

Kraftværksteknik

Fyring på kraftværker

(s. 159 – 185) (overheads: Blad 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91)

- Kullenes sammensætning
- Fyringsformer med kul og de tilhørende anlæg
- Kulstøvsfyringsanlæg – forbrænding, V_p , V_m , finhed, V_t , lufttilførsel og kulmøller
- Dannelsen af NO_x og reduktionsmulighederne ved forbrænding

Kullenes sammensætning

Kulspecifikationer

	Antracitkul	Gaskul	Brunkul
alder	←—————→		
gas	2-9%		60-70%
h_i	33000		18000
	mager		fed
K_1°	2		15-20%

Kul hentes op fra jorden forskellige steder i verden. De opdeles groft efter alder.

Skitsen angiver nogle egenskaber omkring kullene. Da kul reagerer forskelligt alt efter type og oprindelse under forbrænding er det nødvendigt at kende nogle egenskaber omkring dem. De undersøges i en analyse.

Udtagning af analysemateriale:

Generelt transporteres kul i skib fra de store kullande, og lagres på kulpladserne.

Det vigtigste ved udtagelse af kulprøver, er at sikre, at de er repræsentative. Det gøres lettest fra læsebånd, eller anden transport eller omladning.

Alt efter mængde og udtagelsessted udtages et antal prøver, jvf. ISO (og danske elværker). Prøven skal opbevares under tætsluttende låg.

Prøven skal neddeles, hvilket kan gøres ved hjælp af en maskine eller ved skovlemetoden.

Det vigtige er altså at udtage en prøve på nogle få kg som er repræsentativ for et parti på måske flere tusinde tons kul.

Brændværdi

- Et udtryk for kullenes værdi som brændsel.
- Dimensionerende for hele anlægget, idet lavere brændværdi giver:
 - Mere kul \Rightarrow større transportudgifter \Rightarrow mere slitage \Rightarrow flere belægnings \Rightarrow mere korrosion/erosion \Rightarrow flyveaske og slagge \Rightarrow miljøproblemer.
 - Desuden skal alle komponenter være større for samme effekt.
- Afhænger af sammensætningen.
 - Øger:
 - H- og C-forbindelser.
 - Gasser som CH_4 og andre flygtige CH-forbindelser.
 - Mindsker:
 - Vandindhold, idet der bruges energi til at fordampe vandet.
 - Askeindhold ved fortynding og energiforbrug til omdannelse til andre stoffer.
 - Gasser som CO_2 og andre inaktive gasser.
 - Generelt $\text{gas}\% > 20$ ikke godt.
- Fortæller ikke noget om de øvrige fyringsegenskaber.

Vandindhold

- Normalt 6-12% fugtindhold inddeles i:
 - Overfladefugt (bestemmes ved lufttørring ved 20°C) og
 - bunden fugt (opvarmning til 100°C i N₂ atmosfære).
- For højt vandindhold skal
 - Transporteres og fordampes.
 - forsinker tænding og forlænger flammen
- Meget lavt fugtindhold giver:
 - støvproblemer.
 - problemer med ensartet fyring ved ristefyrede kedler og evt gennembrænding.
- Vandindholdet bestemmes ved hjælp af forsk. metoder udviklet af DS og ISO.

Askeindhold

- Bestemmes som gløderest efter opvarmning i ovn til 815°C (± 25°C) med O₂.
- Askeindholdet er de forskellige mineralske urenheder der er tilbage efter forb.
- Transportudgiften forøges. Specielt askefjerningsudstyr kræves ⇒ penge ud.
- Giver belægning, tilslagning, korrosion og erosion.
- Forøger mængden af uforbrændt C, idet tændhastigheden nedsættes.
- Består af forskellige oxider (Si, Al, Fe, Ti, P, Ca, Mg, S, Na, K). Spec. Na og K giver belægninger.

