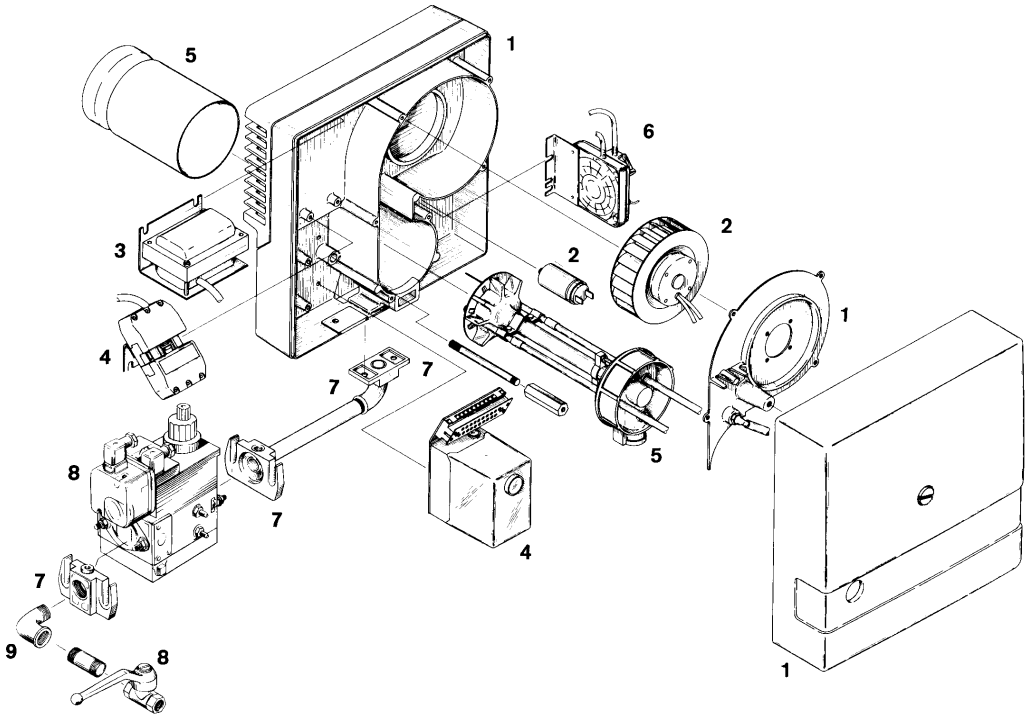
13. KATLAD

13.1. Katelde liigitus

Katla osa, kus toimub kütuse põlemine, nimetatakse koldeks. Kütuse põlemisel vabanev soojus kandub koldes põlemisproduktidelt läbi metallist küttepinna veele. Kolded jaotatakse kamberkolleteks ja kiht- ehk restkolleteks.

Kamberkolletes põletatakse gaaskütuseid, vedelkütuseid ja pelleteid ehk graanuleid. Põlemine toimub kolde mahus. Kamberkolletega tihedalt seotud osaks on põleti. Põletite liigitus on küllaltki komplitseeritud, millest annab ülevaate kursus kütused ja põlemine. Lihtne liigitus võiks olla: gaasipõleti (vt joonis 13.1), õlipõleti (vt joonis 13.2), tahkekütuse põleti, graanuli- ehk pelletipõleti.

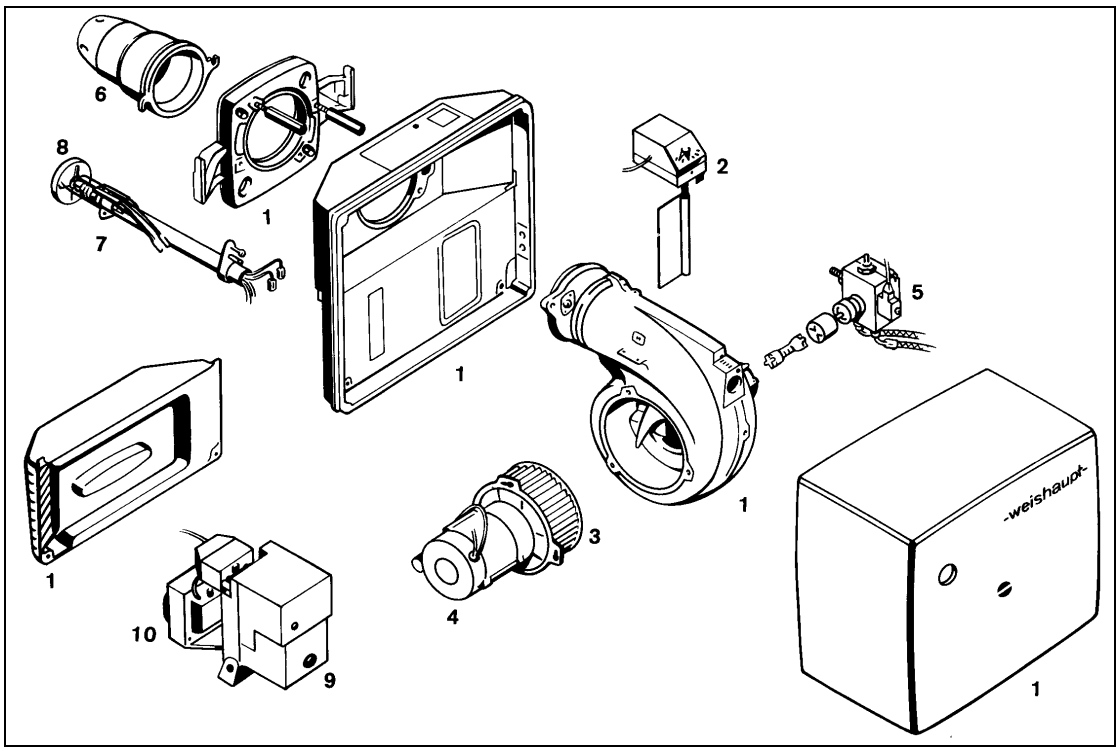


Joonis 13.1. Gaasipõleti. 1 – põleti korpus, 2 – põleti mootor ja ventilaator, 3 – süütetrafo, 4 – põleti kontrollautomaatika, 5 – põletipea, 6 – õhurõhu regulaator, 7 – paigaldusäärikud

