

# Termički tretman otpada

## Spaljivanje (insineracija) otpada



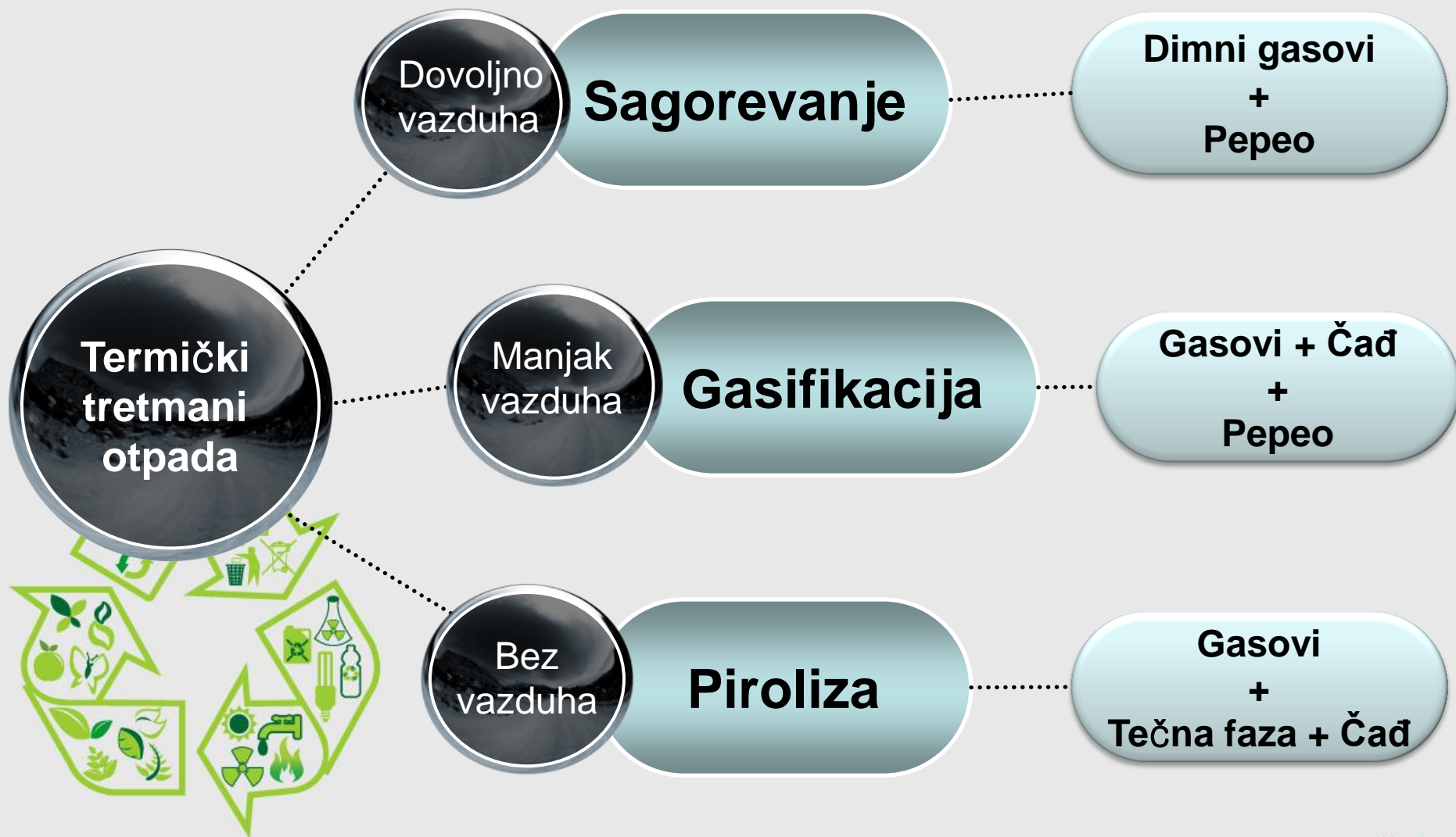
# Termički tretman otpada

Pod **termičkim tretmanom čvrstog otpada** podrazumeva se pretvaranje čvrstog otpada u gasovite, tečne ili čvrste produkte uz istovremeno ili naknadno oslobađanje toplote.

Termički tretmani otpada mogu se podeliti na osnovu količine vazduha koja učestvuje u reakcijama pri termičkom tretmanu.



# Vrste termičkih tretmana otpada



# Sagorevanje otpada

**Sagorevanje** je proces u kome dolazi do vezivanja gorivih elemenata iz otpada sa oksidatorima kroz niz različitih hemijskih reakcija.

## ➤ Stehiometrijsko sagorevanje

Pošto su poznate atomske mase ovih elemenata, a takođe i procenat kiseonika u vazduhu, može se izračunati količina vazduha potrebna za stehiometrijsko sagorevanje jedinične mase ugljenika, vodonika i sumpora, ukoliko je poznat sadržaj ovih elemenata u otpadu.

## ➤ Sagorevanje sa viškom vazduha

Zbog variranja sastava otpada, nemoguće je stehiometrijsko sagorevanje, već se sagorevanje otpada vrši uz višak vazduha.



# Gasifikacija

Termički tretman otpada pri kome otpad nepotpuno sagoreva u prisustvu kiseonika čija je količina manja od količine potrebne za stehiometrijsko sagorevanje.

Gasifikacija se vrši uz **čist kiseonik, vazduh ili paru**.

Produkti sagorevanja su **gorivi gas, čađ i pepeo**. Gorivi gas se sastoji iz  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  i  $\text{CH}_4$ , a kada se vrši gasifikacija vazduhom javlja se i azot.

Temperature u procesu gasifikacije su više nego prilikom pirolize i kreću se od  $800 - 1100\text{ }^\circ\text{C}$  pri gasifikaciji vazduhom i do  $1000 - 1400\text{ }^\circ\text{C}$  pri gasifikaciji kiseonikom.

Reakcije gasifikacije su egzotermne, osim prilikom gasifikacije parom, kada su u pitanju endotermne reakcije.





# Insineracija otpada



# Insineracija

**Insineracija** je proces kontrolisanog sagorevanja čvrstog, tečnog ili gasovitog otpada. Kontrolisani uslovi podrazumevaju zonu obogaćenu kiseonikom za sagorevanje pod povišenim temperaturama, korišćenje pomoćnog goriva, energično ubacivanje otpada i korišćenje prinudnog strujanja vazduha.

Osnovna svrha insineracije je smanjenje zapremine otpada. Realno smanjenje zapremine otpada u inseneratorima iznosi 50 – 60%. Moguće je smanjenje zapremine otpada od 95 – 99% kada su u pitanju gorivi sastojci otpada, kao što su papir, plastika, ostaci hrane i ostaci iz dvorišta. Praktično, nakon sagorevanja komunalnog čvrstog otpada i kompaktiranja ostataka, otpad zauzima 25% svoje prvobitne zapremine.