Svovlindhold

- Svovlindholdet i kul kan være 0,2-10%, men er normalt 0,5-2%.
- I DK må max. være 1,2% svovl (½ pyrit (FeS₂) ½ org.bundet)
- Pyrit fremmer selvantændelse på kulplads.
- SO₃-dannelse giver H₂SO₄ øger dugpunkt i skorsten, temp må øges ⇒ η falder
- Problemer i de Svenske søer

Swelling index – (et mål for hvordan kullene tager til i størrelse ved opvarmning)

- 1 g kul opvarmes i en digel (underkop) til 820°C.
- Afh. af kultype fås et koksrestudseende:
 - smuldret ⇒ sandkul
 - Hård og sammenbagt ⇒ bagende kul
 - svampet masse ⇒ sinterkul, som opdeles efter swellingindex
 - Ved hjælp af hulskabelon bestemmes størrelsen og dermed index.
- index 1½-3 er egnede til ristefyring. For stort index problem med luftgennemtrængning. (De bages sammen til en masse)

Hardgrove index

- Angiver kullenes malbarhed.
- Lavindex kul (hårde) ⇒ større maleenergi og mere slid.
- Princip for måling af Hardgrove index:
 - I en malemaskine tilføres en bestemt energimængde.
 - Ved hjælp af en si bestemmes massen af kul i en hvis størrelse.
 - Fra mængden kan index fås via kalibreringskurve for maskinen.
- Energiforbruget stiger ikke lineært med faldende index (mere)

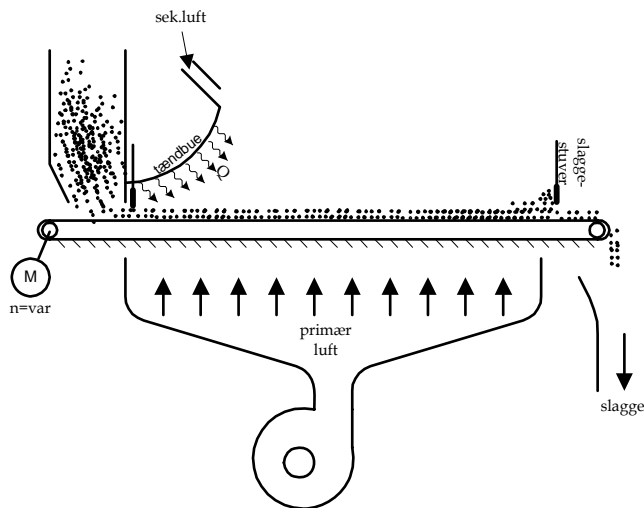
Slidindex

- I en maskine måles sliddet under nogle standardiserede betingelser.
- Slitage giver naturligvis større udgifter til vedligehold.

Fyringsformer med kul og de tilhørende anlæg (Se oversigt blad 81)

Ristefyrede kedler

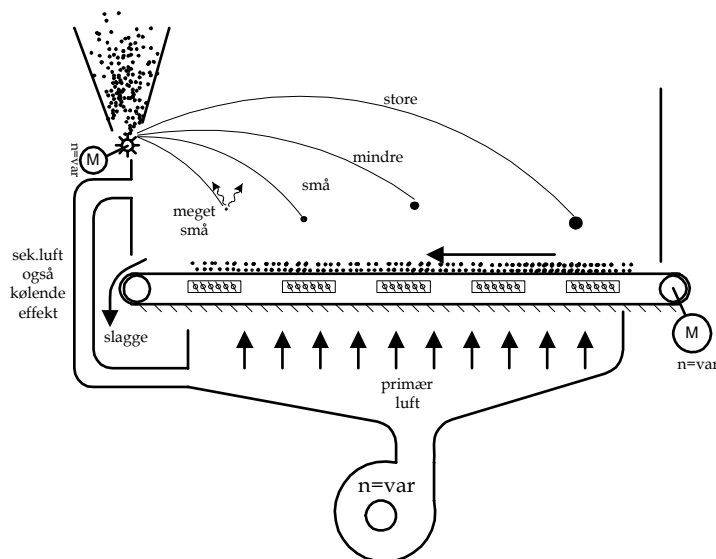
Vandrerist



Kullene indføres fra kultragt til båndet. Mængden reguleres ved skyder og ved at variere hastigheden på båndet. Luften tilføres nedefra gennem kullaget. Tændbuen opvarmes af det brændende kul og er rødglødende. Denne varme tørrer de indkommende kul, hvorefter de forgasser. Gasserne forbrænder ufuldstændigt pga. for lidt luftgennemstrømning. Derfor tilføres sek. luft over tændbuen.. Kullene brænder på hele risten. Askeindholdet bør være større end 5% for at beskytte risten mod overophedning. Uforbrændt kul stuves i slutningen af risten og de får således lov at brænde ud.