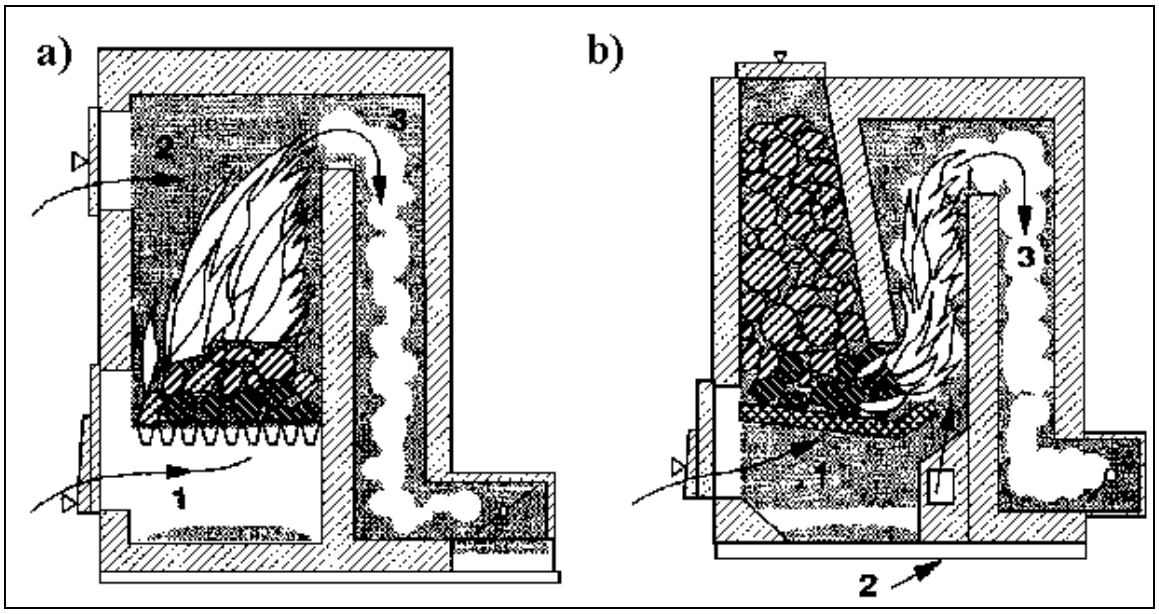
Tahkel kütusel töötavad väikekatlad varustatakse enamasti *kiht- ehk restkolletega*. Kihtkolde iseloomulikuks jooneks on kütusekihi olemasolu, millesse puhutakse põlemisõhku.

Restkolletega katlaid võib jagada järgmisteks põhitüüpideks:

- ülemise põlemisega katlad (joonis 13.3 a);
- alumise põlemisega katlad (joonis 13.3 b);
- pöördleegiga katlad jne.



Joonis 13.2. Õlipõleti. 1 – põleti korpus, 2 – õhu regulaator, 3 – põleti ventilaator, 4 – põleti mootor, 5 – kütusepump, 6 – põletipea, 7 – düüside paigaldusvarras, 8 – düüsid, 9 – põleti kontrollautomaatika, 10 – süütetrafo



Joonis 13.3. a) ülemise põlemisega katel, b) alumise põlemisega katel (1 – primaarõhk, 2 – sekundaarõhk, 3 – põlemisgaasid)

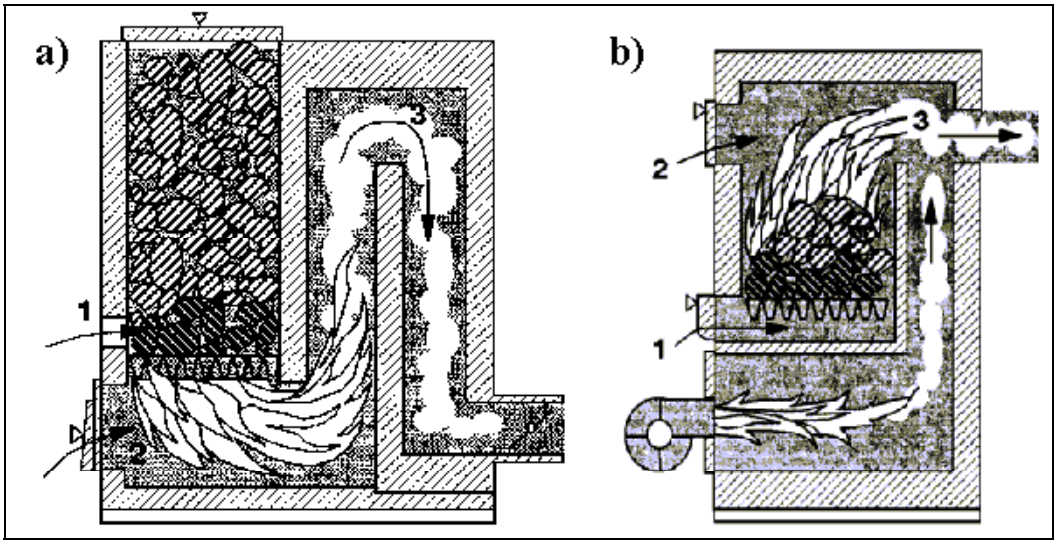
Ülemise põlemise korral on tegemist traditsioonilise koldega, mis oli algselt ette nähtud lendosistevaeste kütuste põletamiseks. Kütuse termiline lagunemine ja tekkivate gaasiliste ning tahkete põlemisproduktide (koksi) põlemine toimub samas koldekambris. Suur osa eralduvast soojusest antakse kiirgusega kolde seintele. Lendosisterikaste kütuste (puit, turvas) põletamisel jäetakse kütuse kohale piisavalt ruumi lendosiste põlemiseks, kuhu juhitakse ka sekundaarõhku.

