

Nimi: _____ Opnro: _____

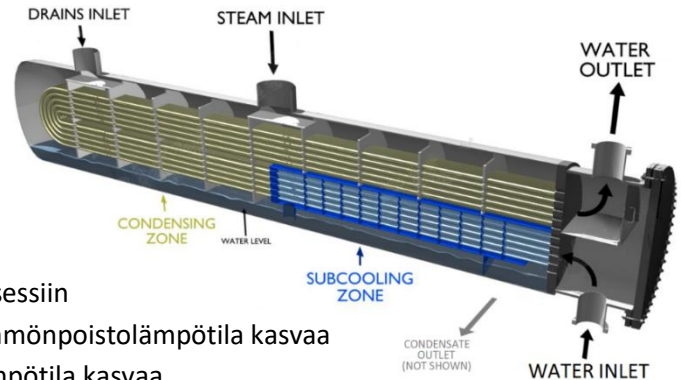
- Tentissä saa olla mukana vesihöyryn h,s -piirros, funktiolaskin ja muistiinpanovälineet
- Jos laskuissa tarvittavaa alkuarvoa ei ole annettu, valitse tyypillinen arvo ja käytä sitä.
- TEHTÄVÄPAPERIT PALAUTETTAVA!

Tehtävä 1 (10p) - VASTAA TÄHÄN TEHTÄVÄPAPERIIN!

Ympyröi oikeat väittämät, yksi jokaisessa kohdassa: oikea vastaus +2 p, väärä -1 p, tyhjä 0 p

a) Tunnista oheisen kuvan komponentti

1. Lieriö
2. Merivesilauhdutin
3. Matalapaine-esilämmitin tai kaukolämpölauhdutin
4. Syöttövesisäiliö

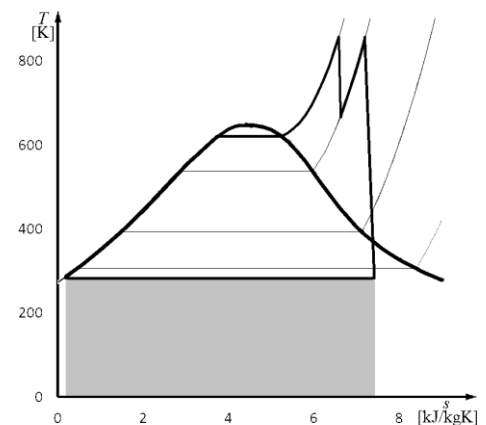


b) Miten syöttöveden väliottoesilämmitys vaikuttaa höyryprosessiin

1. prosessihiötysuhde ja ominaisteho kasvavat koska lämmönpoistolämpötila kasvaa
2. prosessihiötysuhde pienenee, koska lämmönpoistolämpötila kasvaa
3. prosessihiötysuhde kasvaa, koska keskimääräinen lämmöntuontilämpötila kasvaa
4. prosessihiötysuhde ei muutu, mutta prosessista saatava ominaisteho kasvaa

c) Mitä oikean T,s -tason piirroksen varjostettu osa esittää?

1. 2 painetasen kombivoimalaitoksen lämmöntuonti
2. Kaasuturbiiniprosessin polttoainetehto
3. 2-T lämpövoimakoneprosessin terminen nettoteho
4. Höyryvoimalaitosprosessin lauhduttimessa poistettu lämpö

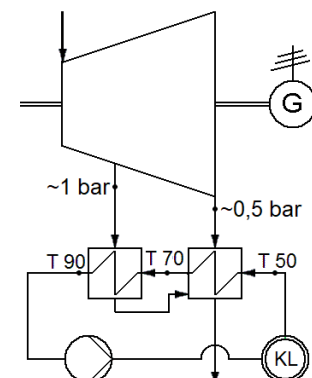


d) CHP-tuotanto pohjoismaisella kraft-sellutehtaalla: valitse oikea väittämä

1. selluprosessi vaatii paljon sähköä, muttei juuri lämpöä, joten tehtaalla on tavallisesti hiililauhdelaite.
2. mustalipeän poltossa vapautuva energia usein ylittää selluntuotannon energiantarpeen, jolloin CHP-laitoksen ylijäämänsähkö voidaan myydä, tai käyttää paperitehtaalla jos kyseessä on integraatti.
3. valkolipeä poltetaan soodakattilassa, jolloin sivutuotteena saadaan selluprosessiin tarvittavaa soodaa
4. biolietteen mineraalit poltetaan CFB-kattilassa energiaksi, ja jäljelle jäävä puhdas vesi voidaan laskea viemäriverkkoon tai vesistöön.