Vandreriste er ikke egnede til dampprod. >130 t/h.
Forb. luft må ikke forvarmes meget.

Spreaderstoker



Kullene tilføres via roterende indkaster med variabel hastighed. Kul af forsk. størrelse kastes ind i fyrrummet. De større partikler fordeles jævnt på risten efter størrelse. De mindste partikler brænder allerede i svævende tilstand. Båndet kører modsat indkastningsretningen, således kan kullene brænde ud inden de som slagge falder ud på kedlens forkant. Primærluft tilledes gennem spjæld så den rette mængde kan tilføres i de enkelte afsnit af kedlen. Sekundærluft tilledes uden om risten omkring indkasterne for at køle disse.

Spreaderstokerkedler kan prod. op til 200t/h

Kulstøvsfyringsanlæg – forbrænding, V_p , V_m , finhed, V_t , lufttilførsel og kulmøller

(Blad 86, 87, 88, 89)

Kulstøvsforbrænding

Fordele:

- Let blandbar med luft \Rightarrow lille luftoverskud
- let at tilpasse fyring til behov (hurtig regulering)
- Reparation under drift (reserve)
- ingen slaggestørkning \Rightarrow temp. kan være større end ristefyring.
- Kan hurtig stoppes pga. møllerne

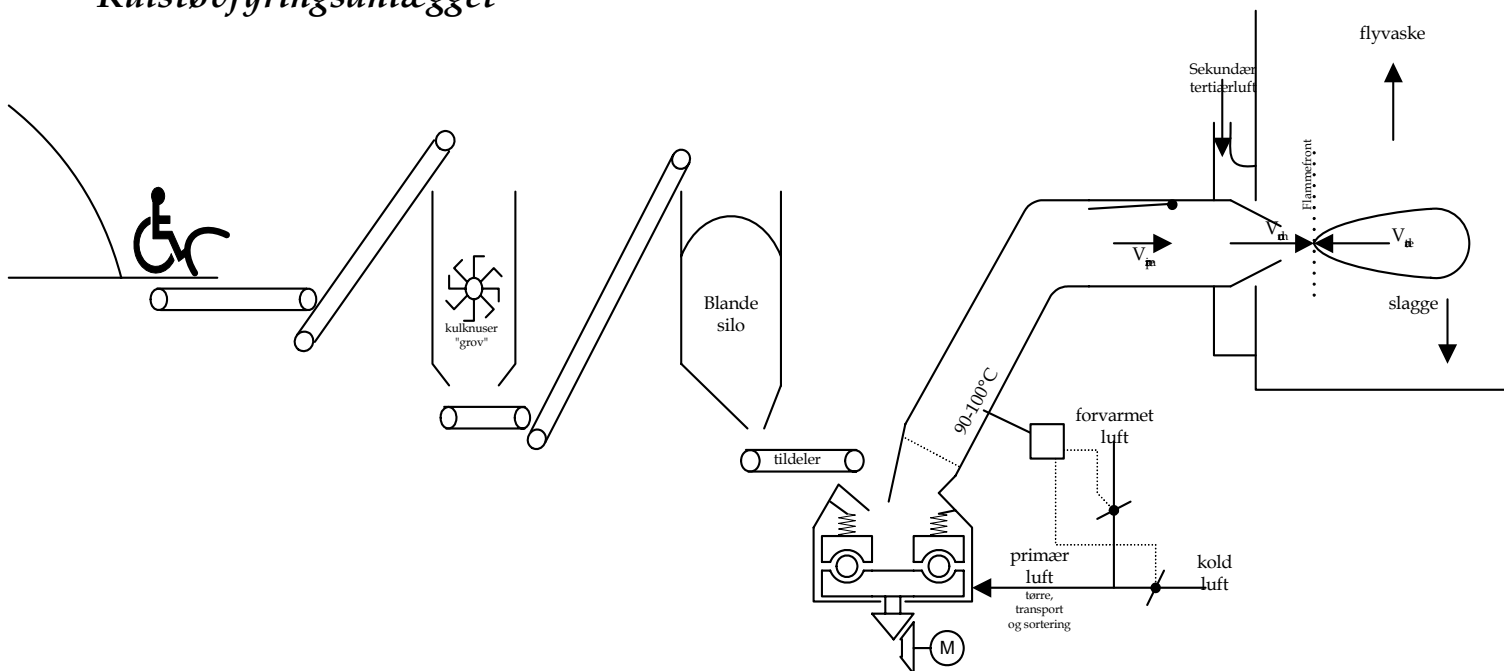
Ulemper:

- Slitage
- Dyr maling (elforbrug)
- Eksplosionsfare
- Krav om askeudskillere.