Alumise põlemisega katel on varustatud kütusešahtiga, kust pidevalt valgub restile ärapõlenud kütuse asemele uus kütus. Valgudes šahtis allapoole, kütus kuivab ja kuumeneb. Põlemi-

sest võtab osa teatud osa kütusest, suurem osa resti kohal paiknevast kütusest termilisele töötlemisele ei allu ja säilitab oma esialgse lendosiste sisalduse. Resti läheduses kütus gaasistub, tekkinud gaasid (lendosised) põlevad lõpuni eraldi paiknevas põlemiskambris, kuhu suunatakse sekundaarõhku, et tagada piisavalt kõrge temperatuur. Üks järelpõlemiskambri seintest on tavaliselt keraamiline. *Pöördleegiga katel* on alumise põlemisega katla edasiarendamisel väljatöötatud pöördpõlemisega katel (joonis 13.4 a), milles kasutatakse põlemist stabiliseerivat keraamilist resti. Väga heade põlemistingimuste tõttu vajatakse väiksema mahuga järelpõlemiskambrit kui alumise põlemisega katlas.

Eraldi katlatüübiks võiks lugeda kahe eraldi põlemiskambriga (koldega) *universaalkatelt* (joonis 13.4 b). Kütuste kättesaadavuse ja muutuvate hindade tingimustes on kindlasti paljudele selline katel unistuseks, kuna seal on võimalik põletada nii vedelkütuseid, halupuitu, puidujäätmeid, tükkturvast, turbabriketti, puitpelleteid (graanuleid) kui ka kivisütt jne. Nimetatud katlas on kaks teineteisest sõltumatut kollet. Ülemise põlemisega tahkekütuse kolle ning vedelkütuse kolle, mille ette kinnitatakse vedelkütuse põleti. Katel on arvestatud mõlema kütuseliigi üheaegseks kasutamiseks. Kasutades tahket kütust, tuleb kütust lisada sagedamini kui näiteks alumise põlemisega kolde korral, millel on spetsiaalne kütusešaht. Automaatika lülitab sellisel kaksikkoldega katlal vedelkütuse põleti sisse, kui tahke kütus on põlenud lõpuni ja vee temperatuur langenud alla vajaliku taseme.

Sellist katelt võib soovitada neile, kes suudavad investeerida nii katlasse, põletisse kui ka vedelkütusemahutisse ning kellel on võimalus oma ehitus- või metsajäätmetest vähendada vedelkütuse kulu oma odava tahke kütuse kasutamisega ning kellele kõrge efektiivsus odava tahke kütuse kasutamisel ei ole eesmärk omaette. Harilikult on nimetatud kateldel ka spiraaltorust soojusvaheti sooja vee ettevalmistamiseks ning võimalus elektriküttekehade paigutamiseks. Seega saab katelt kütta nii elektri, tahke- kui ka vedelkütusega ning vajadus eraldiseisva soojaveeboileri järele puudub.



Joonis 13.4. a) pöördleegiga katel; b) kahe koldekambriga universaalkatel (1 – primaarõhk, 2 – sekundaarõhk, 3 – põlemisgaasid)

Tabel 13.1

Mõningaid eramute väikekatlaid võimsusvahemikus 10…50 kW

Katlatüüp	Toote nimi	Katlas kasutatav kütus	Katla kasutegur katsetustel	Orienteeriv hind	Märkused
Gaasikatlad	Vitodens 100, 200, 300	Maagaas, vedelgaas	Kondensatsioonkatlad töötavad kütuse ülemisel küttevääртusel	Komplektile 35000…55000	Sisseehitatud põleti
Gaasikatlad (malm, teras) + gaasipõleti	Format, Biterm, Sime, Eetta, Arimax, NGP, Xilo, Vela, Metodo, Buderus	Maagaas, võib kasutada ka kerget kütteõli, kui on vastav põleti	90…96,5%*	12000…50000 (kallimad happekindlad)	Hästi automatiseeritav, võimalik paigaldada elektriküttekehi
Vedelkütuse katlad + vedelkütuse põleti	Sime, Eetta, Thermia, NGP, Rondo, Högfors, Superteda, Midilogica, Tasso	Kerge kütteõli, võib kasutada ka gaasi, kui on vastav põleti	90...95%	15000...35000	Hästi automatiseeritav, võimalik paigaldada elektriküttekehi
Tahkekütuse katlad (malmsektsioon sisekoldega, teras)	KŠM, Sime, Thermia	Kivisüsi, puitkütus, tükkturvas, turbabrikett	70…75%	15000...30000	Käsitsi teenindatavad, puidu ja tükkturba kasutamisel langeb kasutegur
Halupuidu katlad	Atmos, Arimax, Molle	Kuiv halupuit (kuni 20%)	80…89%	15000...40000	Käsitsi teenindatavad
Pelletikatlad	STI 20 VG, teised puitkütuse katlad	Puitpelletid (graanulid) niiskusega kuni 10%	85...90%	30000…40000	Automaatne, kuid eeldab spetsiaalse pelletipõleti olemasolu
Universaalkatlad	2K, Viadrus U22D, Arimax Combi, Arimax 240 K+St, Högfors	Kivisüsi, puit, koor, turbabrikett, tükkturvas, kerge kütteõli	70…80%	25000…40000	Tahkel kütusel käsitsi teenindatavad, vedelkütusel automaatsed, võimalik paigaldada elektriküttekehi (6, 9, 12 kW)

*Tabelis toodud kasutegurid saadud katelde katsetustel – maksimaalsed kasutegurid.