e) Kaukolämmöntuotanto vastapainevoimalaitoksessa on usein toteutettu kaksivaiheisesti (ks.kuva). Mikä vaikutus tällä on yksivaiheiseen verrattuna?

1. Sama lämpökuorma mahdollistaa suuremman sähkötehon; samalla polttoaineen kulutus kasvaa.
2. Polttoainetta kuluu vähemmän halutun lämpötehon tuottamiseen
3. Turbiinin hyötysuhde kasvaa: samalla sähköteholla tuotetaan enemmän lämpöä
4. Vastapaine pienenee, mikä pienentää omakäyttö- ja putkistohäviöitä



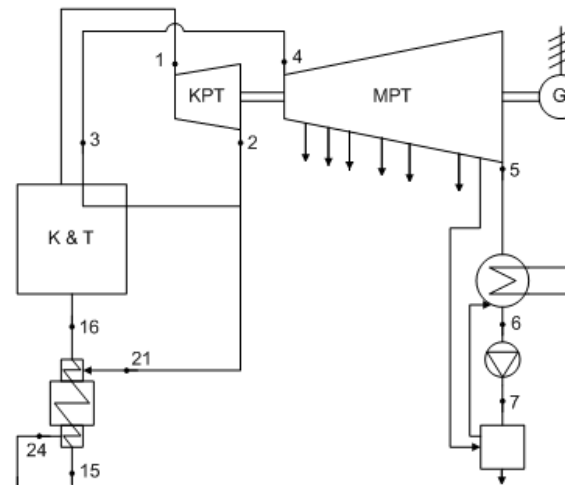
Tehtävä 2 (8p)

Ideaalisen Brayton-prosessin, todellisen yksinkertaisen avoimen kaasuturbiiniprosessin, ja rekuperaattorilla varustetun todellisen kaasuturbiiniprosessin erot;

- piirrä em. kaasuturbiinikoneikot ja numeroi tilapisteet **(3p)**
- piirrä ideaalinen Brayton- ja todellinen häviöllinen yksinkertainen avoin kaasuturbiiniprosessi päällekkäin samaan T,s -tasoon, ja havainnollista piirroksen avulla todellisen prosessin tärkeimmät häviöt. Kummallekin prosessille oletetaan sama ympäristön tila, kompressorin ulostulopaine ja turbiinin tulolämpötila. **(3p)**
- piirrä rekuperaattorilla varustettu todellinen kaasuturbiiniprosessi toiseen T,s -tasoon, ja havainnollista rekuperaattorin ja polttokammion osuudet lämmöntuonnissa ahtoilmaan. **(2p)**

Tehtävä 3 (12 p)

Oheisessa kuvassa on esitetty osa voimalaitosprosessia. Höyry tulee korkeapaineturbiinille tilassa 280 bar, 577 °C. Välitulustuspaine on 50 bar ja kp-turbiinin isentrooppinen paisuntahyötysuhde 86 %. Putkistojen paine- ja lämpöhäviöt voidaan jättää huomiotta.



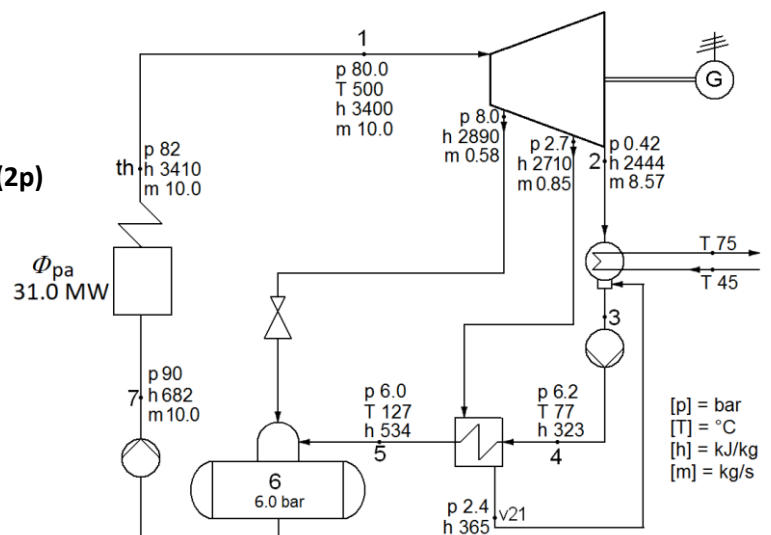
- Määritä höyryn kp-turbiinin siivistöön luovuttama terminen teho, kun tuorehöyryn massavirta on 415 kg/s. **(4p)**
- Syöttöveden tila ekonomaiserein sisääntulossa on lämpötila 265 °C, entalpia 1160 kJ/kg. Viimeiseen kp-esilämmittimeen syve tulee tilassa 230 °C, 1000 kJ/kg. Määritä asteisuudet $\Delta T_1 = \text{TTD}$ ja $\Delta T_2 = \text{DCA}$ (tarvittaessa valitse tyypillinen arvo ellei laskettavissa), sekä piirrä esilämmittimen lämpötiladiagrammi ja havainnollista siinä asteisuudet. **(4p)**
- Laske esilämmittimen lämpöteho sekä tarvittava höyryvirta, kun syöttövesimassavirta on 400 kg/s **(4p)**

Tehtävä 4 (12 p)

Alla on kuvattu pienen vastapainevoimalaitoksen prosessikaavio. Entalpiannousu lauhdepumpussa ja kattilan ulospuhallus arvioidaan merkityksettömän pieniksi. Prosessikaavio datan perusteella, ja tarvittaessa alla esitettyjä hyötysuhteita käyttämällä, määritä kysytyt tunnusluvut. Ellet osaa laskea jotakin arvoa, jota tarvittaisiin seuraavissa kohdissa, valitse tyypillinen arvo ja laske loppuun sitä käyttäen.

- Turbogeneraattorin hyötysuhde $\eta_{mg} = 0.98$
- Muuntajahyötysuhde $\eta_u = 0.97$
- Omakäyttöhöytysuhde $\eta_e = 0.92$

- Kattilan terminen teho ja kattilahyötysuhde **(2p)**
- Kiertoprosessin terminen hyötysuhde **(4p)**
- Nettosähköteho **(2p)**
- Kaukolämpöteho ja kaukolämpöveden massavirta **(2p)**
- Sähköntuottohyötysuhde **(1p)**
- CHP-tuotannon hyötysuhde **(1p)**



Tehtävä 5 (8 p)

Kaukolämpövastapainevoimalaitoksen vuotuinen polttoaineenkulutus on 250 GWh, kaukolämmöntuotanto 160 GWh ja sähkön nettotuotanto 60 GWh. Huipunkäyttöaika on 5000 h, ja investointikustannus 70 miljoonaa euroa. Laske:

- rakennusaste σ ja primäärienergian säästösuhde PES , jos lauhdevoiman referenssihyötysuhde on 35% ja kaukolämmön erillistuotannon 85% (3p)
- investoinnin nykyarvo 25 vuoden taloudellisella pitoajalle 5 % korolla; jäännösarvo 0 €. (5p)

Hintatietoja:

polttaine c_{pa}	40 €/MWh
sähkö c_{el}	60 €/MWh
kaukolämpö c_{DH}	90 €/MWh
kokonaisinvestointi C_{inv}	70 milj. €
käyttö ja kunnossapito C_{kkp}	2 milj. € / a

nykyarvotekijä:
$$\frac{(i+1)^n - 1}{(i+1)^n i}$$