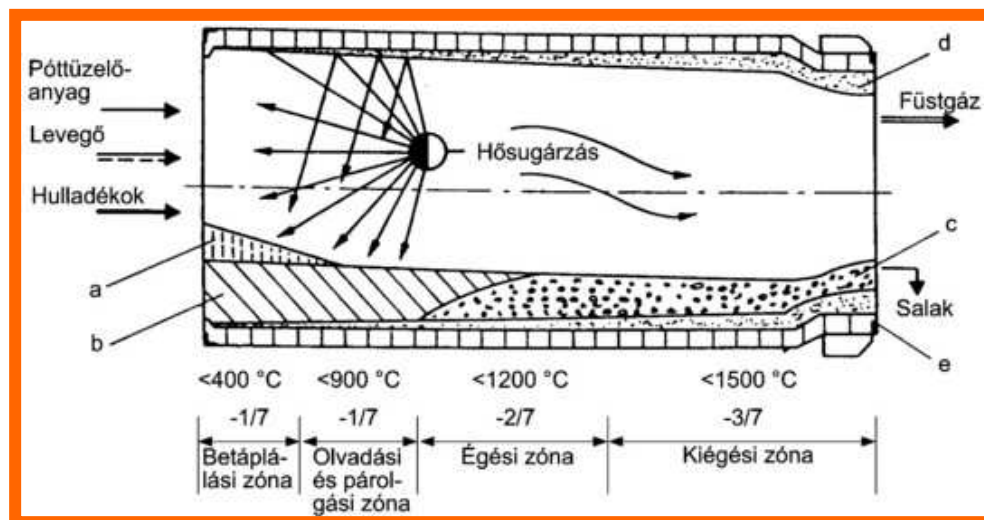
Fontosabb adatai

Folyamatos hulladékbeadagolás max. 20 tf%-ig

Légfelesleg tényezője nagy (2-2,5)

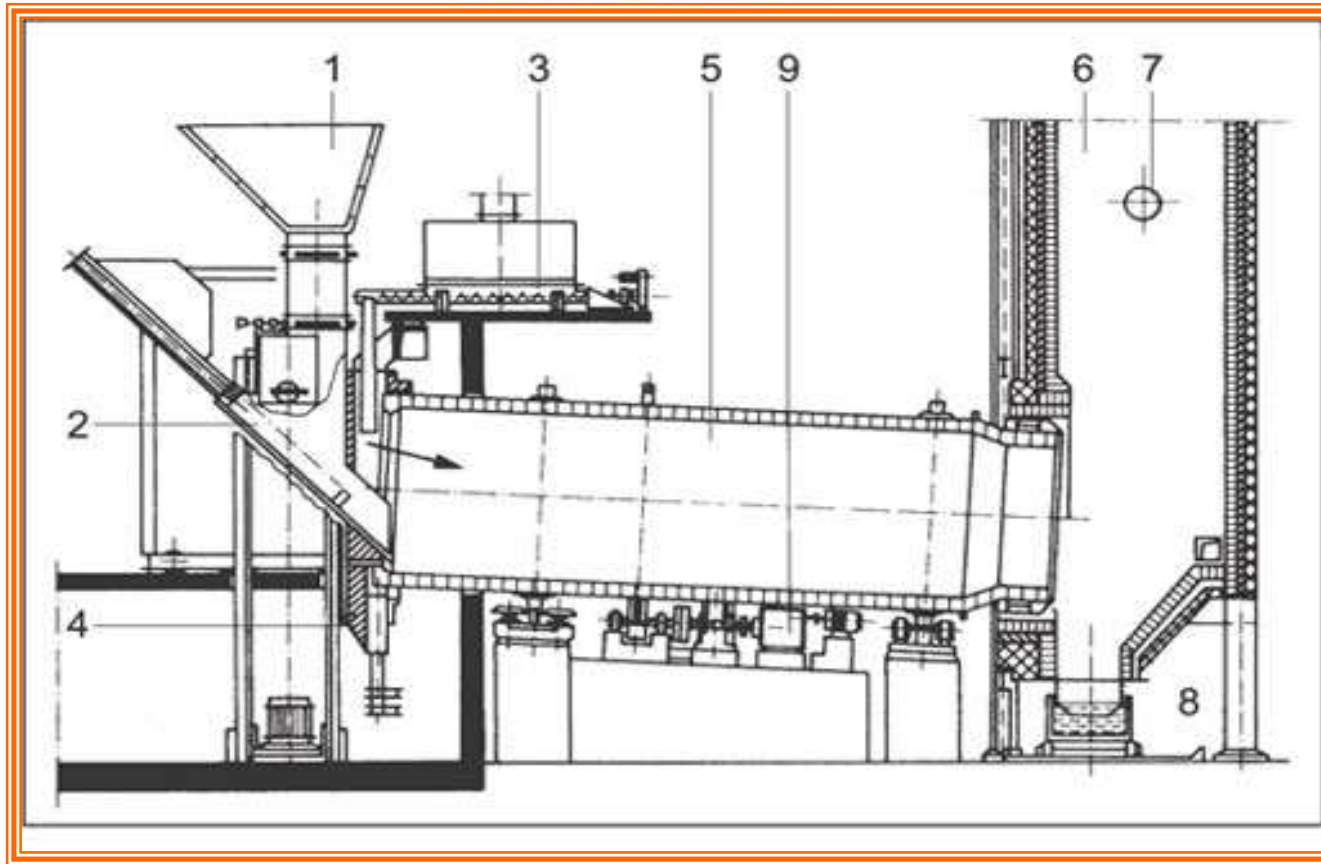
Falazat vastagsága: 150-400 mm

$D = 3,5-4 \text{ m}$, $L = 8 - 12,5 \text{ m}$, $Q = 60-65 \text{ GJ/h}$, $Z = 6 \text{ t/h}$



Rostély nélküli tüzelőberendezések II.

Forgódobos kemence

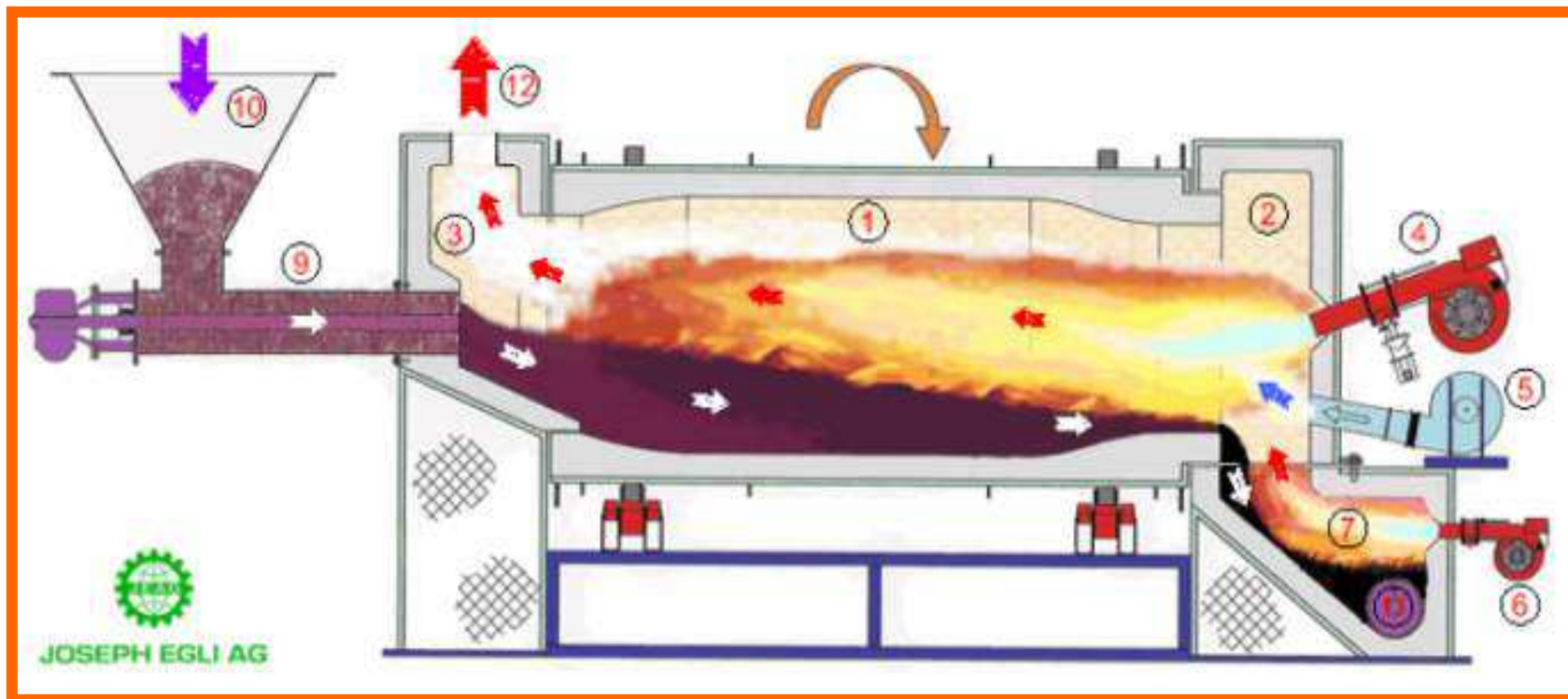


Forgó dobkemence felépítése:

1. adagológarat; 2. hidraulikus adagolómű; 3. csigás adagoló; 4. kemencefejrész;
5. kifalazott forgó dobkemence; 6. utóégető tér; 7. folyékony hulladékbeégetés; 8.
nedvesszalak-kihordó; 9. hajtómű

Rostély nélküli tüzelőberendezések II.