Sekundarna svrha insineracije je iskorišćenje energije iz otpada.

# Ostaci nakon insineracije

Obzirom na potpuno nehomogen sastav otpada, ostaci nakon insineracije su različiti i zahtevaju dodatno procesiranje:

- kiseli gasovi ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{HCl}$ )
- gasovi u tragovima koji su opasni i u malim koncentracijama (dioksini i furani i teški metali)
- leteći pepeo
- ostaci u insineratoru (pepeo)
- otpadna voda.



# Elementi sistema za insineraciju otpada

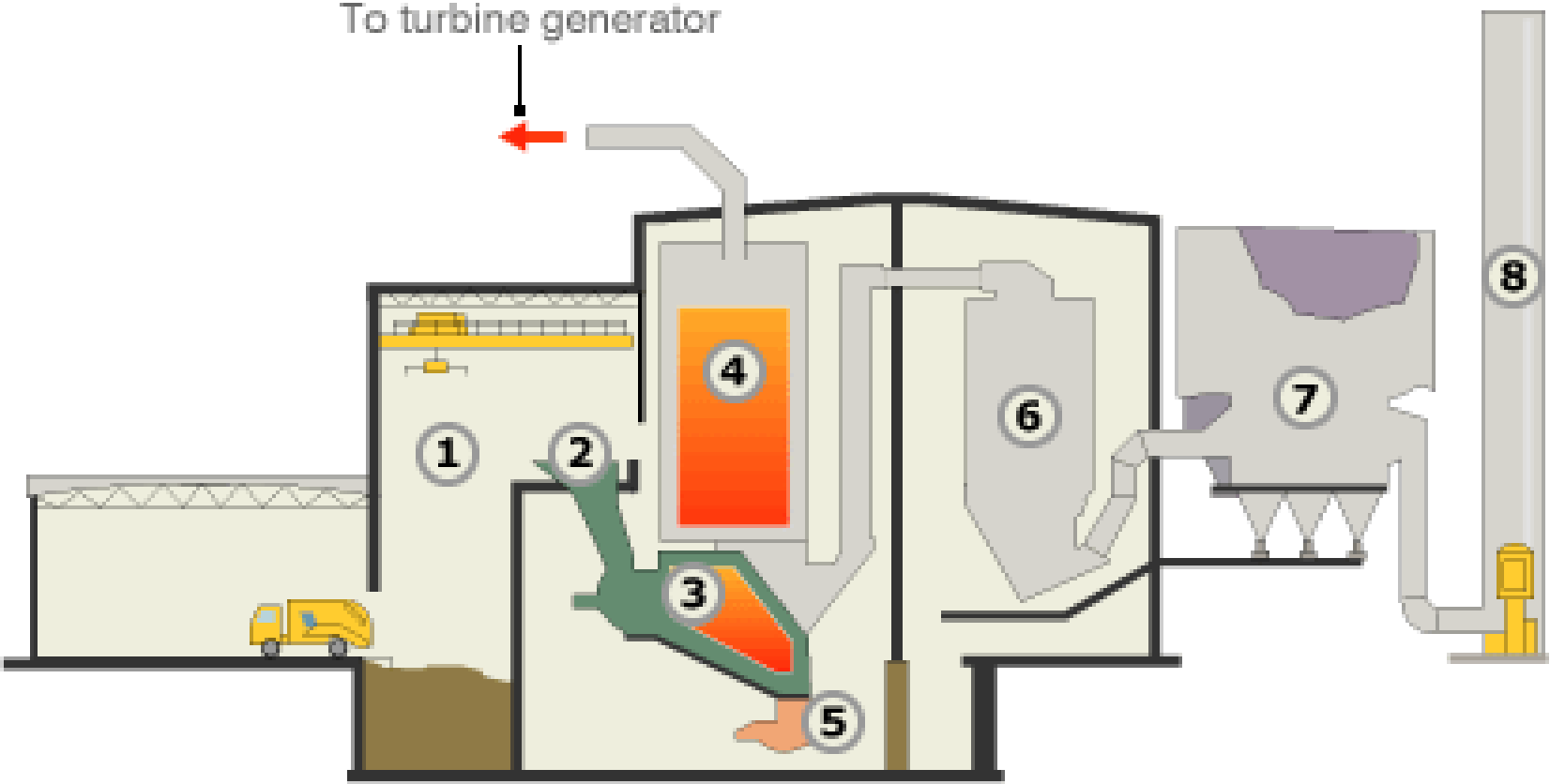
Osnovni elementi sistema za insineraciju otpada, bez obzira na tip i konstrukciju, su:

1. prostor za istovar otpada,
2. prostor za skladištenje,
3. oprema za punjenje insineratora,
4. komora za sagorevanje (ložište),
5. sistem za korišćenje toplotne energije,
6. sistem za ukljanjanje pepela,
7. sistem za kontrolu emisije gasova,

8. dimnjak.



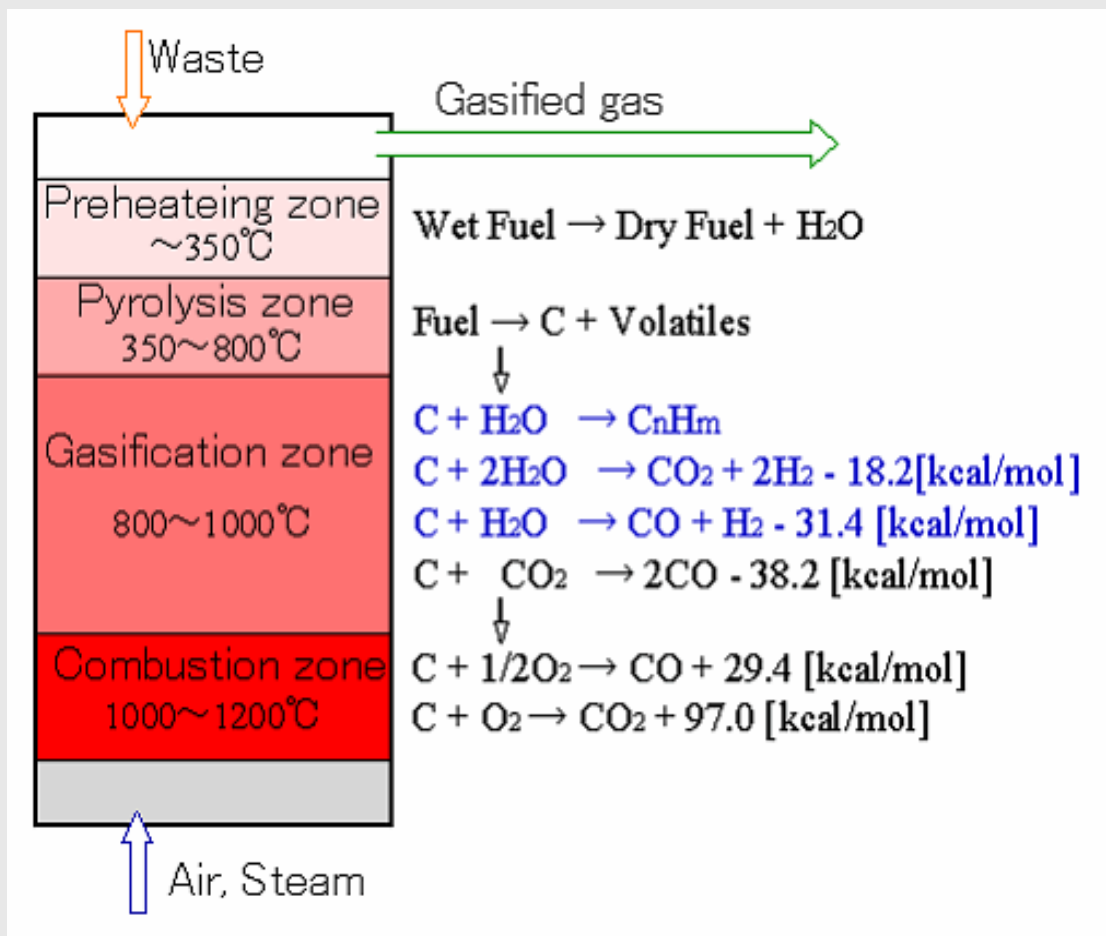
# Elementi sistema za insineraciju otpada





