

Labortöö nr. 10

Katla käivituskatse

Tegime 18.02.2013 põlemapanekuga kell 16:30 katelseadme (Rapla Metall - "Luk25") käivituskatse, et määrata katla võimsus ja kasutegur. Selleks süütasime katla, milles oli 5 puidubriketti kogukaaluga 4,211 kg. Süütamiseks kasutasime 0,162 kg puidulaaste ning paberit. Jälgisime kui palju tõuseb vee temperatuur katla veepaagis ning sellega ühenduses olevas torustikus, andmed salvestati automaatselt arvutisse. Mõõtsime ja arvutasime, et saada katla ja torustiku metalli mass ning katla veepaagi ja torustiku vee maht. Eesmärk on leida katla kasutegur ning võimsus arvutuslikult.

Andmed:

*Katla algtemperatuur: $t_1=25,88^{\circ}\text{C}$

*Õhurõhk: $p=763\text{mmHg}$

*Küttekogus: 5 puidubriketti, kaal 4,211kg(+0,162kg tule alustamiseks), niiskus 6,53%

*Katla andmed: 25kW; veepaak 125l; kaal 325kg; õhu sissevõttepilud 10mm; katla minimaalne rõhk 10 Pa, meil oli 13 Pa; Katla töötemperatuur 95°C .

*Torude läbimõõt 60mm, siseläbimõõduga 54mm, kogupikkuseks hindasime 6m

*Katelsüsteemi lõpptemperatuur $t_2=85,69^{\circ}\text{C}$

Vee maht:

$$V_{\text{vesi}} = V_{\text{paak}} + V_{\text{torud}} = 125 + 13,7 = 138,7 \text{ l}$$

Katlas oleva veepaagi maht oli kirjas katla andmetes. Torudes oleva vee mahu määramiseks leidsime toru lõike sisepindala $S = \pi r^2 = \pi 0,027^2$

ning korrutasime selle pindala S torude kogupikkusega (6m). $V_{\text{torud}} = S \cdot 6 = 0,0137 \text{ m}^3 = 13,7 \text{ l}$

Metalli mass:

$$m_k = m_{\text{katel}} + m_{\text{torud}} = 325 + 28,12 = 353,12 \text{ kg}$$

Katla mass oli kirjas katla andmetes. Torude kaalu määrasime 0,15 m toru tüki järgi, mis kaalus 0,703kg. $m_{\text{torud}} = (6 \cdot 0,703) / 0,15 = 28,12 \text{ kg}$

Puidu kütteväärtus:

$$\text{Puitude keskmine } q_{\text{puit}} = 18,9 \text{ MJ/kg} [1]$$

Arvestan kütteväärtusest maha niiskuse osa ning saan meie küttematerjali tegeliku kütteväärtuse.

$$q = q_{\text{puit}} \cdot (1 - W/100) - 2,44 \cdot W/100 = 18,9 \cdot (1 - 6,53/100) - 2,44 \cdot 6,53/100 = 17,51 \text{ MJ/kg} [1]$$

Leian meie kasutatud puiduhulga kütteväärtuse.

$$Q_{\text{puit}} = m_{\text{puit}} \cdot q_{\text{puit}} = (4,211 + 0,162) \cdot 17,51 = \mathbf{76,57 \text{ MJ}}$$

Katlast vee kütmiseks läinud energia (kasulik energia)

$$Q_{\text{kasulik}} = Q_{\text{vesi}} + Q_{\text{raud}} = (m_{\text{vesi}} \cdot c_{\text{vesi}} \cdot (t_2 - t_1)) + (m_{\text{raud}} \cdot c_{\text{raud}} \cdot (t_2 - t_1)) =$$

$$138,7 \text{ kg} \cdot 4,19 \text{ (kJ/kg} \cdot ^{\circ}\text{C)} \cdot (85,69 - 25,88) + 353,12 \text{ kg} \cdot 0,45 \text{ (kJ/kg} \cdot ^{\circ}\text{C)} \cdot (85,69^{\circ}\text{C} -$$

25,88°C)=94384kJ=**44,26MJ** [raua erisoojus 2]

Katla kasutegur

$\eta = Q_{\text{kasulik}} / Q_{\text{puit}} = 44,26 / 76,57 = 0,5780 \Rightarrow \mathbf{57,8\%}$ (Tootja annab kasuteguriks 82-89%)

Katla võimsus

Leian kasuteguri vahemikus 40°C kuni 50°C. 40°C on ajahetkel 1500s ja 50°C on ajahetkel 2180s.

$$\Delta t = t_{50} - t_{40} = 50^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C} = 10^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 2180\text{s} - 1500\text{s} = 680\text{s}$$

Leian töö.

$$a_{\text{vesi}} = \Delta t \cdot c_{\text{vesi}} = 10^\circ\text{C} \cdot 4,19\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} = 41,9\text{kJ/kg}$$

$$A_{\text{vesi}} = m_{\text{vesi}} \cdot a_{\text{vesi}} = 138,7\text{kg} \cdot 41,9\text{kJ/kg} = 5812\text{kJ}$$

$$a_{\text{raud}} = \Delta t \cdot c_{\text{raud}} = 10^\circ\text{C} \cdot 0,45\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} = 4,5\text{kJ/kg}$$

$$A_{\text{raud}} = m_{\text{raud}} \cdot a_{\text{raud}} = 353,12\text{kg} \cdot 4,5\text{kJ/kg} = 1589\text{kJ}$$

$$A = A_{\text{raud}} + A_{\text{vesi}} = 1589\text{kJ} + 5812\text{kJ} = 7401\text{kJ}$$

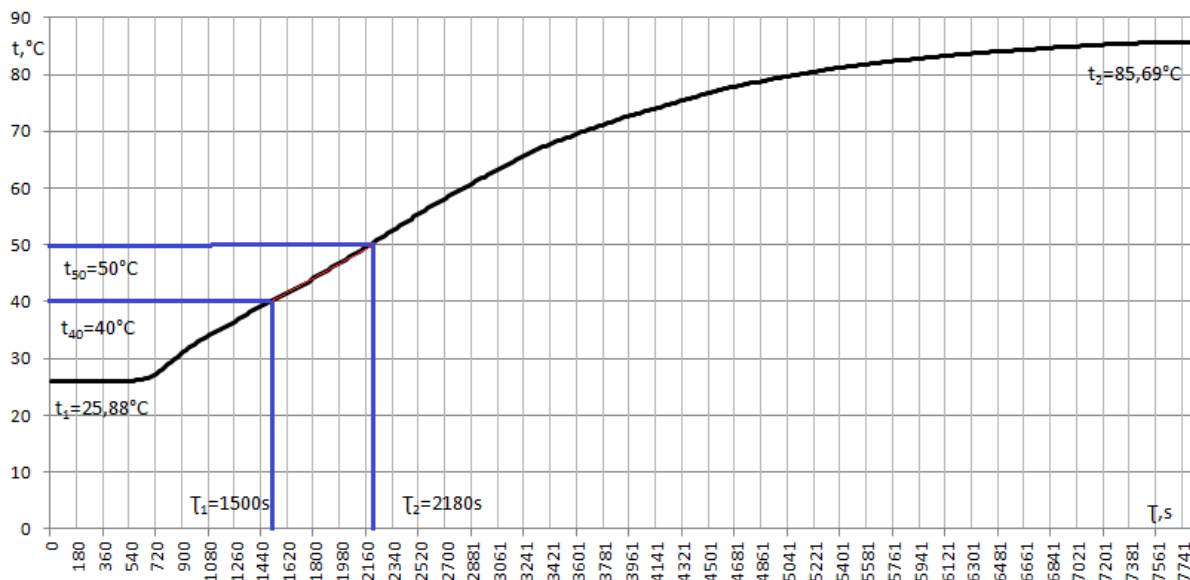
$$P = A / \Delta T = 7401\text{kJ} / 680\text{s} = 10,88\text{kJ/s} = \mathbf{10,88\text{ kW}}$$
 (katla andmetes oli 25kW)

Kokkuvõte.

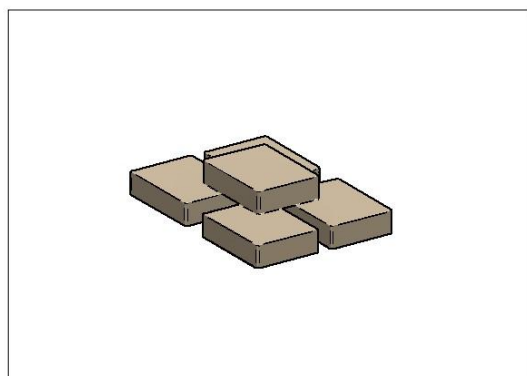
Katelseadme käivituskatse kulges edukalt ning suutsime kõik vajalikud andmed kätte saada.

Kasuteguriks saime 57,8%, mis jääb küll alla tootja poolt antud 82%-89%le kuid on siiski reaalne. Katla võimsuseks vahemikus 40°C kuni 50°C saime 10,88kW, mis jääb alla katla andmetes mainitud 25kW'le. Põhjuseks võib olla küttematerjali mitte optimaalne kogus.

Tootja andmed: <http://www.raplametall.ee/tooted/tahkekuttekatlaluk-25/>.



Joonis 1. Katelsüsteemi temperatuuri tõus.



Joonis 2. Brikettide asetus katlas.



Joonis 3. Pilt katla andmetest

29.04.2013