Forgó kemencés hulladékégető



Forgó dobkemenye felépítése:

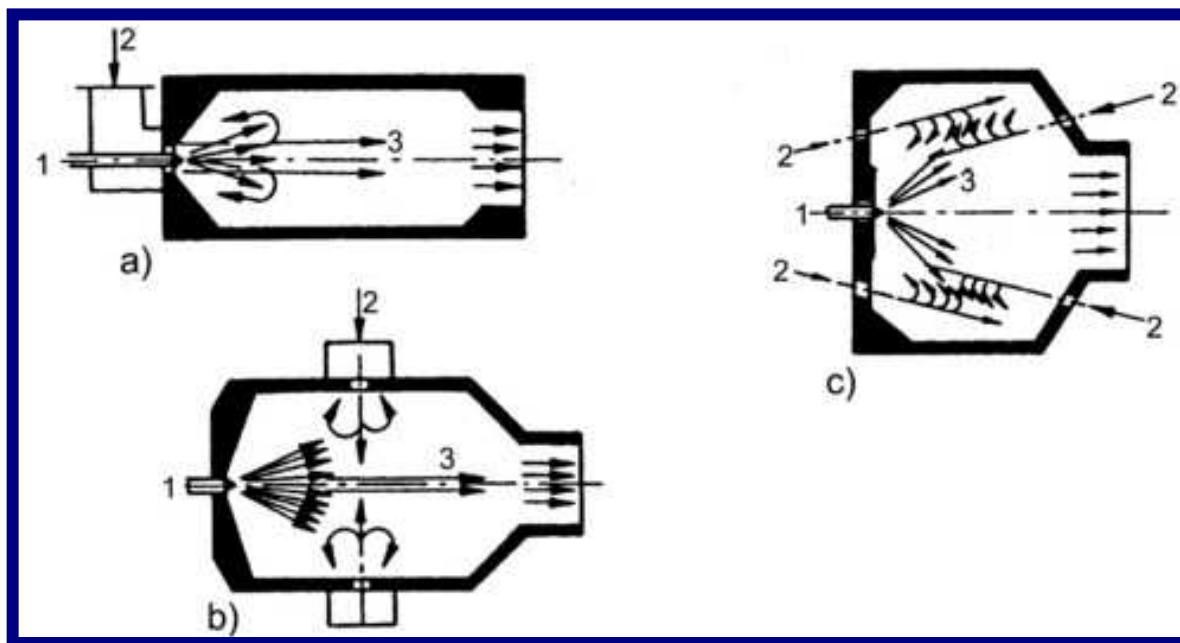
1. adagológarat; 2. hidraulikus adagolómű; 3. csigás adagoló; 4. kemencefejrész;
5. kifalazott forgó dobkemence; 6. utóégető tér; 7. folyékony hulladékbeégetés; 8.
nedvesszalak-kihordó; 9. hajtómű

Rostély nélküli tüzelőberendezések III.

Égetőkamrák

1. Folyékony és iszapszerű hulladékok tüzelésére
2. Horizontális vagy vertikális elrendezésű falazott
3. Fix kemence

Égetőkamrák alaptípusai



- a) párhuzamos áramú;
 - b) keresztáramú;
 - c) ellenáramú
1. tüzelőanyag-feladás;
 2. égéslevegő;
 3. tűztér

Rostély nélküli tüzelőberendezések III.

Emeletes kemence, Fluidációs kemence

1. Henger alakú, több tűzterű, kifalazott kemence.
2. Tűzterek egymás felett helyezkednek el.

Iszap és szennyvíziszap égetésére.

- Emeletek magassága: 60 – 80 cm
- Emeletek száma: ált.10
- Légfelesleg tényezője: 1,4 – 1,6

Hátránya:

- **bonyolult üzemeltetés**
- gyakori meghibásodás
- Nagy beruházási költség

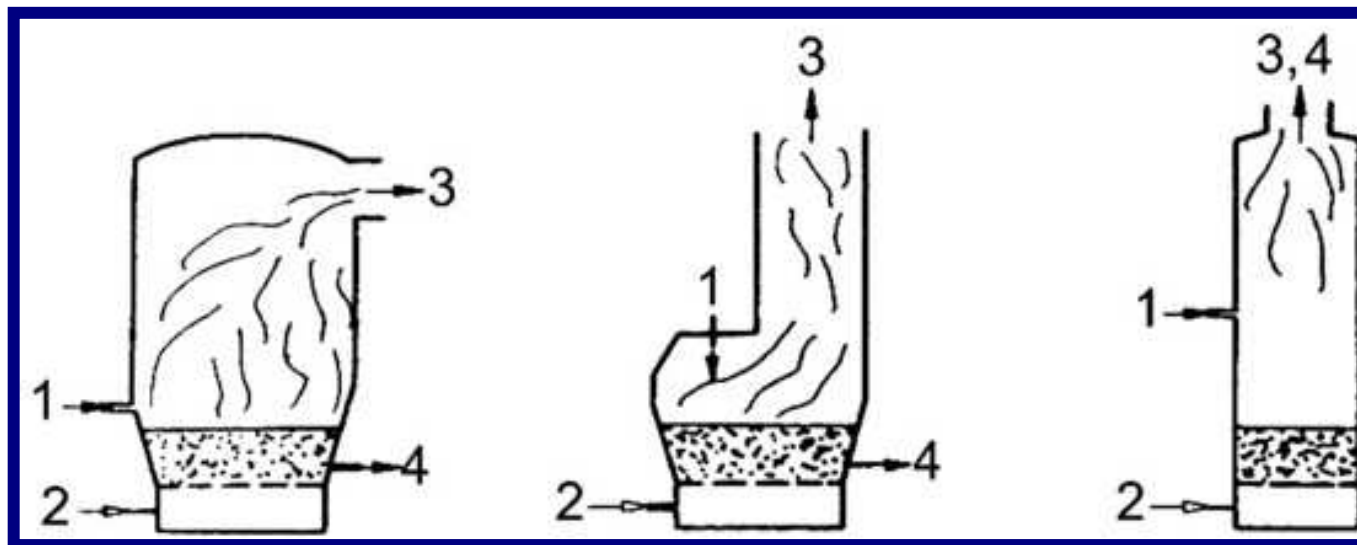
Fluidizációs kemence

- **Intenzív hő és anyagátadás**
- Nagy fajlagos égetési teljesítmény
- **Igen egyszerű szerkezet(nincs mozgó alkatrész)**
- Viszonylag olcsó, mindenféle hulladék égetésére alkalmas

Rostély nélküli tüzelőberendezések IV.