# Faze procesa prilikom insineracije

1. sušenje (isparavanje vlage)
2. isparavanje volatila
3. sagorevanje volatila
4. sagorevanje čvrstog ugljeničnog ostataka



# Faze procesa prilikom insineracije

Kada se otpad nađe u vrućem ložištu, sušenje se vrši na temperaturama od 50 – 100 °C. Nakon sušenja, dešava se raspadanje pod dejstvom toplote i piroliza organskih materijala kao što su papir, plastika, ostaci hrane, tekstil itd i tom prilikom se stvaraju vilatili, gorivi gasovi i isparenja.

Oslobađanje volatila događa se na temperaturama od 200 do 750 °C, a intenzivnije oslobađanje između 425 i 550 °C. Potpuno sagorevanje volatila zahteva izuzetno visoke temperature, dovoljno vreme u ložištu i dodatni vazduh koji osigurava dobro mešanje. Potrebno je da gasovi koji se oslobode u insineratorima budu zagrejani do 850 °C za 2 s kako bi se postiglo potpuno sagorevanje ugljovodonika.

Nakon sušenja i sagorevanja volatila, ostaci se sastoje od ugljenične čađi i inertnih materijala. Vreme potrebno za potpuno sagorevanje vezanog ugljenika je od 30 do 60 min.

# Vrste insineratora

U zavisnosti od konstrukcije, principa rada i vrste otpada koji sagoreva, postoji nekoliko vrsta insineratora:

- massburn insinerator – insinerator za spaljivanje minimalno procesiranog otpada
- RDF (Refuse-derived fuel) insinerator – insinerator za spaljivanje procesiranog otpada
- insinerator sa fluidizovanim slojem

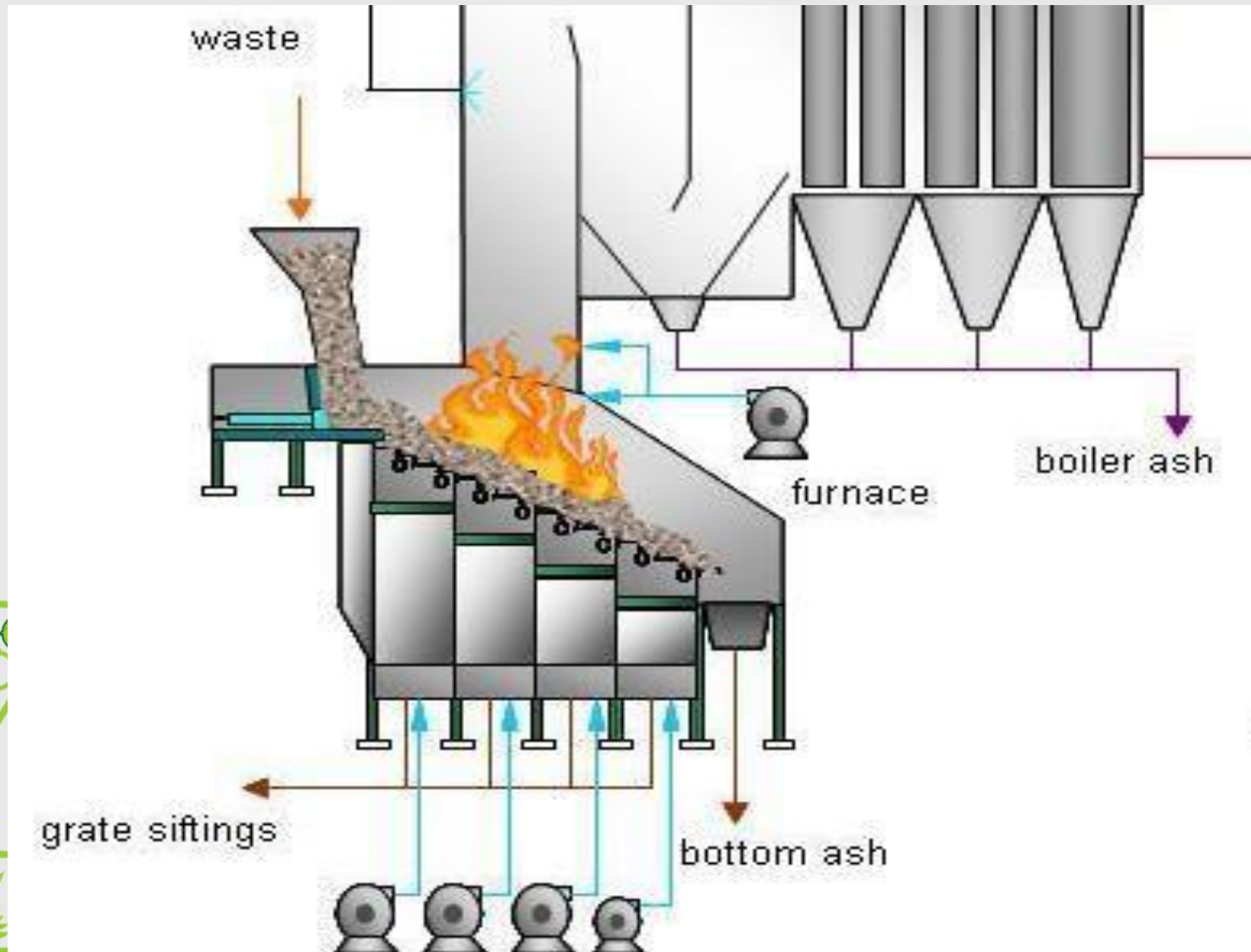


# Massburn insinerator

Massburn insineratori služe za sagorevanje nerazvrstanog (mešovito) otpada. Otpad se direktno sa mesta generisanja dovozi do prostora za istovar. Prostor za skladištenje mora biti dovoljno veliki da obezbedi nesmetan 24-oro časovni ili 7-dnevni rad insineratora. Otpad se iz prostora za skladištenje kranom transportuje do komore za sagorevanje, gde se sa visine pusti da slobodno pada na rešetke u ložištu.



# Massburn insinerator

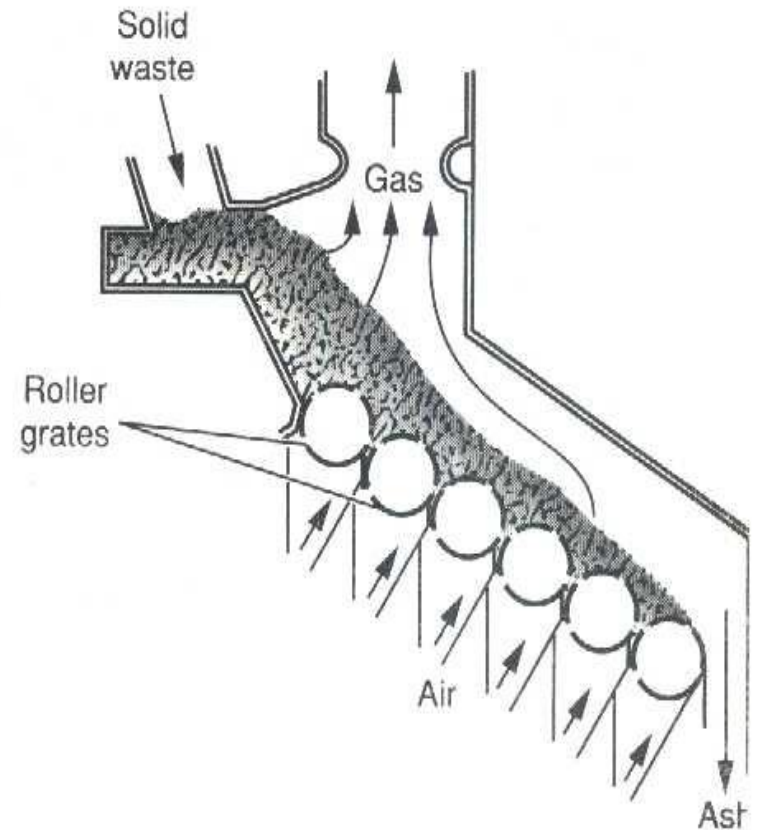
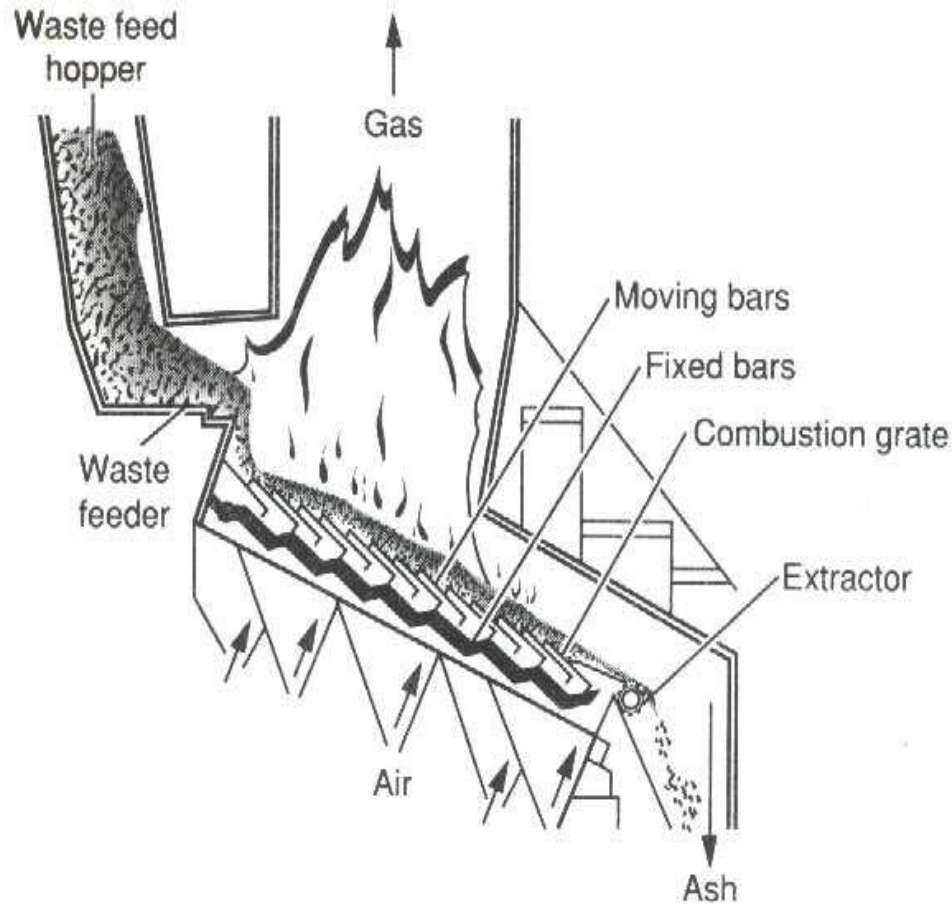


# Massburn insinerator

Otpad se prenosi kroz komoru za sagorevanje pomoću sistema rešetaka za rastresanje. Postoji nekoliko vrsta ovakvih rešetaka koje imaju zadatak transporta otpada kroz komoru, rastresanje otpada i propuštanje vazduha potrebnog za sagorevanje. Vibriranjem i prevrtanjem se otpad rastresa radi potpunijeg sagorevanja. Na rešetkama postoje otvori koji omogućavaju pepelu da pada na dno. Ostali nesagoreli ostaci se sistemom rešetaka prenose do dna ložišta i mešaju sa pepelom koji je ispao kroz rešetke.

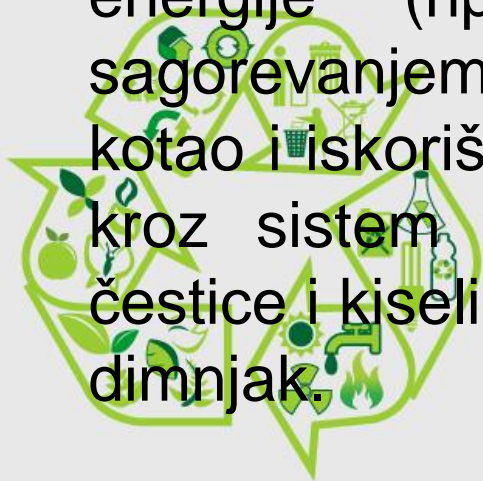


# Vrste rešetaka kod massburn insineratora



Tokom rastresanja otpad se meša sa vazduhom koji se uduvava kroz rešetke. Ovaj vazduh pomaže potpunije sagorevanje i sitne čestice podiže sa rešetaka. Deo vazduha se usmerava ispod rešetaka (40 do 60% od celokupne količine vazduha) i on služi za sagorevanje i za hlađenje rešetaka. Ako je protok vazduha ispod rešetaka mali, raste temperatura na rešetkama što izaziva topljenje pepela i zapušivanje rešetaka i na taj način se rešetke oštećuju, a sagorevanje nije optimalno.

Ukoliko insinerator ima sistem za korišćenje toplotne energije (npr. parni kotao) gasovi koji nastaju sagorevanjem se dovode do njega. Nakon prolaska kroz kotao i iskorišćenja toplotne energije, dimni gasovi prolaze kroz sistem za prečišćavanje gde se uklanjaju čvrste čestice i kiseli gasovi i prečišćen ispuštaju u atmosferu kroz dimnjak.



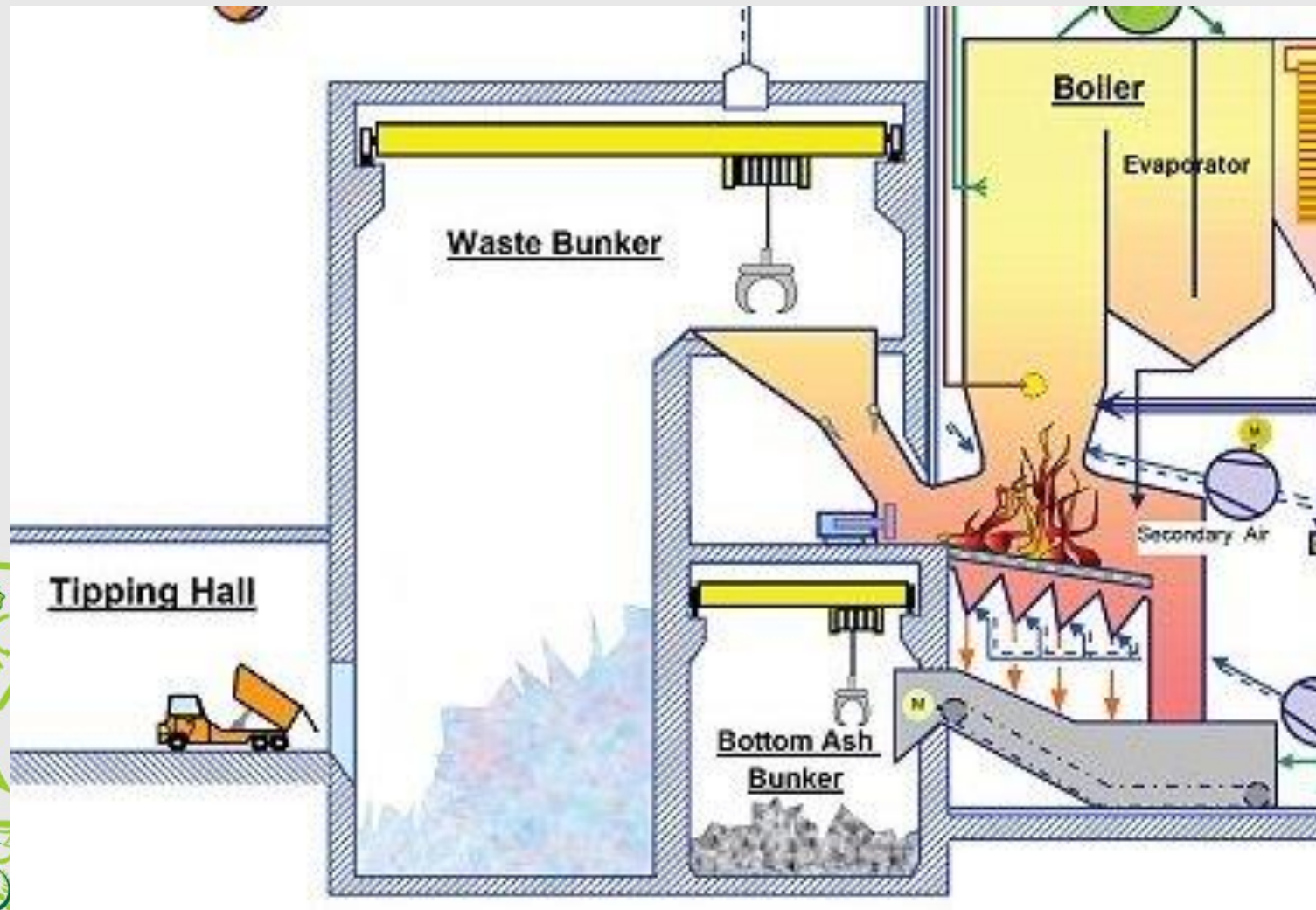
# RDF insinerator

U massburn insineratorima ne vrši se prethodno odvajanje otpada, već se otpad direktno nakon sakupljanja dovozi do insineratora.

U slučaju RGF insineratora, radi dobijanja kvalitetnijeg i homogenijeg goriva, otpad se prethodno razvrstava, odnosno izdvajaju se negorivi sastojci: metalni delovi, staklo, kamenje, zemlja, a zatim se tako razvrstan i oslobođen negorivih sastojaka, otpad ubacuje u komoru za sagorevanje. U nekim slučajevima otpad se nakon razvrstavanja sabija radi dobijanje peleta ili briketa, a u nekim se otpad meša sa ugljem pre ubacivanja u ložište.