Kulstøvsforbrændingen afhænger af:

- Malefinheden. Jo finere, jo hurtigere forbrænding (men også dyrere i male el)
- Luft/kulstofhastighed. Større hastighed bedre blanding.
- Forbrændingstemperatur.
- Vandindhold.
- Luftmængde og temperatur.
- Gasindhold.
- Antændelsestemp.
- Askeindhold
- fødevand

Kulstøvsfyringsanlægget



Kullenes vej gennem anlægget fremgår af tegningen.

På kulpladsen hindres selvantændelse ved bulldozing.

Ved hjælp af maskinen sendes kullene via transportbånd til grovmaling og til en silo, igen via transportbånd.

En tildeler med variabel hastighed sender kullene til kulmøllen bestående af to ringe med kugler imellem.

I kulmøllen tilføres primærluften, som har følgende funktioner:

- Kullene tørres og sorteres. Således har primærluften en tilpas hastighed så de mindste partikler medrives og sendes til brænderen. De partikler, som er for store falder ned i møllen igen og males finere til de kan bæres væk.

Luft/kulblandingen skal have en temp. på 90/100°C (65°C ved fede kul) efter møllen. Temperaturen reguleres ved at blande forvarmet luft med kold luft. Grunden til at man ikke kører længere op er eksplosionsfare. Det er vigtigt at holde temp. konstant aht. forbrændingen.

I tilfælde af brand: BRUG IKKE VAND \Rightarrow for voldsom nedkøling. Istedetfor lukkes alt og CO₂ tilføres.

Fra møllerne føres kul/luft direkte til brænderne hvor blandingen med stor hastighed sendes ind i det lange fyrrum. Normalt tilføres sekundærluft i modsat spiraliserende retning af kul/primærluftblanding.

I midten af brænderrøret er anbragt en oliebrænder, som anvendes ved opstart af kedlen.

Fra møllen til brænderen transporteres blandingen med $V_{\text{primær}}$, som skal være så stor, at der ikke samles kulstøv på vejen, og flammen ikke slår tilbage.

V_{mund} skal være større end tændhastigheden for kullene for at undgå tilbageslag. Hastigheden er normalt 13 (gasfattig)-70 (gasrig) m/s

Flammefronten indstiller sig der, hvor tændhastigheden er lige så stor som den fremadrettede hastighed.

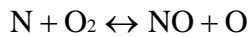
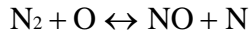
Dannelsen af NO_x og reduktionsmulighederne ved forbrænding (Blad 90, 91)

NO_x: En samlet betegnelse for nitrogenoxider (kvælstofoxider).

Undgås fordi:

- Spiller en stor rolle ved dannelsen af fotokemisk smog
- Medvirker sammen med svovloxider til forsurening af nedbøren

To trin til dannelsen af NO_x:



Ved forbrænding af brændsel er der to kilder til dannelsen af kvælstofoxider:

- Oxidering af atmosfærens nitrogen i flammen (ca. 25% ved kulfyring)
- Oxidering af nitrogenholdige forbindelser i brændslet (ca. 75% ved kulfyring)

For at forhindre dette har man fundet ud af, at en forsinkelse ved opblandingen af primærluft med den øvrige forbrændingsluft.

Ved temperaturer under 1200 °C er dannelsen af NO_x beskeden. Men ved højere temperaturer vokser den dannede mængde eksponentielt med temperaturen.

Lav NO_x brænder

Brænderen har følgende karakteristika:

- **Fordampning, afgang og antændelse** af flygtige bestanddele skal foregå med et **luftunderskud**
- **Opblandingen** med forbrændingsluften skal foregå så **langsomt** som muligt
- **Temperaturen i flammekernen** søges holdt så **lavt som muligt**
- **Totalforbrændingen** skal foregå med et **lille luftoverskud**

For at et kulstøvfyrer anlæg er acceptabelt i dag, kræves:

- Uforbrændt flyveaske < 5%
- NO_x – emission < 400 mg/MJ