Fluidizációs kemence építési módjai

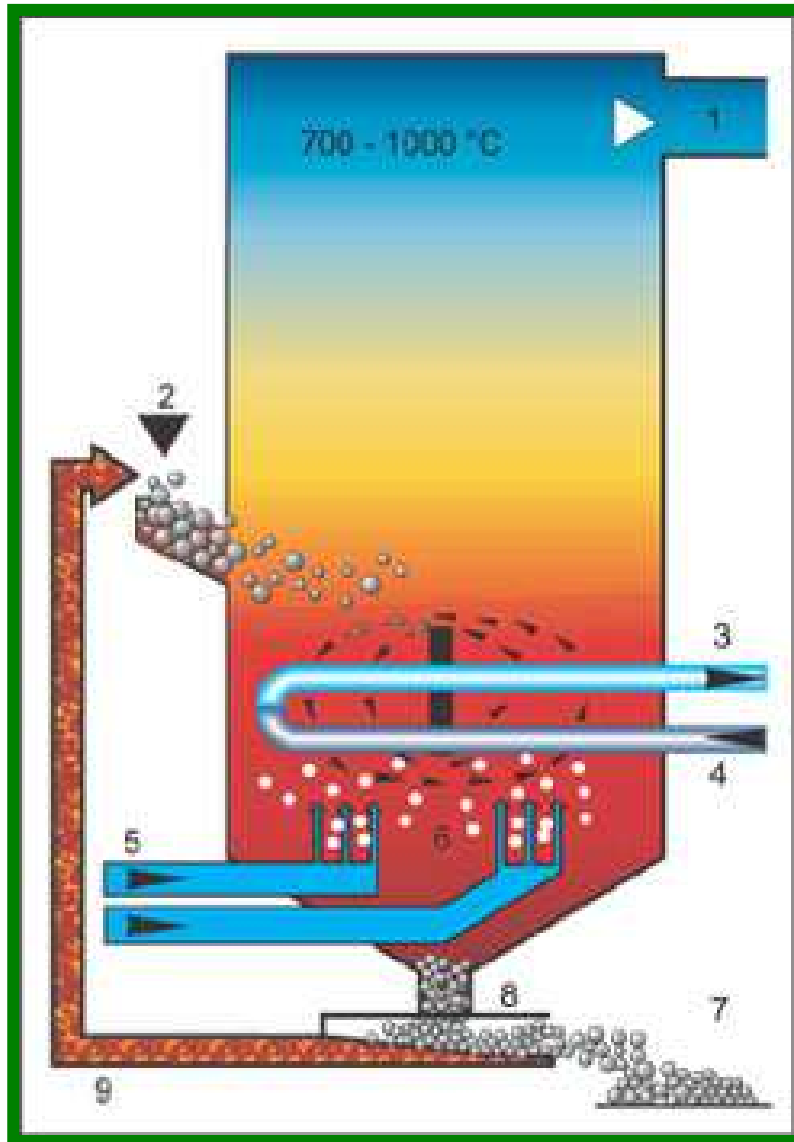
1. A **fluidizációs (örvényágyas) kemencékben** a nagyfokú, intenzív hő- és anyagátadás miatt nagy fajlagos égetési teljesítmények érhetők el.
2. Ezek hengeres, kifalazott vertikális tűzterek, amelyekben fluidizált állapotban tartott homokágyban megy végbe az égés.
3. Speciális kemence megoldásúak a szállítóhevederes kemence és a sóolvadékos kemence



1. hulladék; 2. levegő; 3. füstgáz; 4. hamukihordás

Rostély nélküli tüzelőberendezések V.

Fluidizációs kemence építési módjai



Fluidágyas kazán felépítése:

1. füstgáz;
2. tüzelőanyag;
3. gőz/víz;
4. víz;
5. levegő;
6. homok;
7. durva idegen anyag;
8. rosta;
9. homok-visszavezetés

Rostély nélküli tüzelőberendezések V.

Fludizált ágyas égető

1. A homok a hulladékkal jól elkeveredve fluidumszerű szuszpendált állapotban van.
2. Az ágyban lévő inert és éghető részek erősen keverednek a levegővel, ami jó égést biztosít.



Veszélyeshulladék-égető I.

A **veszélyes hulladékok ártalmatlanítására** létesített égetőmű v. **égető berendezés**, amelynél különös fontossággal bír a **hulladék előkezelése**, a **füstgáz hatékony tisztítása és az égetési maradékok kezelése**.

A **hulladék termikus ártalmatlanításának műszaki követelményeit a kv.-i miniszter szabályozza**, ez a rendelet határozza meg többek között a kibocsátási határértékeket (emisszió), ezek ellenőrzésének módját és gyakoriságát.

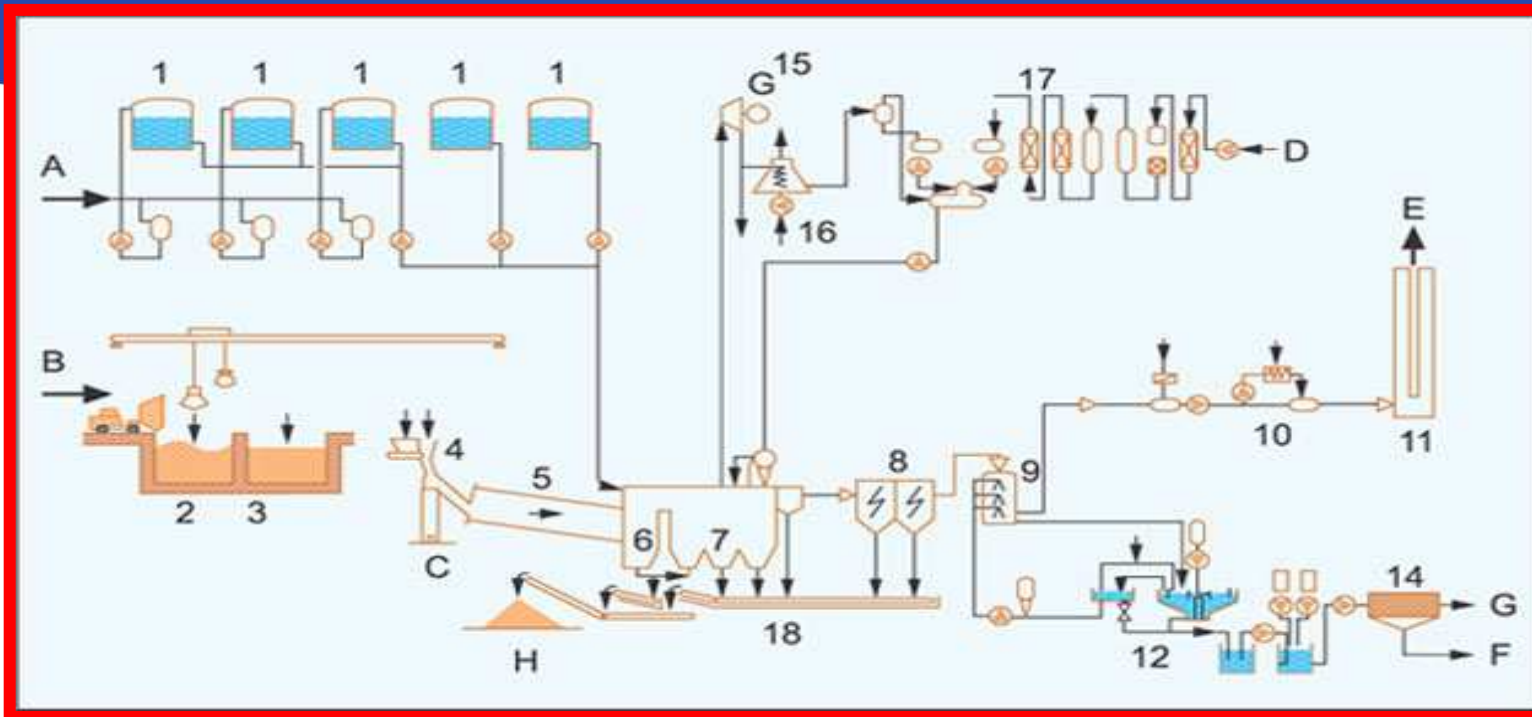
- A veszélyeshulladék-égető működését, a **keletkező füstgáz összetételét az égetésre kerülő hulladék minősége határozza meg**. Az optimális égetési paraméterek eléréséhez különböző veszélyes hulladékok keverékét juttatják be az égetőtérbe.

- Az emisszió határértéken tartásához **szükség lehet a halogénezett vegyületek tömegszázalékos arányának** korlátozására.

- Az egészségügyi fertőző hulladékot is **ártalmatlanító veszélyeshulladék-égetőnél gondoskodni kell külön úton történő beadagolásról** a kemencébe, valamint megfelelő hűtőtérrel.

- A veszélyeshulladék-égető **létesítéséhez környezeti hatástanulmányt kell készíteni**. A kívánatos védőtávolság 1000 m.

Veszélyeshulladék-égető II.



Forgó dobkemencével felszerelt, komplett veszélyeshulladék-égető létesítmény:

A/ folyékonyhulladék-beszállítás és -lefejtés; B/ szilárd és iszapszerű hulladék beszállítása;

C/ hordós-hulladék-feladás; D/ tápvíz; E/ tisztított füstgáz; F/ iszaplepeny; G/ tisztított szennyvíz; H/ salak és pernye; 1. folyékonyhulladék-tároló tartályok, homogenizáló tartály és fűtőolajtartály; 2. szilárdhulladék-bunker; 3. iszapszerű-hulladék-bunker gőzfűtéssel; 4.

hulladékok adagolása; 5. forgó dobkemence; 6. utóégetőtér; 7. kazán; 8. elektrofilter; 9. füstgázmosó; 10. füstgáz-újrahevítés; 11. kémény; 12. szennyezett mosóvíz tisztítása, semlegesítése; 14. kamrás szűrőprés; 15. turbina generátorral; 16. léghűtéses kondenzátor;

17. tápvíz-előkészítés; 18. salak- és pernyekihordás

Veszélyeshulladék-égető III.