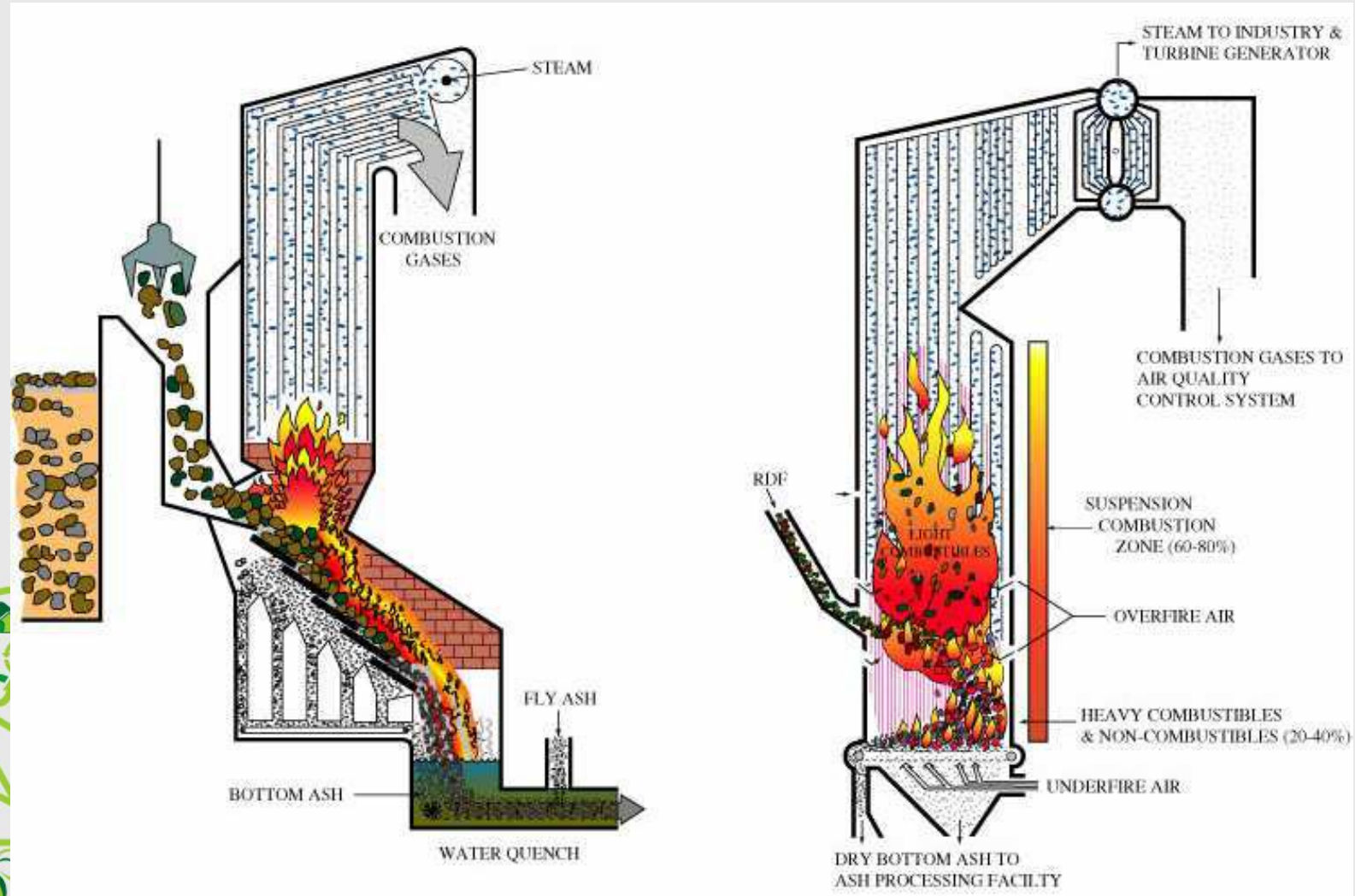


# RDF insinerator





# Ložišta kod massburn i RDF insineratora



Massburn insinerator

RDFinsinerator

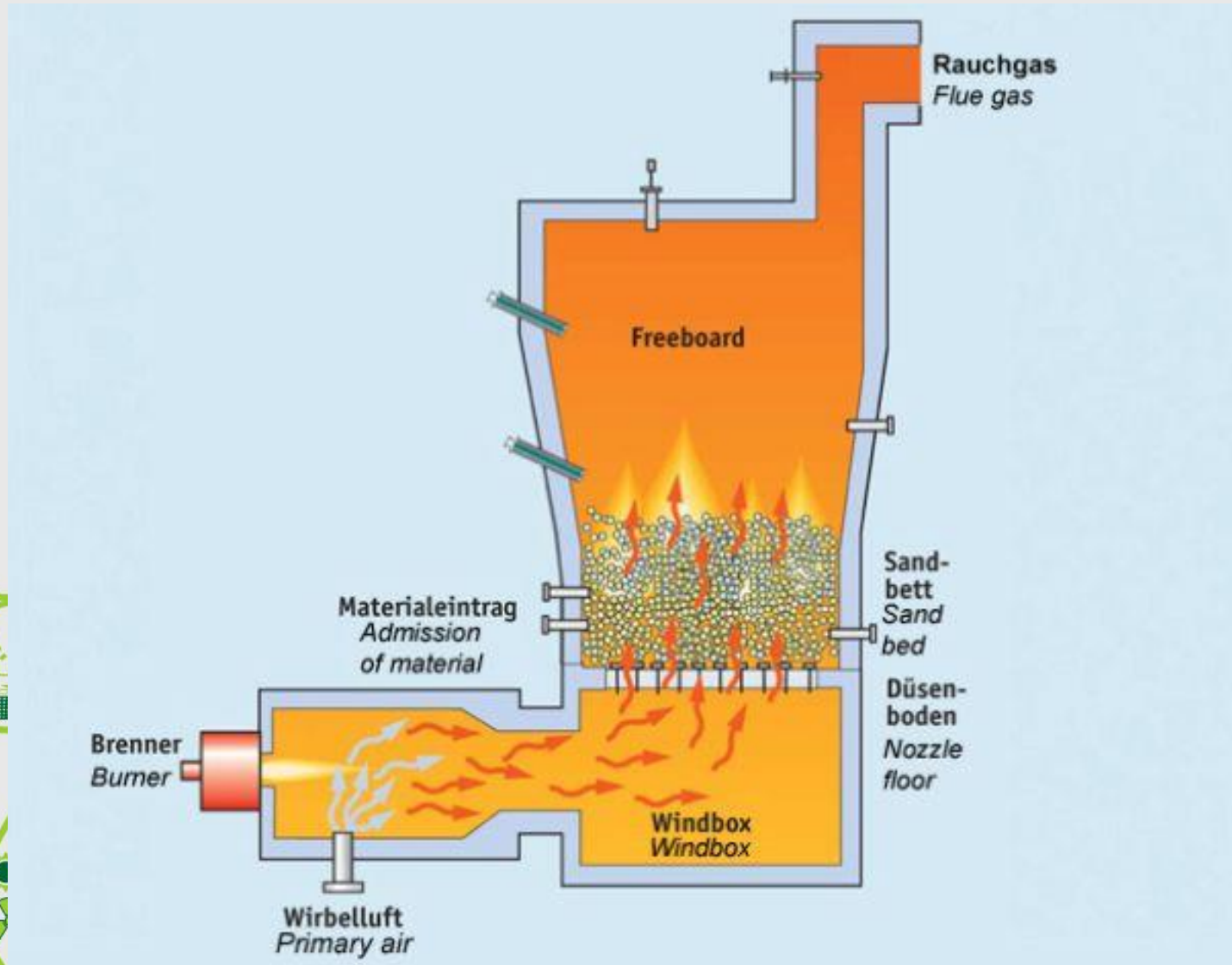
# Insinerator sa fluidizovanim slojem

Insineratori sa fluidizovanim slojem se koriste za sagorevanje različitih vrsta otpada: komunalnog čvrstog otpada, kanalizacionog mulja, opasnog otpada, tečnih i gasovitih otpada i otpada različitih osobina pri sagorevanju.

Fluidizovani sloj se sastoji od peska ili krečnjaka koji se nalazi u vertikalnoj komori u koju se sa dna ubacuje vazduh. Sloj peska se greje prethodno zagrejanim vazduhom, gasom ili grejačima, kako bi se otpad koji se ubacuje zapalio i efikasno sagoreo. Kada se vazduh ubaci u sloj peska ili krečnjaka, sloj se fluidizuje i povećava svoju zapreminu dva puta.

Fluidizovani sloj može biti sa mehurima, turbulentni ili cirkulacioni, u zavisnosti od brzine vazduha koji se kreće kroz sloj koji se fluidizuje.

# Insinerator sa fluidizovanim slojem



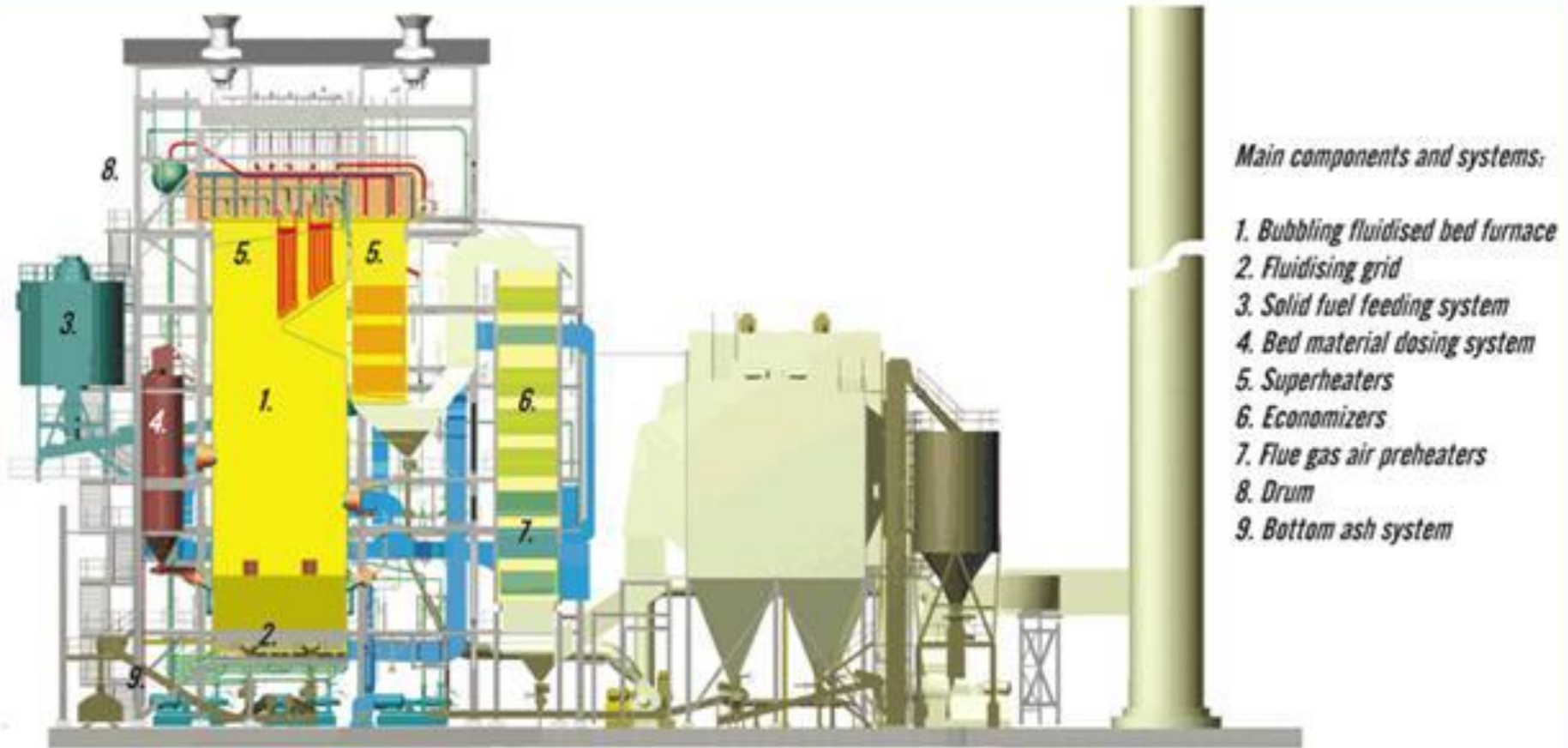
# Insinerator sa fluidizovanim slojem

Fluidizovani sloj obezbeđuje dobro mešanje otpada, naglo zagrevanje do temperature paljenja i dovoljno vreme boravka otpada u ložištu u cilju potpunog sagorevanja. U fluidizovanom sloju se odvija sušenje, isparavanje volatila, paljenje i sagorevanje.

Sporedna funkcija fluidizovanog sloja je ravnomerno zagrevanje vazduha, dobar prenos toplote, smanjenje emisije gasova kontrolom temperature sagorevanja u pojedinim zonama ložišta.



# Insinerator sa fluidizovanim slojem



# Insineracija opasnog otpada



# Insineracija opasnog otpada

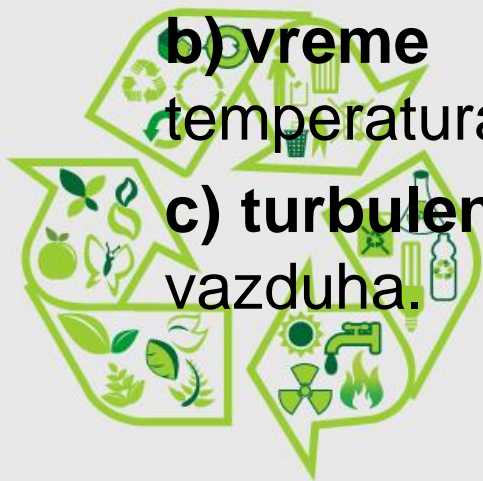
Insineracija opasnog otpada je jedan od najefikasnijih metoda eliminisanja opasnih komponenti iz otpada. Da bi insineracija bila uspešna, neophodno je da sagorevanje bude potpuno.

Potpuno sagorevanje u insineratoru obezbeđuju tri parametra:

**a) temperatura** u ložištu,

**b) vreme tretiranja otpada** u ložištu na visokim temperaturama i

**c) turbulencija**, odnosno stepen mešanja otpada i vazduha.



# Insineracija opasnog otpada

Najveća količina opasnog otpada je u tečnom stanju, kao ugljovodonici ili vodene mešavine. Agregatno stanje otpada i sastav čvrstog ostatka određuju tip ložišta za insineraciju. Tečni otpad često sadrži visok procenat negorivih komponenata uključujući vodu, pa je često potrebno dodatno gorivo.

Insineracija opasnog otpada najčešće se vrši u sledećim vrstama insineratora:

- insineratori sa ložištem sa ubrizgavanjem tečnosti i
- insineratori sa rotacionom peći.



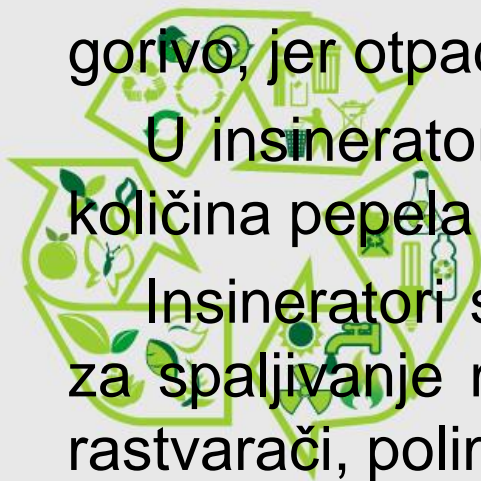
# Insineratori sa ložištem sa ubrizgavanjem tečnosti

Insineratori sa ložištem sa ubrizgavanjem tečnosti se često koriste za tretman tečnog opasnog otpada. Sagorevanje otpada se vrši na temperaturama 700 °C do 1650 °C, a vreme zadržavanja otpada u ložištu je 0,5 do 2 s.

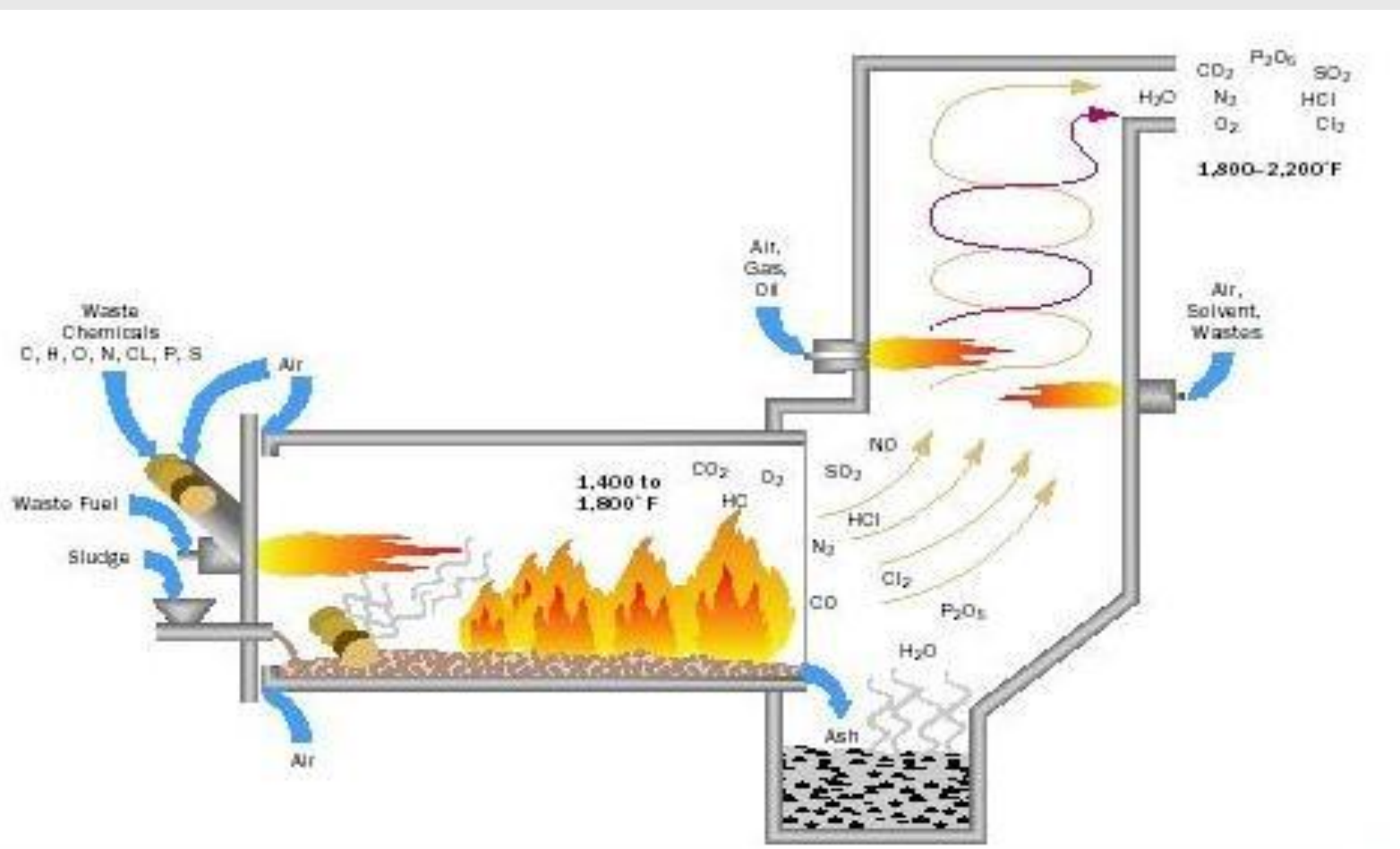
To je sistem ložišta koji rade na visokim temperaturama i koji su opremljeni serijom mlaznica. Tečni otpad sagoreva mnogo brže ukoliko je raspršen u fine kapljice. Ako otpad ima dovoljnu energetska vrednost (više od 13400 kJ/kg), ubrizgava se u ložište bez dodatka goriva. U suprotnom, potrebno je dodatno gorivo, jer otpad nije u stanju da održi plamen.

U insineratoru sa ubrizgavanjem tečnosti javlja se vrlo mala količina pepela u ložištu.

Insineratori sa ložištem sa ubrizgavanjem tečnosti koristi se za spaljivanje različitih vrsta tečnog otpada, kao što su fenoli, rastvarači, polimeri, herbicidi i pesticidi.



# Insineratori sa ložištem sa ubrizgavanjem tečnosti



# Insineratori sa rotacionom peći

Insineratori sa rotacionom peći se najčešće koriste za sagorevanje opasnog otpada koji je u obliku tečnosti, rasute materije ili komadića. Kada je opasan otpad u obliku tečnosti, on se upumpava u rotacionu peć preko mlaznica, a kada je u čvrstom stanju ubacuje se u peć posebnim sistemima, često tako da se odjednom ubacuje velika količina otpada u peć. Pošto je peć nagnuta pod uglom ka kraju, očekuje se da celokupna količina otpada sagori dok stigne do kraja peći.

Da bi se postigla željena temperatura u ložištu i da bi se ona održavala, potreban je izvor toplote, koji se obezbeđuje dodatnim gorivom (obično prirodni gas) koji se ubacuje kroz mlaznice.



# Insineratori sa rotacionom peći

Sagorevanje se vrši na temperaturama od 1090 °C do 1200 °C. Peć rotira brzinom koja se kreće od  $\frac{3}{4}$  do 4 °/min. Vreme zadržavanja otpada u peći je najmanje 30 min i zavisi od brzine okretanja i nagiba peći. Pošto temperatura u peći nije svuda jednaka, poželjno je duže zadržavanje otpada u peći.