Tabel 13.2

Mõningaid väikekatlaid võimsusvahemikus 50…500 kW

Katlatüüp	Toote nimi	Katlas kasutatav kütus	Katla kasutegur katsetustel
Gaasikatlad	Vitocrossal 300	Maagaas, vedelgaas	Kondensatsioonkatlad töötavad kütuse ülemisel küttevääртusel
Gaasikatlad (malm, teras) + gaasipõleti	Vitoplex 100, 300, Vitomax 100, De Dietrich GT, Arimax Eetta, Buderus G, Mighty Therm HH, Tasso T	Gaasikatla puhul võib kütusena kasutada ka kerget kütteõli, kui on vastav põleti	90…96,5%*
Vedelkütuse katlad + vedelkütuse põleti	Sime, Eetta, Thermia, Tasso	Vedelkütuse katla puhul võib kütusena kasutada ka gaasi, kui on vastav põleti	90…95%
Tahkekütuse katlad (malmsektsioon sisekoldega, teras)	Sime, Thermia	Kivisüsi, puitkütus, tükkturvas, turbabrikett	70…75%

* Tegelikud aasta keskmised kasutegurid on oluliselt madalamad.

13.2. Kollete tööd iseloomustavad näitajad

Kolle on see katla (katelseadme) osa, kus toimub kütuse põlemine. Kütuse põlemisel vabanev soojus kandub põlemisproduktidelt läbi metallist **küttepindade** veele. Küttepinnad valmistatakse harilikult terasest või malmist. Soojusvahetus väljas- ja seespool küttepinda paiknevate keskkondade vahel toimub kiirguse, konvektsiooni ja soojusjuhtivuse teel. Põlemisproduktidelt kandub soojus küttepinna välispinnale kiirguse ja konvektsiooni teel. Koldes on kiirguse osa üle 90%. Läbi küttepinna materjali, aga ka küttepindu katva välise ja sisemise sadestuste kihi kulgeb soojus soojusjuhtivuse teel.

Kollete töö iseloomustamiseks kasutatakse mitmesuguseid näitajaid.

Kolde soojuskoormus (soojusvõimsus) – kütuse põlemisel ajaühikus koldes eralduv soojushulk kW:

$$Q_{kolle} = B \cdot Q_a^t, \tag{13.1}$$

kus B – kütusekulu kg/s;

Q_a^t – tarbimisaine alumine küttevääртus kJ/kg.

Kolde forsseeritus – kolde ristlõikepinna ühiku kohta ajaühikus eralduv soojushulk kW/m^2:

$$q_A = \frac{Q_{kolle}}{A} = \frac{B \cdot Q_a^t}{A}, \tag{13.2}$$

kus A on kolde ristlõikepind m^2.

Kolde mahuline erikoormus – kolde mahuühiku kohta ajaühikus eralduv soojushulk kW/m^3:

$$q_V = \frac{Q_{kolle}}{V}, \tag{13.3}$$

kus V on kolde maht m^3.

Kolde restipinna soojuslik erikoormus – resti pinnalt ajaühikus eralduv soojushulk:

$$q_R = \frac{B \cdot Q_a^t}{R}, \tag{13.4}$$

kus R – kolderesti pind m²;
V – koldekambri maht m³.

Katla kasutegur **otsese** bilansi järgi on leitav ajaühikus kasulikult kasutatava soojushulga Q_{kas} ja kütusega koldesse antud soojushulga suhtest:

$$\eta_k = \frac{100 \cdot Q_{kas}}{B \cdot Q_a^t} \tag{13.5}$$

$$Q_{kas} = G(h_2 - h_1), \tag{13.6}$$

kus G – katelt läbiva vee kulu kg/s,
h_1 – katlasse siseneva vee entalpia kJ/kg,
h_2 – katlast väljuva vee entalpia kJ/kg.

Katla kasutegur (brutokasutegur – ei arvesta energiakulu omatarbeks) **kaudse** bilansi järgi aga

$$\eta_k = 100 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6, \tag{13.7}$$

kus q_2 – soojuskadu katlast lahkuva põlemisgaasiga,
q_3 – soojuskadu keemiliselt mittetäielikust põlemisest,
q_4 – soojuskadu mehaaniliselt mittetäielikust põlemisest,
q_5 – soojuskadu katla välisjahtumisest,
q_6 – soojuskadu räbu füüsikalise soojusega.

Katla netokasuteguri leidmiseks tuleb brutokasutegurist maha võtta katla soojusliku q_{ot}^s ja elektrilise q_{ot}^e omatarbe osad:

$$\eta_k^n = \eta_k - (q_{ot}^s + q_{ot}^e) \tag{13.8}$$

Harilikult ei ületa omatarbe (õhuventilaatori, pumpade jne) osa gaasi- ja õlikatelde puhul 0,3…1%; mida suurem katel, seda väiksem protsent.

Katla kasutegur osalisel koormusel erineb tema kasutegurist nominaalkoormusel. Katla koormuse vähenemisel alla nominaalkoormust väheneb teataval määral kadu katlast lahkuvate suitsugaasidega ja mittetäielikust põlemisest. Kaod katla välisjahtumisest jäävad aga oma suuruselt muutumatuks ja nende protsentuaalne osatähtsus tõuseb tunduvalt. See on põhjuseks, miks koormuse vähenedes väheneb ka kasutegur.

Katla koormuse suurenemisel üle nominaalse, nn katla forsseerimisel, halveneb samuti kasutegur. Põhjuseks on forsseerimisel järsult suurenevad kaod katlast väljuva suitsugaasiga ja kütuse keemiliselt mittetäielikust põlemisest.

Omaette küsimuseks on aga soojuskaod katla perioodilisel töötamisel, mis üldjuhul on põhjustatud

- soojuskaost katla välisjahtumisel;
- soojuskadudest sisemise jahtumise tõttu, mis on tingitud ebatihedatest siibritest;
- soojuskaost katla sissekütmisel, kuna sissekütmine toimub kolde normaalsetest töötingimustest soojustehniliselt märksa halvemates tingimustes;
- soojuskaost katla seiskamisel, mis on seotud tule summutamisega koldes.

Selliste kadude arvutamine on praktiliselt võimatu. Seisakukadusid saab määrata perioodiliselt töötavatel kateldel ainult katseliselt.