Plazmaíves kemence

Nagy hőmérsékletű gázt használ fel szerves anyagok hő bontására.

A plazma állapot előállítása:

- plazmagenerátorban
- két nagyfeszültségű pólus között létrehozott íven vezetik át a gázt, ionizálódik a gáz
- generátorból kilépő ionizált gáz hőmérséklete 1000-2500 °C

Plazma állapotú gáz égéstérbe vezetése.

A lehűlő gáz hőtartalmát használják fel az égetéshez.

Csak folyékony hulladék égetésére alkalmas. (Nem keletkezik szilárd maradék)

Előnye:

- Veszélyes hulladékok kezelésére alkalmas

Hátránya:

- Nagy fajlagos energiaigény [MJ/t]

Füstgázhűtés, hő hasznosítás I.

- **Füstgáz kilépési hőmérséklete a tűztérből**
 $t_{ki} = 900 - 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- **Füstgáz kilépési hőmérséklete a kéményből**
 $t_k = 250 - 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (min. harmat pont)

Füstgáz hűtése

- Közvetlen módszerrel
- Közvetett módszerrel

Közvetlen füstgázhűtés

Levegő befutással

Hideg levegő korlátlanul rendelkezésre áll.

Hátránya:

- 3-4 szeresére nő a füstgáz mennyisége
- a levegőbefúvás felkavarja a már leülepedett port, kormot

Füstgázhűtés, hő hasznosítás II.

Közvetlen füstgázhűtés

Vízpermetezéssel

- Porlasztókkal finom vízködöt permeteznek a füstgázba.

Hátránya:

- vízgáz növeli a füstgáz reakció képességét
- füstgáz mennyisége 1,4 – 1,6 szeresére nő

Közvetlen füstgázhűtés alkalmazhatósága

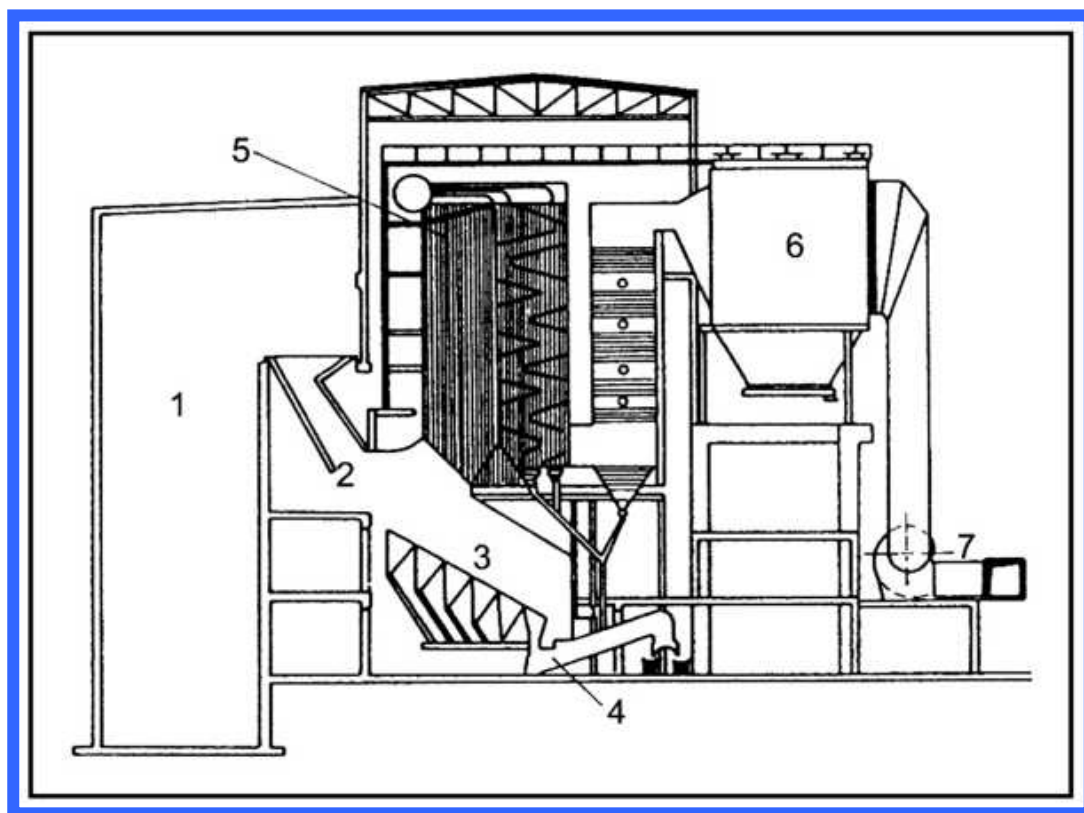
- **A füstgáz hőtartalma elvész,**
- **egyéb anyagot (pl. víz) igényel, ezért kis hő teljesítményű (15-20 GJ/h)**
- **kis kapacitású égetőknél ahol nem gazdaságos kiépíteni a hő hasznosítót ott alkalmazzák.**

Füstgázhűtés, hő hasznosítás III.

Közvetett hő hasznosítás

1. Közvetlenül a tűztérbe elhelyezett hőcserélővel történik a hasznosítás.
2. Ezeket a hőcserélőket kazánoknak nevezzük.

Tűztérbe épített meredek csöves kazán



Felépítés

1. bunker;
2. adagolás;
3. rostély és tűztér;
4. salakkihordás;
5. kazán;
6. elektrofilter;
7. füstgázventillátor

Füstgázhűtés, hő hasznosítás IV.

Egyéb hő hasznosítás

Másodlagos

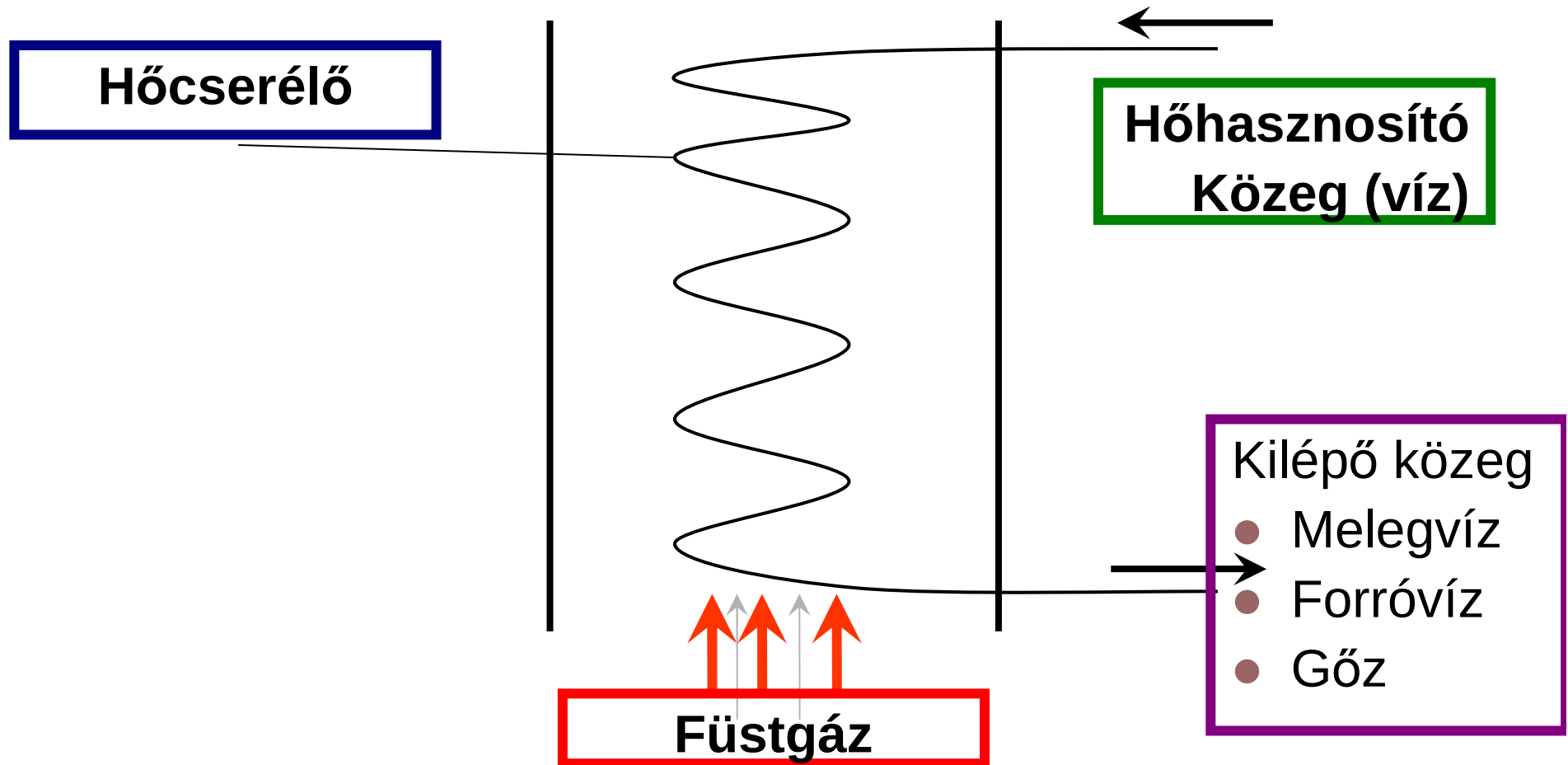
Hőcserélő

**Hőhasznosító
Közeg (víz)**

Kilépő közeg

- Melegvíz
- Forróvíz
- Gőz

Füstgáz



Szilárd égési maradékok kezelése

1. salak
2. pernye
3. korom

Salakeltávolítás

1. **Kemence végén nedves rendszerű salakhűtő**
2. A lehűtött salakot a salakbunkerban hordják és ott tárolják.

