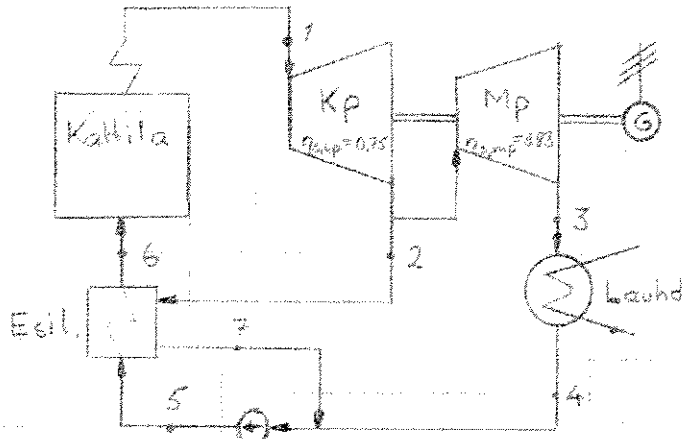
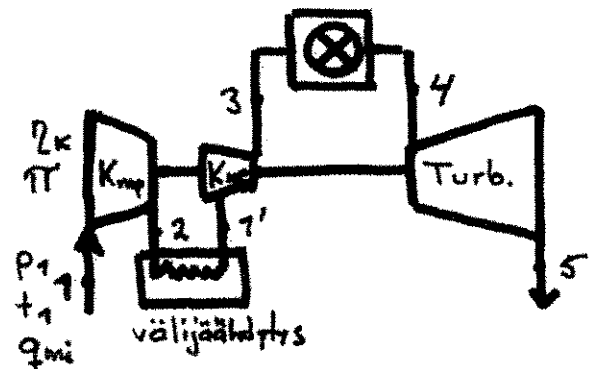


Tentissä saa olla mukana: hs-piirros, laskin ja muistiinpanovälineet

1. Lauhdutusvoimalaitoksen höyryn tila ennen korkeapaineturbiinia (Kp) on: $p_1 = 80 \text{ bar}$, $T_1 = 500 \text{ °C}$. Kp-turbiinin jälkeen on väliotto esilämmittimelle ja loput höyrystä jatkaa matalapaineturbiinille (Mp), josta höyry poistuu 0.04 bar:issa. Nettosähköteho $P = 40 \text{ MW}$. Pumpun entalpiannousua ei huomioida. Isentrooppiset hyötysuhteet: Kp-turbiini: $\eta_{s,kp} = 0.75$. Mp-turbiini: $\eta_{s,mp} = 0.83$. Syöttöveden loppulämpötila on 200 °C (piste 6). Esilämmittimen asteisuus $\Delta t_1 = 4 \text{ °C}$. **Määritä väliottopaine (piste 2).** Painehäviöitä höyrylinjoissa ei huomioida. **Mikä on höyryn paisunnan loppukosteus (piste 3)? Onko se hyväksyttävissä? Laske tuorehöyryn massavirta ja laitoksen prosessihyötysuhde?** Pumpun energiaa ei huomioida. Hyötysuhteita: $\eta_{mg} = 0.96$ (turbogen), $\eta_u = 0.98$ (muuntaja), $\eta_e = 0.95$ (omakäyttö).



Kuva tehtävään 1.



Kuva tehtävään 2.

2. Ilma saapuu välijäähdytyksellä varustettuun 40 MW:n kaasuturbiiniin 1.013 bar paineessa ja 300 K lämpötilassa (piste 1). Kaksiosaisen kompressorin painesuhde on 8 ja sen isentrooppinen hyötysuhde sekä matala- että korkeapaineosassa on 90 %. Välijäähditys jäädyttää ilman takaisin 300 K:iin. Polttokammioista savukaasu ($T_4 = 1400 \text{ K}$) menee turbiiniin, jonka painesuhde on 9.2 ja polytrooppinen hyötysuhde on 0.87. Kaasuvakio $R = 287 \text{ J/kgK}$ ja ilman $c_p = 1005 \text{ J/kgK}$ (\approx vakio puristuksen aikana). Koko systeemin mekaaninen hyötysuhde on 95%, sähkögeneraattorin hyötysuhde on 98%. **Hahmottele prosessi T,S-tasoon. Mikä on ilman lämpötila sen saapuessa polttokammioon? Mikä on koko laitoksen nettotyö ja hyötysuhde? Paljonko on tarvittava ilman massavirta?** (Katso aineominaisuustaulukko tehtäväpaperin kääntöpuolelta)
3. Mistä osatekijöistä voimalaitoksen sähköntuotannon kokonaiskustannukset muodostuvat ja missä muodossa eri voimalaitostyyppien kustannuksia voidaan vertailla keskenään?
4. Lisäpolton vaikutus kombivoimalaitoksen hyötysuhteeseen. Esitä kaavio laitoksesta ja arvioi hyötysuhteen suuruusluokka.
5. Mitä tarkoittavat seuraavat käsitteet:
- Brayton -prosessi
 - Omakäyttöhyötysuhde
 - Rakennussuhde
 - Isentrooppinen prosessi
 - Polttoaineen lämpöarvon hinta