13.3. Soojusbilansi võrrand

Katelseadmete soojusbilanss näitab, kuidas jaguneb katelseadmesse sisenev soojus. Soojusbilansi alusel määratakse katelseadme kasutegur. Katelseadme ekspluatatsioonil koostatakse soojusbilanss katsetulemuste põhjal, projekteerimisel aga lähtutakse vastavast arvutusmeetodist.

Soojusbilanss koostatakse harilikult 1 kg põletatava tahke- ja vedelkütuse või 1 m^3 küttegaasi kohta. Kütuse mahu või massiühikuga koldesse antavat soojushulka nimetatakse kasutatavaks soojuseks ja tähistatakse Q_k^t. Tahke- ja vedelkütuse põletamisel

$$Q_k^t = Q_a^t + Q_{v.õ.} + Q_{k.f.} + Q_p \text{ kJ/kg} \tag{13.9}$$

ja küttegaaside põletamisel

$$Q_k^t = Q_a^k + Q_{v.õ.} + Q_{k.f.} \text{ kJ/m}^3, \tag{13.10}$$

kus Q_a^t – kütuse tarbimisaine alumine küttevääртus;
$Q_{v.õ.}$ – õhuga katelseadmesse sisenev soojus, mis on kuumutatud väljaspool katelseadet;
$Q_{k.f.}$ – kütuse füüsikaline soojus;
Q_p – vedelkütuse pihustamiseks kasutatav või resti alla antava auru soojus;
Q_a^k – gaaskütuse küttevääртus.

Põlevkivi puhul arvutatakse kütuse kasutatav soojus valemiga

$$Q_k^t = Q_a^t + Q_{v.õ.} + Q_{k.f.} + \Delta Q_{ka} \text{ kJ/kg} \tag{13.11}$$

Valemis (13.11) tähistab ΔQ_{ka} karbonaatide mittetäielikust lagunemisest põhjustatud endotermilise efekti soojust:

$$\Delta Q_{ka} = 40{,}6(1 - k_{co_2})(\mathrm{CO_2})_k^t \text{ kJ/kg} \tag{13.12}$$

Karbonaatide täielikul lagunemisel $k_{\mathrm{CO_2}} = 1$ ja $\Delta Q_{ka} = 0$.

Katelseadmesse antav soojus jaguneb kasulikuks soojuseks (Q_1) ja soojuskadudeks:

Q_2 – soojuskadu katlast lahkuva põlemisgaasiga,
Q_3 – soojuskadu keemiliselt mittetäielikust põlemisest,
Q_4 – soojuskadu mehaaniliselt mittetäielikust põlemisest,
Q_5 – soojuskadu katla välisjahtumisest,
Q_6 – soojuskadu räbu füüsikalise soojusega.

Võrdsustades kütusega koldesse antava soojushulga soojuse kuludega, saame

$$Q_k^t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \text{ kJ/kg; kJ/m}^3 \tag{13.13}$$

Viimast võrrandit nimetatakse katelseadme soojusbilansi võrrandiks.

Sama võrrand protsentides oleks selline:

$$q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 = 100\%, \tag{13.14}$$

kus $q_1 = 100Q_1/Q_k^t$,
$q_2 = 100Q_2/Q_k^t$,
$q_3 = 100Q_3/Q_k^t$ jne.

13.4. Katla soojuskaod

13.4.1. Soojuskaod katlast väljuva põlemisgaasiga

$$q_2 = (H_{v.g} - \alpha_{v.g} H^0_{k.\tilde{o}})(100 - q_4) / Q^t_k \%, \tag{13.15}$$

kus $H_{v.g}$ – katlast väljuva põlemisgaasi entalpia kJ/kg või kJ/m^3 (põletatava kütuse 1 kg või 1 m^3),

$\alpha_{v.g}$ – liigõhutegur,

$H^0_{k.\tilde{o}}$ – 1 kg või 1 m^3 kütuse põletamiseks teoreetiliselt vajaliku õhukoguse entalpia kJ/kg või kJ/m^3 (enne õhu eelsoojendit).

$$H_{v.g} = \sum V_i c_i' \vartheta_{v.g} \text{ kJ/kg, kJ/m}^3, \tag{13.16}$$

kus V_i – põlemisgaasi komponentide mahud (V_{RO_2}, V_{N_2}, V_{O_2}, V_{H_2O}) kütuse ühe massi- või mahuühiku kohta m^3/kg, m^3/m^3;

c_i' – vastava gaasikomponendi erisoojus (isobaarne mahterisoojus) kJ/(m^3·K);

$\vartheta_{v.g}$ – katlast väljuva põlemisgaasi temperatuur.

Soojuskadu mõjutab eriti tugevalt katlast lahkuva põlemisgaasi temperatuur $\vartheta_{v.g}$, aga ka liigõhutegur $\alpha_{v.g}$. Katlast lahkuvate põlemisgaaside temperatuur suureneb küttepindade saastumise tagajärjel, liigõhutegur aga hõrenduse all töötava katla ebatiheduste suurenemisel. Soojuskadu q_2, mis on normaalselt 3…10%, võib sellisel juhul veelgi suureneda.