Salakhűtés

Átfolyó üzemmódban A hűtővíz elpárologtatott részét folyamatosan pótolják hideg vízzel.

Vízigénye: 3,5 – 6 m³/t salak, az elhasznált víz közcsonnába kerül.

Elpárologtató üzemmódban: A hűtés során a teljes hűtővízmennyiség elpárolog

Vízigénye: 0,3 – 0,4 m³

Hátránya: kivitelezése nehézkes (pl. salak keverés)

Előnye: kisebb a salak (lehűlt) víztartalma

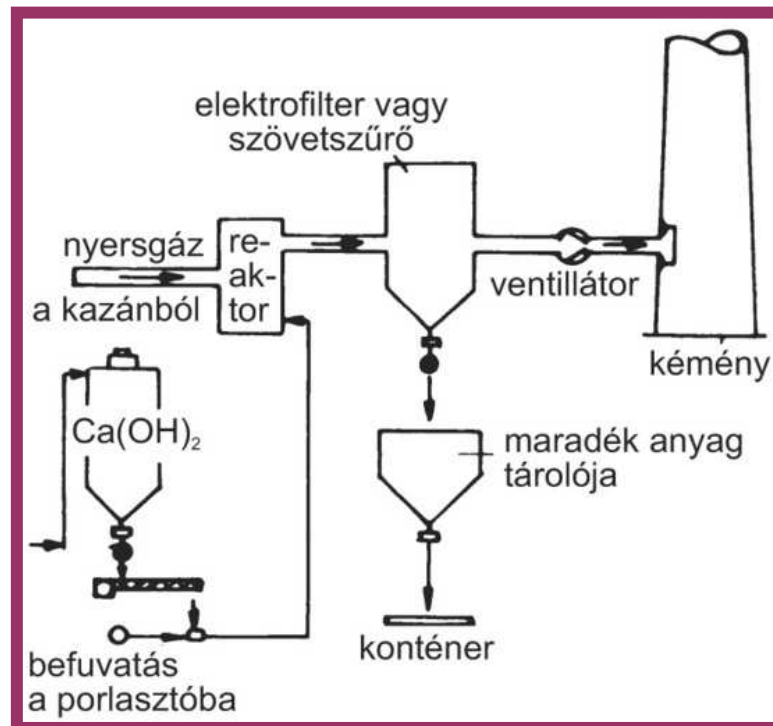
Füstgáztisztítás I.

Tisztítás közvetlenül a kémény előtt.

Tisztítási rendszerek

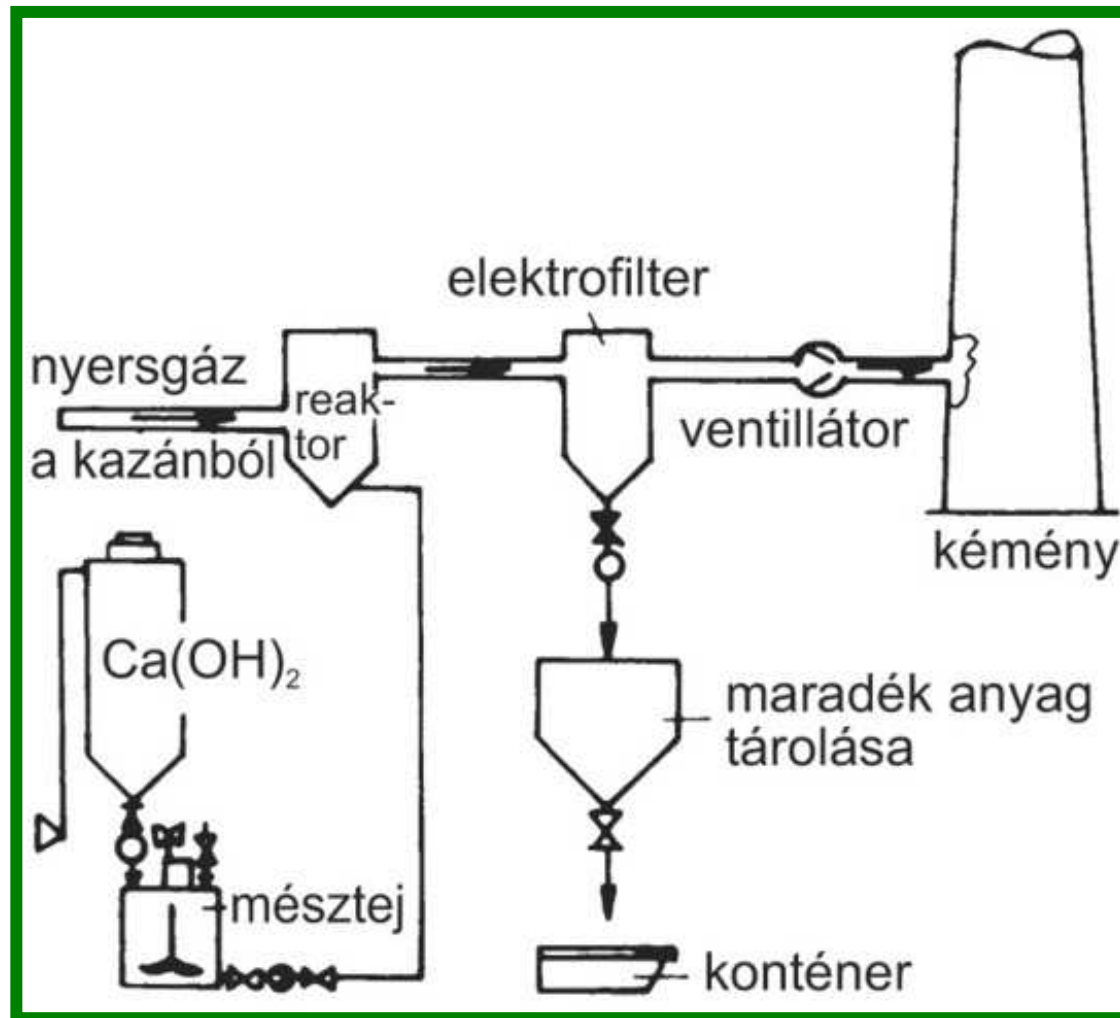
1. száraz szorpciós eljárás, 2. félszáraz tisztítási eljárás, 3. nedves tisztítási eljárás

