**VOIMALOIDEN HYÖTYSUHDE**

**Hyötysuhteita**

|  |  |
| --- | --- |
| höyrykone | 0,15 |
| suihkumoottori | 0,20 |
| ydinvoimalaitos | 0,30 |
| bensiinimoottori | 0,30 |
| höyryvoimalaitos | 0,35 |
| dieselmoottori | 0,40 |
| vesivoimalaitos | 0,85 |
| sähkömoottori | 0,90 |
| taskulampun paristo | 0,98 |

**Tehtäviä**

1. Hiilivoimalan generaattori käyttää energialähteenä höyryä, jonka lämpötila on noin 800 K. Turbiinista poistuvan höyryn lämpötila on noin 370 K. Laske voimalaitoksen teoreettinen maksimihyötysuhde.

2. Lämpövoimakoneen lauhduttimen lämpötila on 42 ° C. Kuinka korkea tulistimen lämpötilan on

oltava, jotta koneella voitaisiin saavuttaa hyötysuhde 38 % ?

3. a) Imatran vesivoimalaitoksen sähköteho on 170 MW. Laske voimalaitoksen hyötysuhde, kun tiedetään, että voimalaitoksen putouskorkeus on 24 m ja läpi virtaava vesimäärä 930 m3/s.

b) Rakenteilla oleva ydinvoimala Olkiluoto 3 on lauhdevoimalaitos, jossa turbiineihin virtaavan höyryn lämpötila tulee olemaan 290 °C ja paine 154 bar. Laske Olkiluoto 3:n hyötysuhteen teoreettinen yläraja olettaen, että siinä höyry lauhtuu 20 °C:n lämpötilaan. (YO K08/4)

4. Hiilivoimala tuottaa sähköä 1,3 GW:n teholla. Polttamalla 1,0 kg hiiltä saadaan 6,2 MJ energiaa. Kuinka paljon hiiltä on poltettava sekunnissa, jos laitoksen hyötysuhde on 39% ?

5. Loviisan ydinvoimalan kokonaishyötysuhde on 33 %. Prosessissa hyödyntämättä jäänyt lämpö siirretään ympäristöön jäähdyttämällä lauhdutinta merivedellä. Yhden voimalayksikön hyötyteho on noin 450 MW, ja sen turbiinipiirin lauhduttimen läpi pumpataan merivettä 25 kuutiometriä sekunnissa. Kuinka paljon lauhduttimen läpi virtaavan veden lämpötila kohoaa? (YO K93)

**6. Tuulivoimala**

a) Mitä energian muuntumisia muodosta toiseen tuulivoimalassa tapahtuu? (5 p.)

b) Ilmavirran teholla tarkoitetaan pinnan läpi kulkevan ilman liike-energiaa aikayksikössä. Tuulen suuntaa vastaan kohtisuoran pinnan (pinta-ala *A*) läpi virtaavan ilmavirran teho noudattaa lakia



jossa on ilman tiheys ρ ja on ilman nopeus *v*. Johda laki (1) lähtien ilman liike-energian lausekkeesta. (4 p.)

c) Kun ilma virtaa tuulivoimalan turbiinin läpi, ilman nopeus pienenee. Voidaan osoittaa, että häviöttömällä turbiinilla ilmavirrasta saatava teho on



jossa A on turbiinin pyyhkäisemä pinta-ala ja *v*1 ja *v*2 ovat ilman nopeudet ennen turbiinia ja sen jälkeen.

Edelleen Betzin lain mukaan turbiinin suurin teoreettisesti mahdollinen teho *P*B saavutetaan, kun ilman nopeus pienenee turbiinissa yhteen kolmasosaan alkuperäisestä. Laske tuulivoimalan suurin teoreettinen hyötysuhde $\frac{P\_{B}}{P\_{K}}$. (3 p.)

d) Alla olevassa taulukossa on esitetty Enercon E70 -tuulivoimalan (kuva) todellinen sähköteho *P* tuulen nopeuden funktiona. Voimalan turbiinin halkaisija on 71 m. Piirrä kuvaaja tuulivoimalan todellisesta hyötysuhteesta $\frac{P}{P\_{K}}$ tuulen nopeuden funktiona nopeusalueella 1–25 m/s. Millä tuulen nopeuksilla todellinen hyötysuhde on yhtä suuri tai suurempi kuin 30 %? (8 p.)

Kuva: Enercon E70 -tuulivoimala

(Lähde: wind-turbine-models.com. [https://en.wind-turbine-models.com/getfoto-3Pq5tDvYhgP-turbine-enercon\_e-70-e4-2.000.jpg. Viitattu 1.6.2018](https://en.wind-turbine-models.com/getfoto-3Pq5tDvYhgP-turbine-enercon_e-70-e4-2.000.jpg.%20Viitattu%201.6.2018).)

**Lähtöarvot löytyy pedanetin tiedostosta** 