Soojuskao q_2 praktiliseks määramiseks katla soojustehnilistel katsetustel tuleb määrata katlast lahkuvate põlemisgaaside temperatuur ja teha kindlaks liigõhutegur lahkuvas põlemisgaasis. Liigõhuteguri määramiseks tuleb mõõta RO_2, O_2 ja CO protsent katlast lahkuvas põlemisgaasis. Gaasikomponentide sisaldus määratakse kuivas põlemisgaasis.

$$\alpha_{v.g} = \frac{1}{1 - \frac{79}{21} \cdot \frac{O_2 - 0{,}5CO}{100 - (O_2 + RO_2 + CO)}} \tag{13.17}$$

13.4.2. Soojuskadu keemiliselt mittetäielikust põlemisest

Soojuskadu keemiliselt mittetäielikust põlemisest on tingitud sellest, et osa kütuse põlevainest jääb koldes kasutamata ja väljub katlast gaasiliste komponentidena (CO, H_2, CH_4, C_mH_n….). Nende põlevgaaside täielik põlemine on praktiliselt võimatu tingituna madalast temperatuurist väljaspool kollet. Keemiliselt mittetäieliku põlemise peamisteks põhjusteks on

- koldesse antava õhu vähene kogus;
- õhu puudulik segunemine kütusega;
- kolde väikene maht, mis määrab kütuse koldes viibimise aja, millest ei piisa kütuse täielikuks põlemiseks;
- madal temperatuur koldes, mis viib põlemiskiiruse alla,
- liiga kõrge temperatuur koldes, mis võib kaasa tuua põlemisproduktide dissotsiatsiooni.

Õige õhukoguse ja hea segunemise korral sõltub q_3 kolde mahulisest erikoormusest. Optimaalne kolde mahuline erikoormus, kus q_3 on minimaalne, sõltub kasutatavast kütusest, põletustehnoloogiast ja kolde konstruktsioonist. Soojuskadu keemiliselt mittetäielikust põlemisest moodustab 0…2%, mahulisel erikoormusel q_v = 0,1...0,3 MW/m^3. Kolletes, kus leiab aset intensiivne kütuse põlemine, q_v = 3…10 MW/m^3 ja soojuskadu keemiliselt mittetäielikust põlemisest puudub:

$$q_3 = \frac{126CO + 108H_2 + 358CH_4}{Q^t_k} \cdot V_{k.g} \cdot (1 - \frac{q_4}{100})\% \tag{13.18}$$

13.4.3. Soojuskadu mehaaniliselt mittetäielikust põlemisest

Mehaaniline põlemiskadu q_4 on tingitud põlevaine sisaldusest koldest väljuvas tahkes põlemisjäägis. Osa tahkest põlevainest, mis sisaldab süsinikku, vesinikku ja väävlit, väljub koos põlemisgaasidega kolde ülaosast (lendtuhana), osa tahkest põlemisjäägist eemaldatakse resti pealt või koos räbuga (šlakiga) kolde alt. Kihis põletamisel võib esineda kütuse osaline varisemine läbi resti.

Soojuskadu q_4 vedel- ja gaaskütuste põletamisel puudub, välja arvatud juhtudel, kui tekib tahm, mis põlemisgaasidega koldest välja kantakse.

Soojuskadu mehaaniliselt mittetäielikust põlemisest q_4 on avaldatav järgmise valemiga:

$$q_4 = \left(\frac{\alpha_r P_r}{100 - P_r} + \frac{\alpha_v P_v}{100 - P_v} + \frac{\alpha_{lt} P_{lt}}{100 - P_{lt}}\right) \cdot \frac{32600 A^t}{Q_k^t}, \qquad (13.19)$$

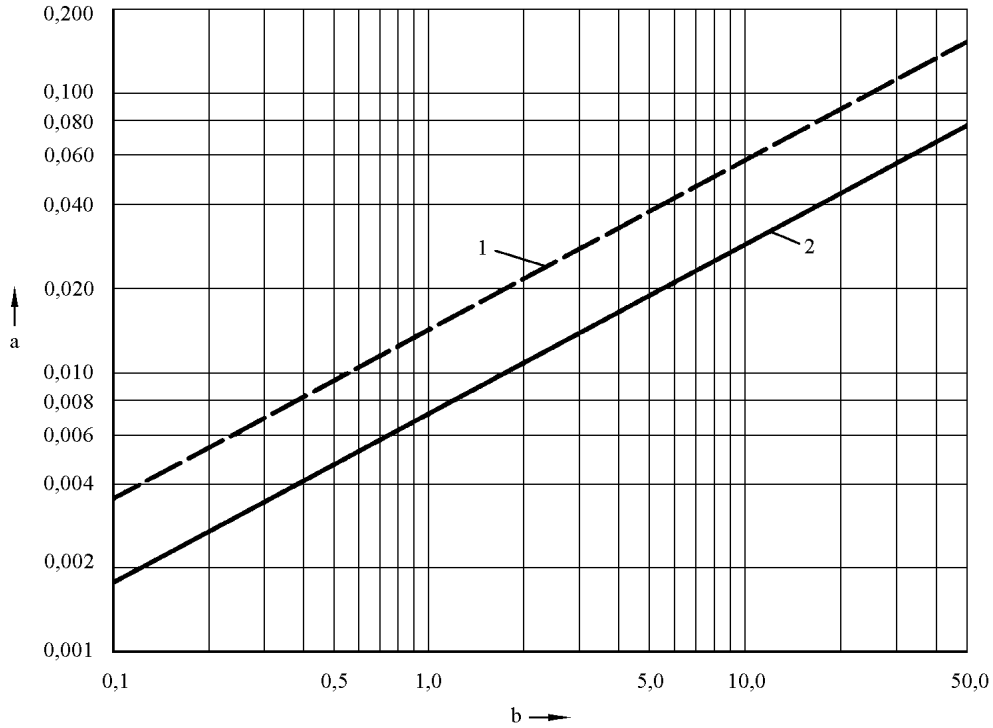
kus α_r, α_v, α_{lt} on tahke põlemisjäägi suhtelised kogused, mis on eemaldatud restilt või kolde alt, põlemisjäägid on varisenud läbi resti ja on koos põlemisgaasidega koldest väljunud; P_r, P_v, P_{lt} – põlevaine sisaldus kolmes tahke põlemisjäägi osas, %; Q_k^t – kasutatav soojus kJ/kg ja A^t – kütuse tarbimisaine tuhasisaldus %.

13.4.4. Soojuskadu katla välisjahtumisest

Soojuskadu katla välisjahtumisest on tingitud soojuse levikust läbi müüritise ja soojusisolatsiooni. Soojuskadu q_5 on sõltuv katla müüritise ja selle detailide isolatsiooni paksusest. Suuremate katelde puhul on katla välispinna suurus katla mahuga võrreldes väike ja q_5 ei ületa kahte protsenti. Alla 1 MW katelde korral määratakse soojuskadu q_5 katsetuste teel.