1. Száraz szorpciós eljárás folyamata



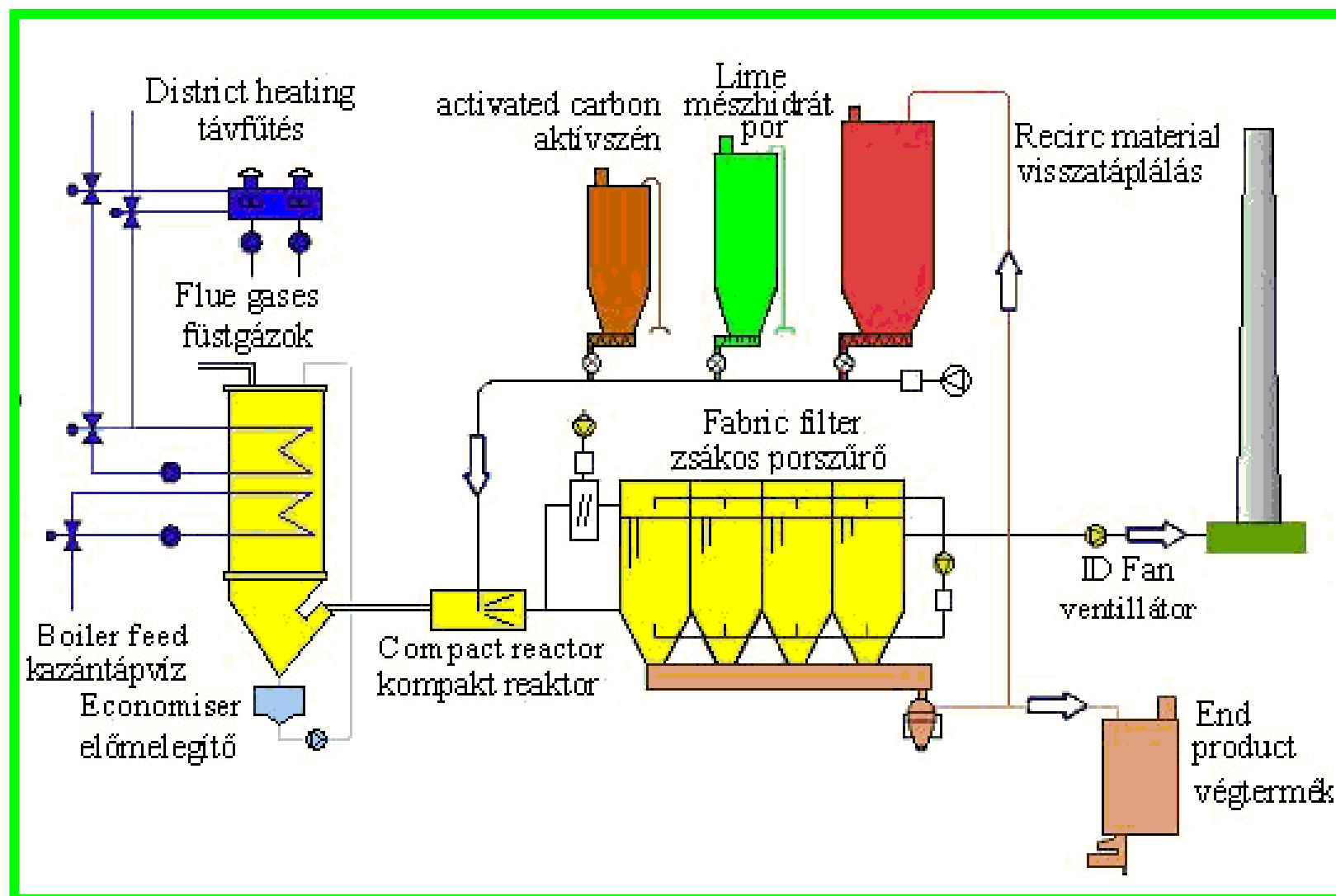
Füstgáztisztítás II.

Félszáraz füstgáztisztítás folyamata



Füstgáztisztítás III.

Füstgáztisztítás mészhidrát és aktív szénpor adagolással



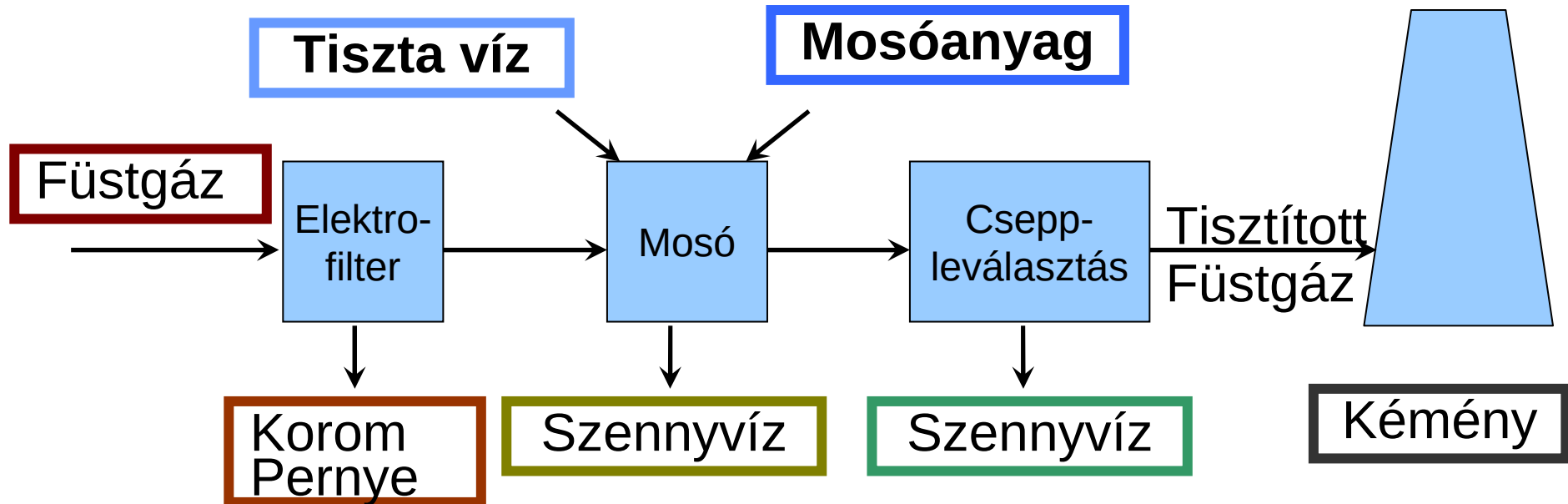
Füstgáztisztítás IV.

Nedves rendszerű füstgáztisztítás

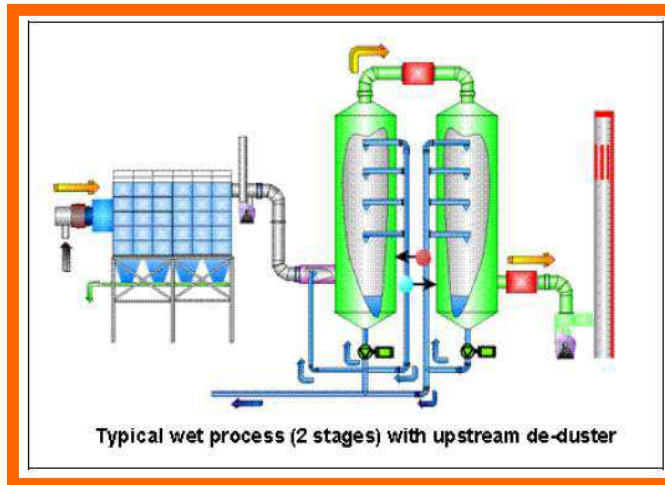
Történhet:

- szennyvízkezeléssel
- szennyvízkezelés nélkül
- Központi egysége: mosó

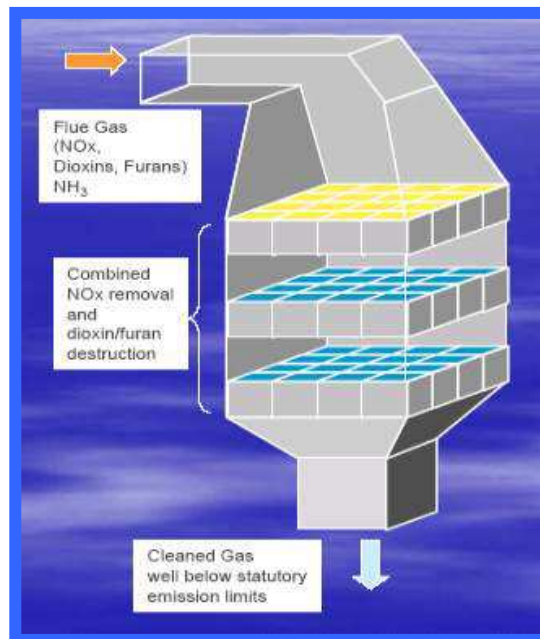
Lépései és berendezései



Füstgáztisztítás V.



