

Savukaasulaskut

Laskemalla saadaan palamisen aiheuttamat päästöt määritettyä melko tarkasti.

Savukaasujen komponenttien mittaaminen on kuitenkin tärkeää, koska

- laskemalla saadaan vain täydellisen palamisen aiheuttamat teoreettiset päästöt
- laskemalla ei saada todellisia typenoksidipäästöjä (riippuvat palamisolosuhteista)
- laskemalla ei saada hiukkaspäästöjä, jotka riippuvat monista tekijöistä palamisessa

Savukaasulaskuissa pyritään selvittämään

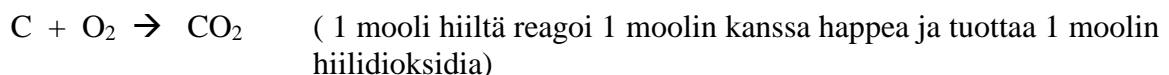
- 1) Hapen tarve tietyn polttoainemäärän palaessa täydellisesti
- 2) Ilman tarve hapen tarpeen perusteella
 - kuivan ilman ja kostean ilman tarve
- 3) Savukaasujen määrä ja koostumus
 - savukaasujen määrä
 - savukaasuihin joutuvien komponenttien pitoisuus ja kokonaismäärä palamistuotteiden, etenkin CO₂, H₂O, NO, SO₂ pitoisuudet savukaasuissa
 - pitoisuudet muunnetaan eli redusoidaan yleensä vaadittuun savukaasun tilaan vaadittu tila vaihtelee laitoksen koon ja maan mukaan
Suomessa:
polttolaitoksilla hapen määrä savukaasuissa nestemäisillä polttoaineilla 3 til-% ja kiinteillä polttoaineilla 6 til-%
pienpoltossa hapen määrä savukaasuissa 13 til-%

Savukaasulaskuissa on huomioitava

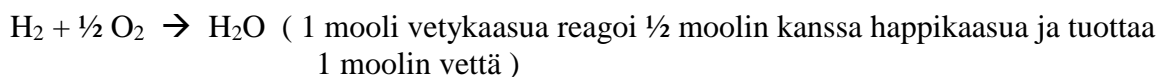
- polttoaineen komponentit ja niiden pitoisuus
- laskuissa käytetään kemiallisia reaktioita ja niiden kertoimien osoittamia ainemääriä
- ilman kosteus
 - ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden avulla määritetään
 - ilman absoluuttinen kosteus useimmiten veden höyrynpaineena tai mooleina
- paine ja lämpötila
 - vaikuttavat kaasujen tilavuuteen

Polttoaineen pääkomponenttien reaktiot palamisessa

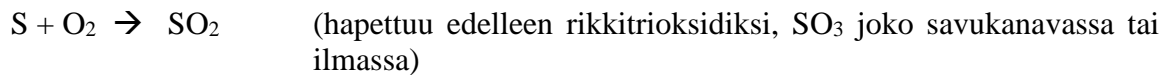
Hiili, reagoi täydellisessä palamisessa hapen kanssa muodostaen hiilidioksidia, CO₂, seuraavan reaktioyhtälön mukaisesti:



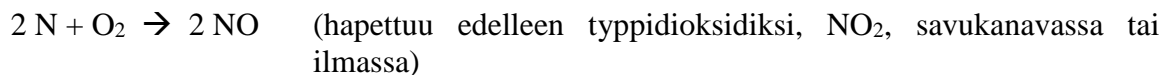
Vety reagoi täydellisessä palamisessa hapen kanssa muodostaen vettä, H₂O, seuraavan reaktioyhtälön mukaisesti:



Polttoaineen **rikin** katsotaan muuttuvan palamisessa lähes täydellisesti rikkidioksidiksi, SO₂. Hyvin pieni osuus reagoi rikkiatrioksidiksi, SO₃.

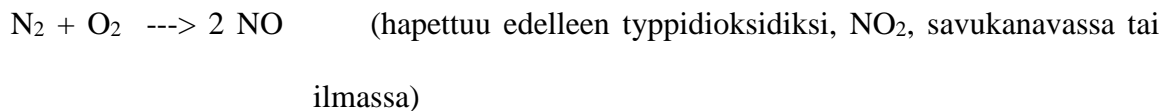


Polttoaineen typen reagointi riippuu siitä, minkälaisena yhdisteenä se on, ja minkälaiset palamisolosuhteet vallitsevat. Typpiyhdisteet hajoavat monimutkaisten reaktiosarjojen kautta. Osa polttoaineen tyyppistä muuttuu typpikaasuksi, N₂ ja muun typen voidaan ajatella reagoivan hapen kanssa alkuainetyyppinä. Laskuissa voi karkeana periaatteena pitää sitä, että **puolet polttoainetyypistä** reagoi hapen kanssa muodostaen typpimonoksidia, NO.



Palamisilman typen ei yksinkertaistetuissa tapauksissa katsota reagoivan, vaikka todellisuudessa se reagoi jossain määrin palamisolosuhteista riippuen.

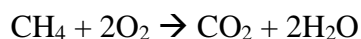
Teoreettinen palamisreaktio:



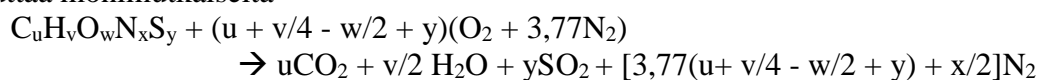
Muiden aineiden reaktioita ei yleensä huomioida savukaasulaskuissa. Se ei kuitenkaan tarkoita, etteikö esim. klooriyhdisteitä muodostuisi palamisessa.

Yhdistetty reaktioyhtälö

Jos palavan aineen koostumus on yksiselitteinen ja se voidaan kuvata kemiallisella kaavalla, kuten metaani (maakaasu lähes pelkkää metaania), sen palaminen voidaan kuvata yhdellä reaktioyhtälöllä:



Jos palavassa aineessa on monia alkuaineita, voidaan kirjoittaa seuraava yhdistelmäreaktio, joka vaikuttaa monimutkaiselta



Käytännössä helpointa on käyttää palavan aineen koostumusta prosenttiosuuksina ja laskea savukaasulaskut em. alkuainereaktioilla.

Redusointi vaadittuun happipitoisuuteen

Koska päästömittauksia tehdään useissa eri happipitoisuuksissa, viranomaiset vaativat tulosten ilmoittamisen tietyissä vertailukelpoisissa olosuhteissa.

$$c_{ref} = c_m \frac{20,95 - E_{ref}}{20,95 - E_m}$$

c_{ref}	muunnettu epäpuhtauspitoisuus normaalitilassa (mg/m ³)
c_m	savukaasun (mitattu tai laskettu) epäpuhtauspitoisuus (mg/m ³)
E_{ref}	muunnokseen käytettävä happipitoisuus (til-%)
E_m	savukaasun happipitoisuus (til-%)

Kostean palamisilman sisältämän veden ainemäärän (mooleina) laskeminen

$$n_{H_2O} = n_{ik} \frac{p_h}{p_{tot} - p_h}$$

n_{H_2O}	veden määrä palamisilmassa (mol)
n_{ik}	kuivan palamisilman määrä (mol)
p_h	kostean ilman sisältämän vesihöyryn osapaine
p_{tot}	ilmanpaine

$p_h = \varphi p_h'$ p_h saadaan kertomalla kylläisen vesihöyryn paine (p_h') vallitsevassa lämpötilassa (taulukosta) ilmankosteudella (φ)