Selleks jaotatakse katla välispind väikesteks osadeks F_i, mille keskel mõõdetakse soojusvoo mõõturiga soojuskadu q_i W/m^2:

$$q_5 = \frac{\sum q_i A_i}{B Q_k^t} 100 \qquad (13.20)$$



Joonis 13.5. Soojuskadu katla välisjahtumisest

a – soojuskadu välisjahtumisest, MW,

$a = Q_5 = C \cdot Q_{kolle}^{0,6}$,

kus: C – 0,0072 küttegaasidel ja kütteõlil töötavatele kateldele,

C – 0,0144 tahkekütuse kateldele,

b – katla võimsus MW(Q_{kolle}).

Soojusmõõturi puudumisel mõõdetakse iga osa keskel katla välispinna temperatuur ja soojuskadu arvutatakse seosest

$$q_5 = \frac{\alpha \Delta t A}{B Q_k^t} 100, \tag{13.21}$$

kus α – keskmine soojusülekandetegur katla välispinnalt ümbritsevale õhule, W/(m^2 · K),

Δt = $t_F - t_{\tilde{o}}$ – katla välispinna ja katlaruumi õhu keskmine temperatuuride vahe K,

F_i – katla välispinna suurus m^2.

$$t_F = \frac{t_1 F_1 + t_2 F_2 + t_3 F_3 .....}{F_1 + F_2 + F_3 ....} \tag{13.22}$$

13.4.5. Soojuskadu räbu füüsikalise soojusega

$$q_6 = \frac{a_r t_r c_r A^t}{Q_k^t}, \tag{13.23}$$

kus a_r – koldest eemaldatava räbu suhteline kogus,

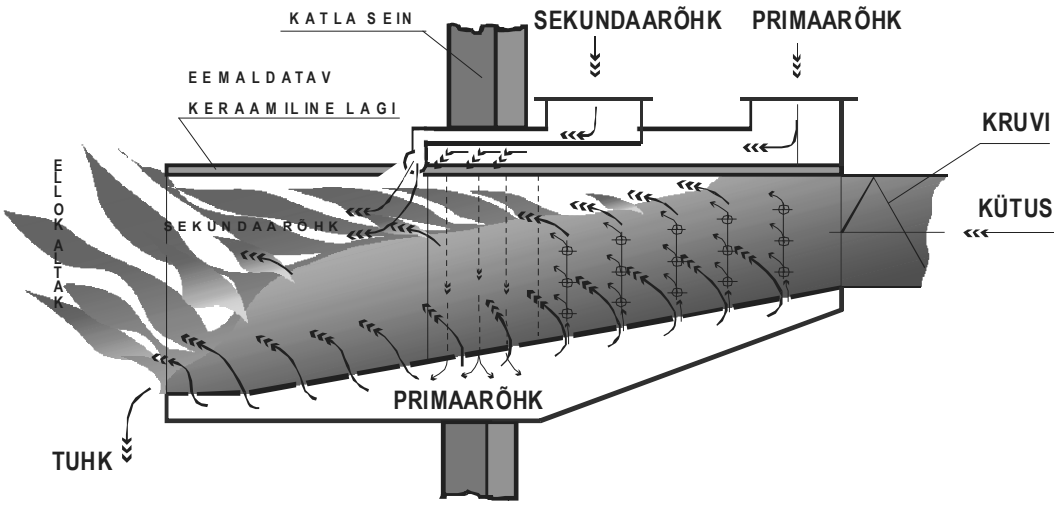
t_r – räbu temperatuur °C,

c_r – räbu erisoojus kJ/(kg K),

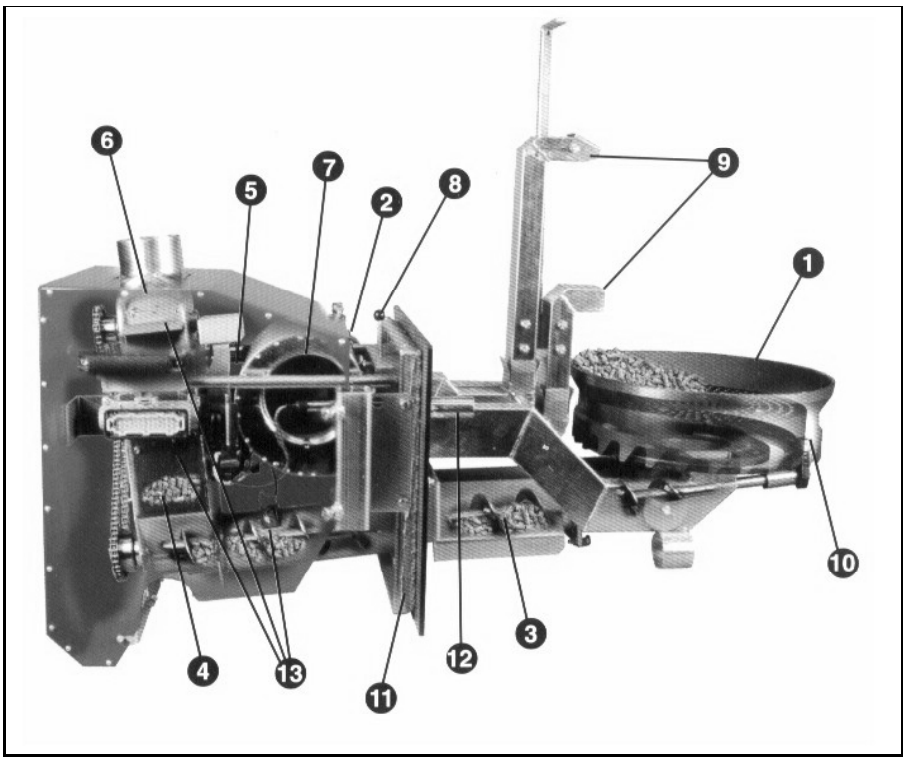
A^t – kütuse tarbimisaine tuhasisaldus %.

13.5. Kütuse mehaaniline söötmine ja tahkekütuse põletid

Paljudes riikides katsetatakse seadmeid tahkekütuse katla töö automatiseerimiseks. Juhul kui kütusena kasutatakse hakkpuitu, on levinumaks põletiks põlemispea ehk stookerpõleti.



Joonis 13.6. Stookerpõleti (põlemispea)



Joonis 13.7. EcoTec'i pelletipõleti

Granuleeritud kütuste põletamiseks kasutatakse spetsiaalselt konstrueeritud pelletipõleteid.

13.6. Katelde töö ülevaatus ja kontroll

13.6.1. Gaasikatlad

Gaasikatla puhul oleksid vajalikud järgmised minimaalsed mõõtmised ja arvutused:

- gaasikulu m^3/h;
- katla soojuskoormus (soojusvõimsus) kW;
- CO_2 või O_2 sisaldus suitsugaasides, %;
- suitsugaaside ja põlemisõhu temperatuur °C;
- mõõtmised või andmed katla välispinna temperatuuride kohta.

Saadud andmete alusel tehakse järgnevad arvutused:

- gaasikulusse viiakse sisse rõhu ja temperatuuri parandused, gaasikulu ei tohi olla suurem kui gaasikulu katla maksimaalvõimsusel + kaod;
- soojuskoormus (soojusvõimsus) = parandatud gaasikulu × küttevääртus. Arvutustes on vaja teada reaalselt kasutatava kütuse küttevääртust.

Gaasianalüüsi andmed annavad võimaluse arvutada liigõhuteguri väärtuse suitsugaasides.

Teades gaasi ja ümbritseva keskkonna temperatuure, gaasianalüüsi tulemusi (CO_2 või O_2 sisaldust suitsugaasides), saame võimaluse arvutada soojuskao katlast väljuva suitsugaasiga. Soojuskadu katla välisjahtumisest arvutatakse katla välispinna keskmist temperatuuri kasutades.

Gaasikatla puhul peaks liigõhk olema piirides 10…15% (liigõhutegur 1,1…1,15), kui maksimaalne CO_2 sisaldus suitsugaasides on vahemikus 11,…12,1%. CO_2 sisaldus suitsugaasides ei tohiks olla madalam kui 10,5%.

Nüüdisaegsete katelde puhul, kus kasutatakse hapniku mõõtureid, ei ületa liigõhu väärtused 3…5% (liigõhutegur 1,03…1,05).

Suitsugaaside temperatuur peab olema võimalikult madal (kuid kõrgem kastepunkti temperatuurist) ning ei tohiks mingil juhul katlast väljumisel ületada 200 °C. Suitsugaaside temperatuuri langetamine *ca* 20 °C võrra annab kasuteguri tõusu *ca* 1%.

Kadu lahkuvate gaasidega ei tohiks ületada 10%, kui arvutustes kasutatakse alumist küttevääртust.

Katla välispinna temperatuur ei tohiks aga ületada 30…35 °C.

13.6.2. Õlikatlad

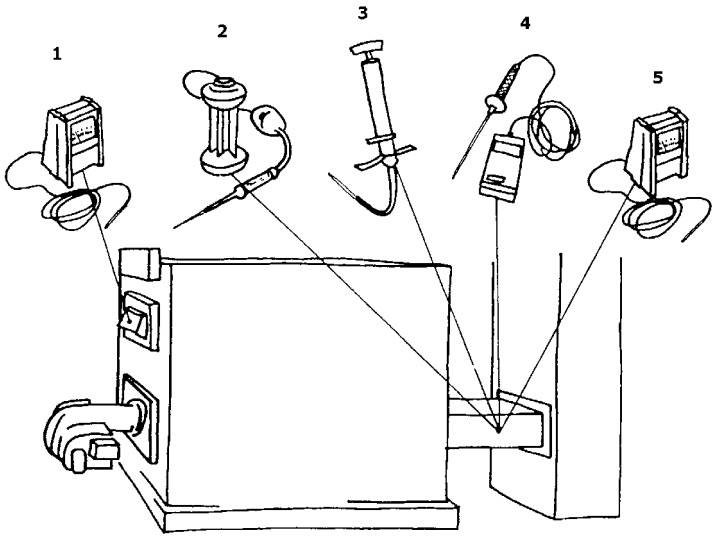
Õlikatla häälestamiseks on vaja teha põlemisgaaside analüüs ning mõõta rõhk koldes ja tõmme korstnas. Juhul kui kolle on alarõhu all ega toimu suitsugaaside kondenseerumist (tegemist ei ole kondensatsioonkatlaga), tuleks määrata järgmised näitajad:

- kolde alarõhk (joonis 13.8, 1), katla normaalse töö korral 0,5 mm H_2O (halb alla 0,5 mm);
- CO_2 sisaldus heitgaasides (joonis 13.8, 2), vajadusel lisaks ka CO ja O_2;
- tahmaarv, katla normaalse töö korral on tahmaarv 1,0 (halb, kui tahmaarv on üle või alla 1,0);
- heitgaaside (põlemisgaaside) temperatuur;
- alarõhk heitgaaside kanalis, katla normaalse töö korral 1...2 mm H_2O (halb alla 1 mm H_2O või üle 2 mm H_2O).

Tabel 13.3

Hinnang analüüsi näitajatele

Heitgaaside temperatuur ^oC	**CO_2 sisaldus heitgaasides, %**	**Soojuskadu lahkuvate gaasidega, %**
Hea: 120...200	Hea: 12…14	Alla 10
Rahuldav: 200…250	Rahuldav: 10…12	10…15
Kõrge: üle 250	Halb: üle 10	Üle 15



Joonis 13.8. Katla töö kontroll (mõõtmised õlikatlal)