Nedves rendszerű
füstgáztisztítás



Szelektív katalitikus reaktor

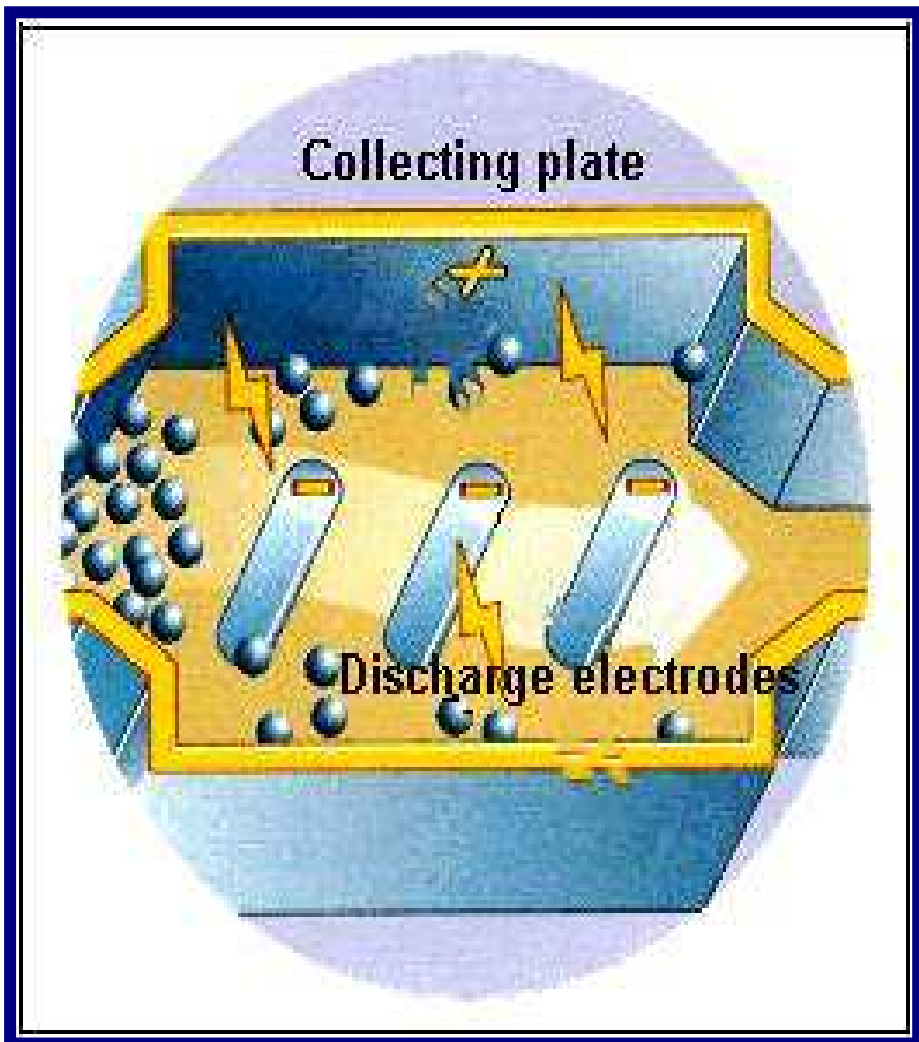
- A hulladékégetők füstgázaiban található NO_x és PCDD/F vegyületek elbonthatók
- $4\text{NO} + 4\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
 $6\text{NO}_2 + 8\text{NH}_3 \rightarrow 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$
- Katalizátor V₂O₅-WO₃/TiO₂
- Hőmérséklet: 170-300 °C

Füstgáztisztítás VI.

Elektrosztatikus porleválasztó

Jellemzői:

- **Nagy feszültségű** elektromos mező hatására a **töltéssel ellátott szemcsék leválnak** az elektródokon
- Jellemző üzemi hőmérséklet: **160-200 °C.**



Füstgáztisztítás VI.

Zsákos porszűrő

Jellemzői:

- Általánosan **használt** a **hulladékégetők emissziójának csökkentésére**
- A *szűrőzsákok anyaga fontos* a jó szűrés, tisztíthatóság és **élettartam szempontjából.**
- A **PTFE tartószövet-PTFE membrán** gyakran alkalmazott anyag



Hulladékok alternatív tüzelőanyagok előállítására

1. Használt gumiabroncsok, Fáradt olaj, Szennyvíziszap (kis fémtartalommal)
2. Gumihulladék, **Fahulladék, Műanyagok, papírhulladék**
3. **Állateledel, Papíriszap**, Oldószerhulladék (kis halogén-tartalommal)

A hő-bontás (pirolízis) alkalmazása

A szerves anyagú hulladékok hő hatására, oxigénszegény vagy oxigénmentes közegben szabályozott körülmények között bekövetkező kémiai lebontása.

Termékek:

- pirolízis-gáz
- folyékony termék (olaj, kátrány, szerves savakat tartalmazó bomlási víz)
- szilárd végtermék (pirolízis-koks) keletkeznek.

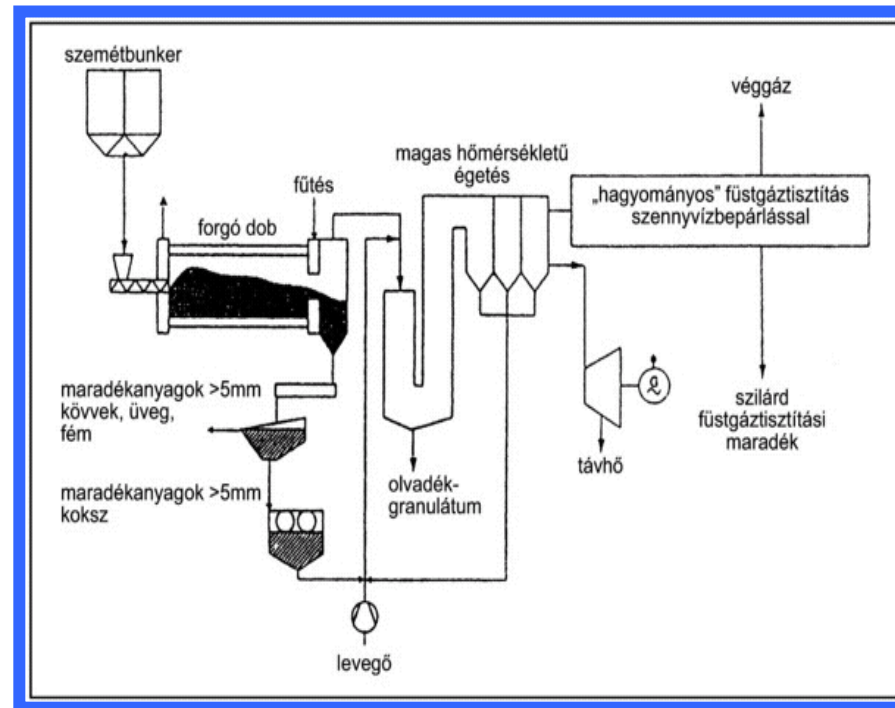
A hulladék hő-bontására használatos reaktortípusok