Kaasujen aineominaisuuksia

ILMA

SAVUKAASUT

Ilma				$C_n H_{2n}$ -in palomiskaasut		
28,964 kg/kmol				28,9041 kg/kmol		
T	c_p	h_{id}	s_1	c_p	h_{id}	s_1
K	kJ/kgK	kJ/kg	kJ/kgK	kJ/kgK	kJ/kg	kJ/kgK
50,0	1,0022	-223,71	5,101	1,0240	-230,70	5,123
100,0	1,0022	-173,59	5,760	1,0235	-179,53	5,796
150,0	1,0023	-123,48	6,180	1,0288	-128,23	6,225
200,0	1,0024	-73,36	6,464	1,0383	-76,57	6,518
250,0	1,0031	-23,23	6,687	1,0500	-24,37	6,750
260,0	1,0034	-13,20	6,727	1,0523	-13,86	6,792
270,0	1,0037	-3,16	6,765	1,0547	-3,32	6,832
280,0	1,0040	6,88	6,801	1,0571	7,24	6,870
290,0	1,0044	16,92	6,836	1,0595	17,82	6,907
300,0	1,0048	26,96	6,870	1,0619	28,42	6,943
310,0	1,0054	37,02	6,903	1,0643	39,06	6,978
320,0	1,0060	47,07	6,935	1,0667	49,71	7,012
330,0	1,0067	57,14	6,966	1,0691	60,39	7,044
340,0	1,0074	67,21	6,996	1,0716	71,10	7,076
350,0	1,0082	77,29	7,025	1,0740	81,83	7,108
360,0	1,0091	87,37	7,054	1,0765	92,58	7,138
370,0	1,0101	97,47	7,081	1,0790	103,36	7,167
380,0	1,0111	107,58	7,108	1,0815	114,16	7,196
390,0	1,0123	117,69	7,135	1,0841	124,98	7,224
400,0	1,0135	127,82	7,160	1,0866	135,84	7,252
450,0	1,0206	178,66	7,280	1,1000	190,50	7,380
500,0	1,0295	229,91	7,388	1,1143	245,85	7,497
550,0	1,0398	281,65	7,487	1,1292	301,94	7,604
600,0	1,0511	333,91	7,577	1,1448	358,79	7,703
650,0	1,0629	386,76	7,662	1,1606	416,42	7,795
700,0	1,0749	440,22	7,741	1,1764	474,84	7,882
750,0	1,0869	494,25	7,816	1,1922	534,04	7,963
800,0	1,0987	548,74	7,886	1,2076	593,94	8,041
850,0	1,1101	604,63	7,953	1,2225	655,17	8,114
900,0	1,1210	663,19	8,017	1,2369	718,69	8,185
950,0	1,1313	716,97	8,078	1,2508	779,02	8,252
1000,0	1,1410	772,86	8,136	1,2639	841,24	8,316
1100,0	1,1589	888,04	8,246	1,2884	968,99	8,438
1200,0	1,1746	1004,73	8,347	1,3103	1098,95	8,551
1300,0	1,1884	1122,88	8,442	1,3299	1230,99	8,657
1400,0	1,2005	1242,33	8,530	1,3473	1364,86	8,756
1500,0	1,2112	1362,93	8,614	1,3627	1500,37	8,850
1600,0	1,2208	1484,53	8,692	1,3765	1637,36	8,938
1700,0	1,2293	1607,05	8,766	1,3889	1775,65	9,022
1800,0	1,2370	1730,39	8,837	1,3999	1915,08	9,101
1900,0	1,2440	1854,42	8,904	1,4098	2055,55	9,177
2000,0	1,2505	1979,15	8,968	1,4187	2196,99	9,250