1. Vertikális vagy aknás reaktorok, 2. Horizontális fix reaktorok,
3. Forgódobos reaktorok, 4. Fluidizációs reaktorok.

Az elgázosítási eljárások

1. Siemens-eljárás, 2. Lurgi-eljárás, 3. Noell-eljárás, 4. Thermoselect-eljárás

1. A Siemens-eljárás

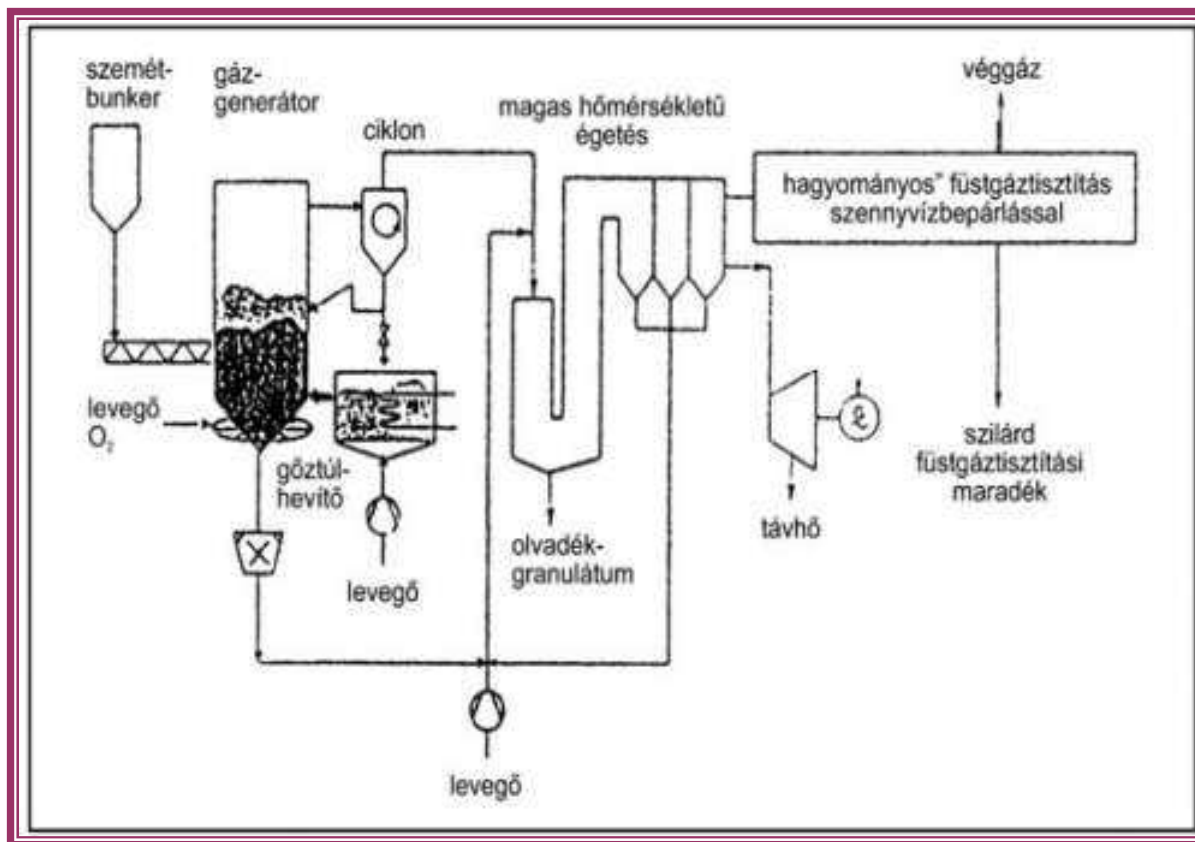


- A hulladékot **forgó kemencében 450–500 °C hőmérsékleten pirolizálják**,
- A pirolízis gázokat **nagyhőmérsékletű (1300 °C) égetőkamrába** vezetik.
- A szilárd pirolízis maradékot **rostálják, a fémeket leválasztják**.
- .A Siemens-eljárással 100 ezer t/év kapacitású létesítmény épül Fürth-ben

HŐBONTÁS V.

Az elgázosítási eljárások

2. A Lurgi-eljárás

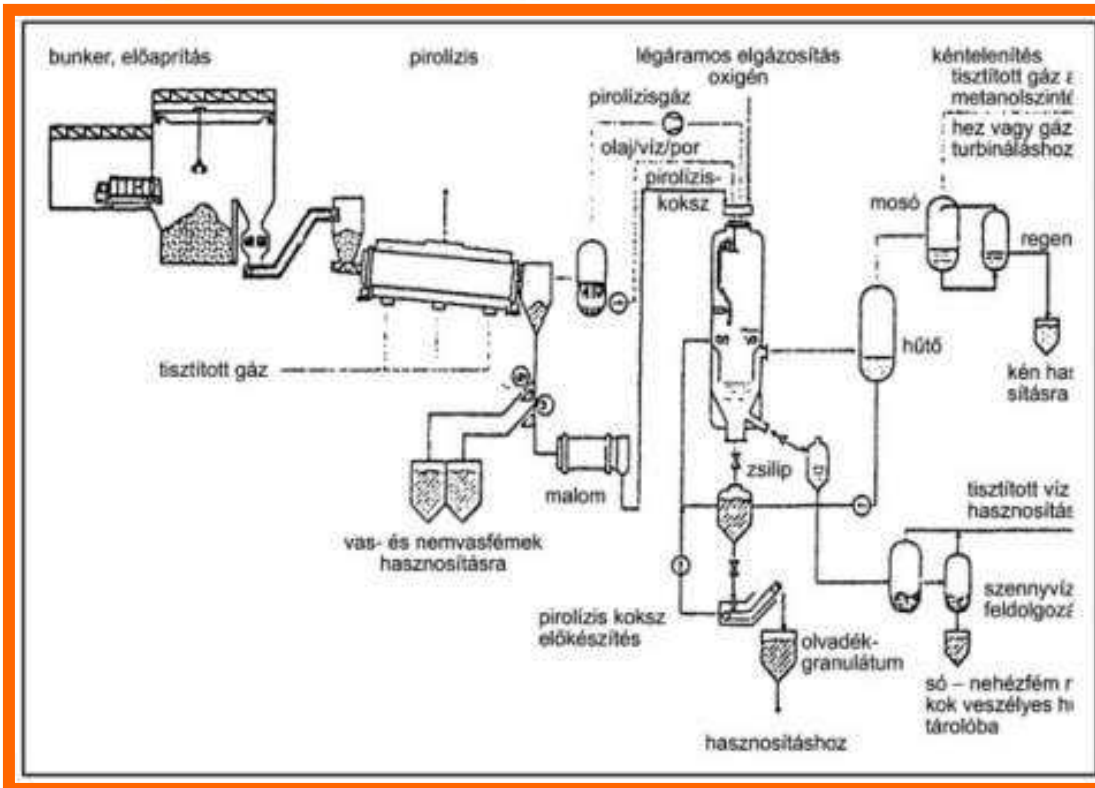


- A hulladékot cirkuláló fluid-ágyas kemencében elgázosítják.
- véggáz tisztítása a Siemens eljáráshoz hasonló
- A Lurgi-eljárással **100 ezer t/év kapacitású létesítmény** Flensburg-ban

HŐBONTÁS VI.

Az elgázosítási eljárások

A Noell-féle konverziós eljárás

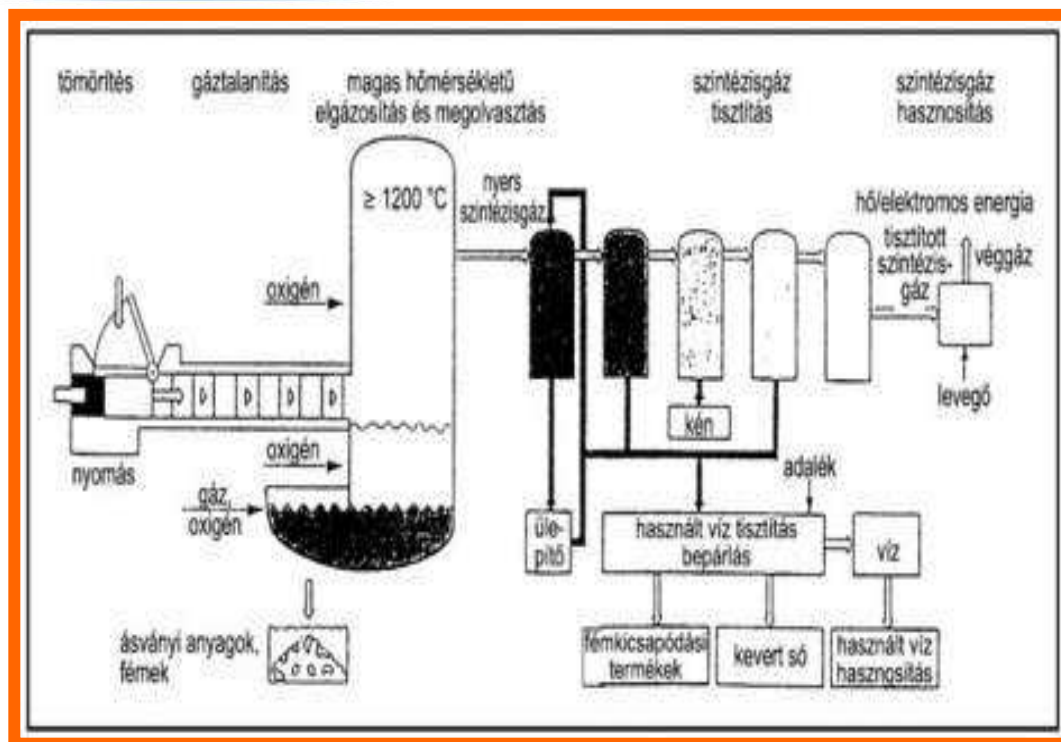


- A pirolízis gázokat hűtik, a **kondenzálható szénhidrogéneket leválasztják**.
- A gázokat hűtik, tisztítják
- A **gáztisztításból különböző célra hasznosítható** tisztított gázt nyernek.
- Noell-eljárással 100 ezer t/év kapacitású létesítmény Northheim-ben,

HŐBONTÁS VII.

Az elgázosítási eljárások

A Thermoselect-eljárás



- A **nagyhőmérsékletű elgázosítás** során az összes szerves anyag elbomlik,
- A gáz tisztítása a **szokásos módon, több fokozatban** történik.
- A **tisztított gáz** **hasznosítható**
- Thermoselect-eljárással **108 ezer t/év kapacitással Ausbach-ban** és **225 ezer t/év kapacitással Karlsruhe-ban** kerül megvalósításra.

A hulladékégetés helye a hulladékgazdálkodásban

- Azokban az országokban ahol a **szelektív gyűjtés jól szervezett a hulladékégetés is jelentős helyet kap a hulladékkezelésben.**
- A *korszerű technika alkalmazásával, gondosan üzemeltetett hulladékégetők* **minimális** terhelést jelentenek a környezetre.
- A hulladékégetésnél az **energia hasznosítás a fontos tényező a technológia értékelésénél.**
- A hulladékégetést csak akkor **szabad alkalmazni ha használata összességében kedvezőbb** mint az egyéb hulladék kezelési eljárásoknak.

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

SZÉCHENYI



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE