Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

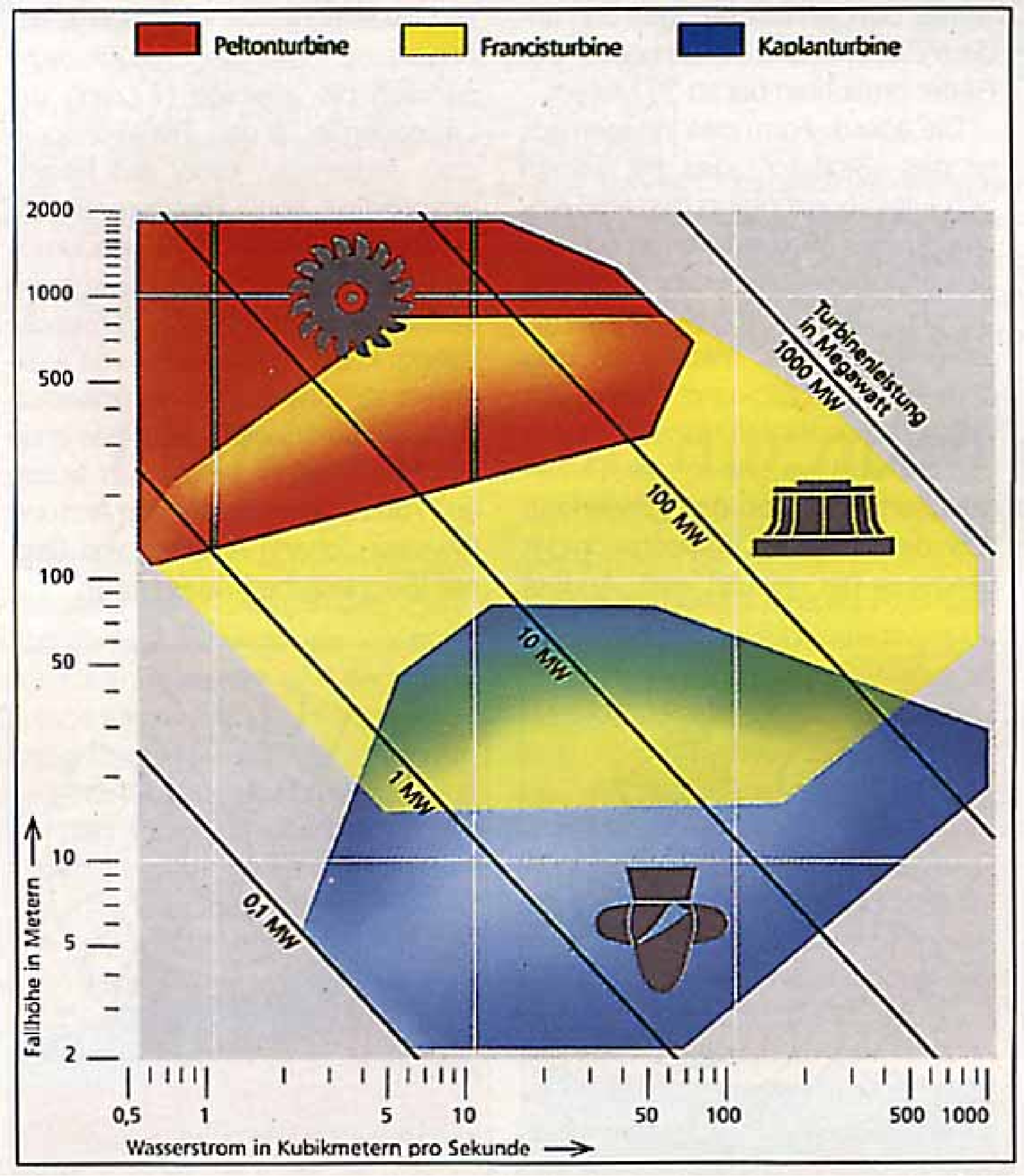
Zavod za termodinamiku, strojarstvo i energetiku

ENERGETIKA

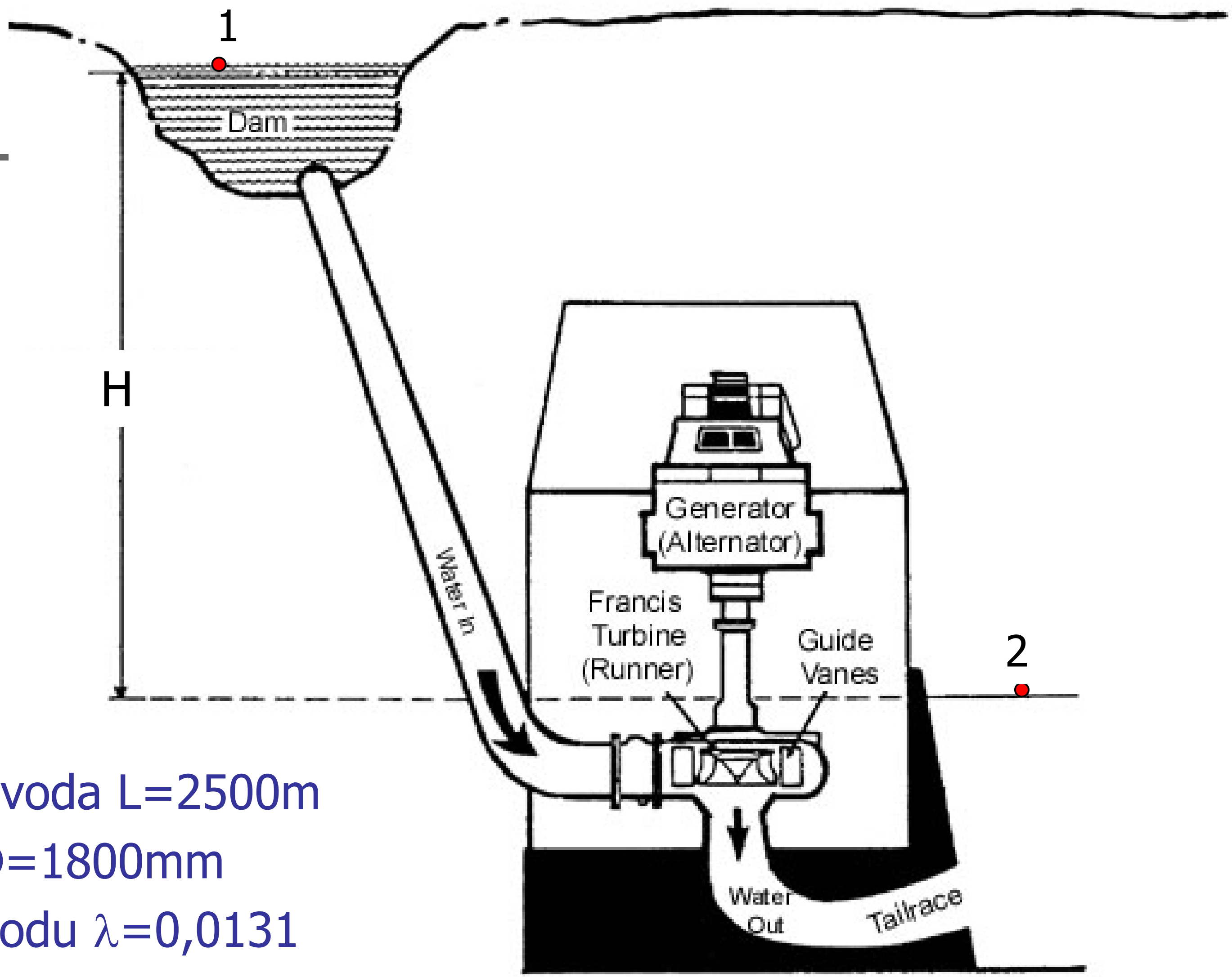
Studij: Kemijsko inženjerstvo (V semestar)

doc. dr. sc. Igor Sutlović

Odabir vrste turbine ovisno o visini i protoku



Shema hidroenergetskog postrojenja s Francis turbinom



H=250m

Q=7,5m3/s

ukupna duljina cjevovoda L=2500m

promjer cjevovoda D=1800mm

koef. trenja u cjevovodu λ=0,0131

Kako ćemo izračunati snagu turbine?

Postavljanjem modificirane Bernoullijeve jednadžbe između 1. i 2.

$$\frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + z_1 - h_t = \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + z_2 + \sum h_f + \sum h_{fm}$$

$$\sum h_f = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Linijski gubici

$$\sum h_{fm} = \sum_i K_i \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Lokalni gubici

- vrijedi $p_1=p_2=p_a$
- $z_1=H$, $z_2=0$
- $v_1=v_2=0$
- $K_{uk}=15$

$$H - h_t = \sum h_f + \sum h_{fm}$$

$$h_t = H - \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} - K_{uk} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \qquad v = \frac{4 \cdot Q}{D^2 \cdot \pi} = 2{,}95 m/s$$

$h_t=235{,}3$ m

$$P_t = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h_t = 17{,}3 MW$$

Godišnja proizvodnja el. energije uz $\tau=8760$ sati

$$P_t \cdot \tau = 17{,}3 MW \cdot 8760 h = 151{,}5 GWh$$

$$P_t \cdot \tau = 17{,}3\text{MW} \cdot 8760\text{h} = 151{,}5\text{GWh}$$

Godišnja proizvedena količina el. energije ako elektrana radi 8760h

izraženo u GWh:

$17{,}3\text{W} \cdot 10^6\text{W} \cdot 7800\text{h} = 151548 \cdot 10^6\text{kWh} = 151{,}5\text{GWh}$

izraženo u tonama ekvivalentne nafte tEn:

1(tEn)=11630 kWh=41,868 GJ $\Rightarrow \dfrac{151548 \cdot 10^6\,\text{kWh}}{11630\text{kWh}} = 13{,}0 \cdot 10^6\,\text{tEn}$

izraženo u tonama ekvivalentnog ugljena tEu:

1(tEu)=8141 kWh=41,868 GJ $\Rightarrow \dfrac{151548 \cdot 10^6\,\text{kWh}}{8141\text{kWh}} = 18{,}6 \cdot 10^6\,\text{tEu}$

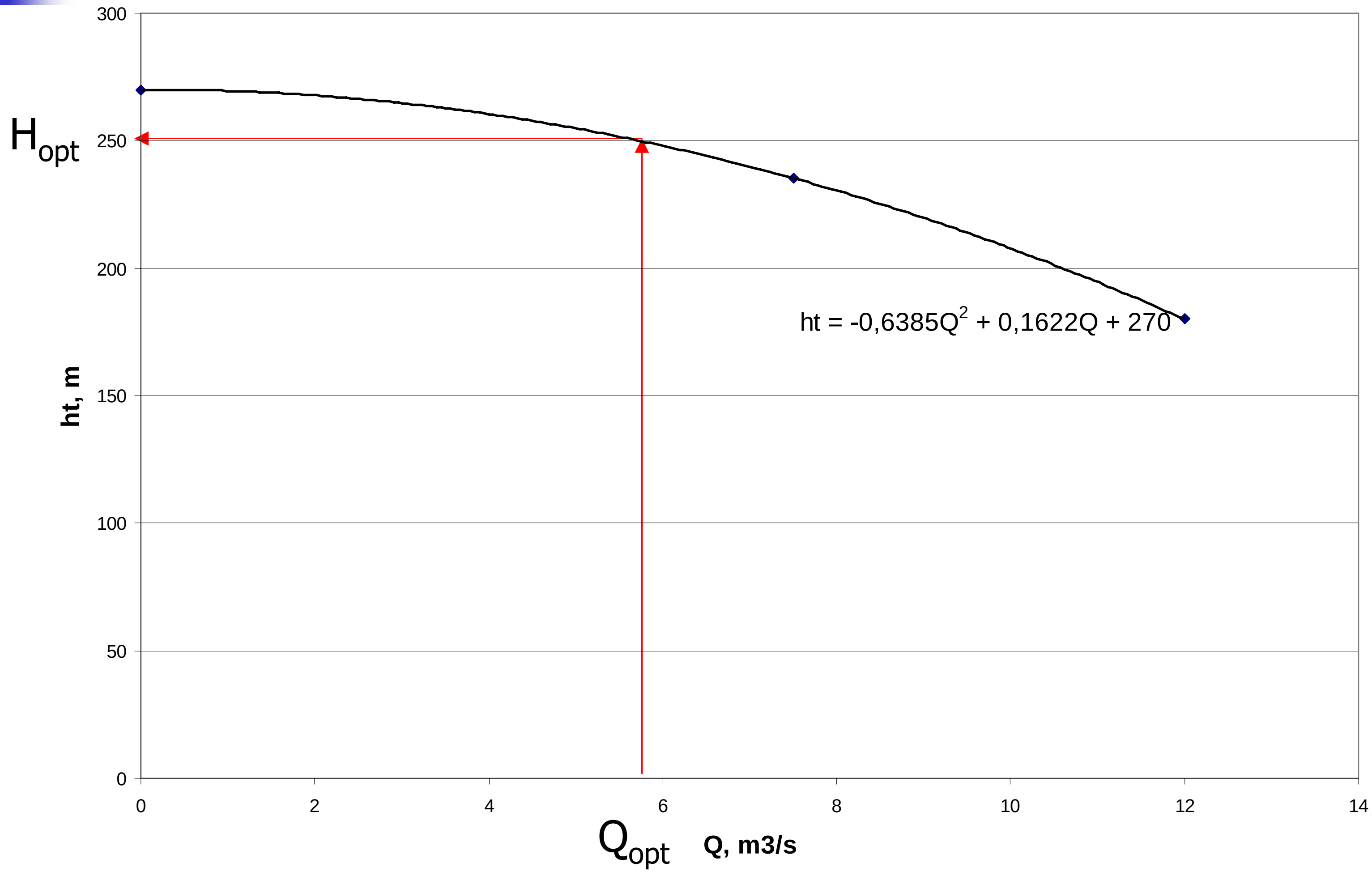
izraženo u kJ:

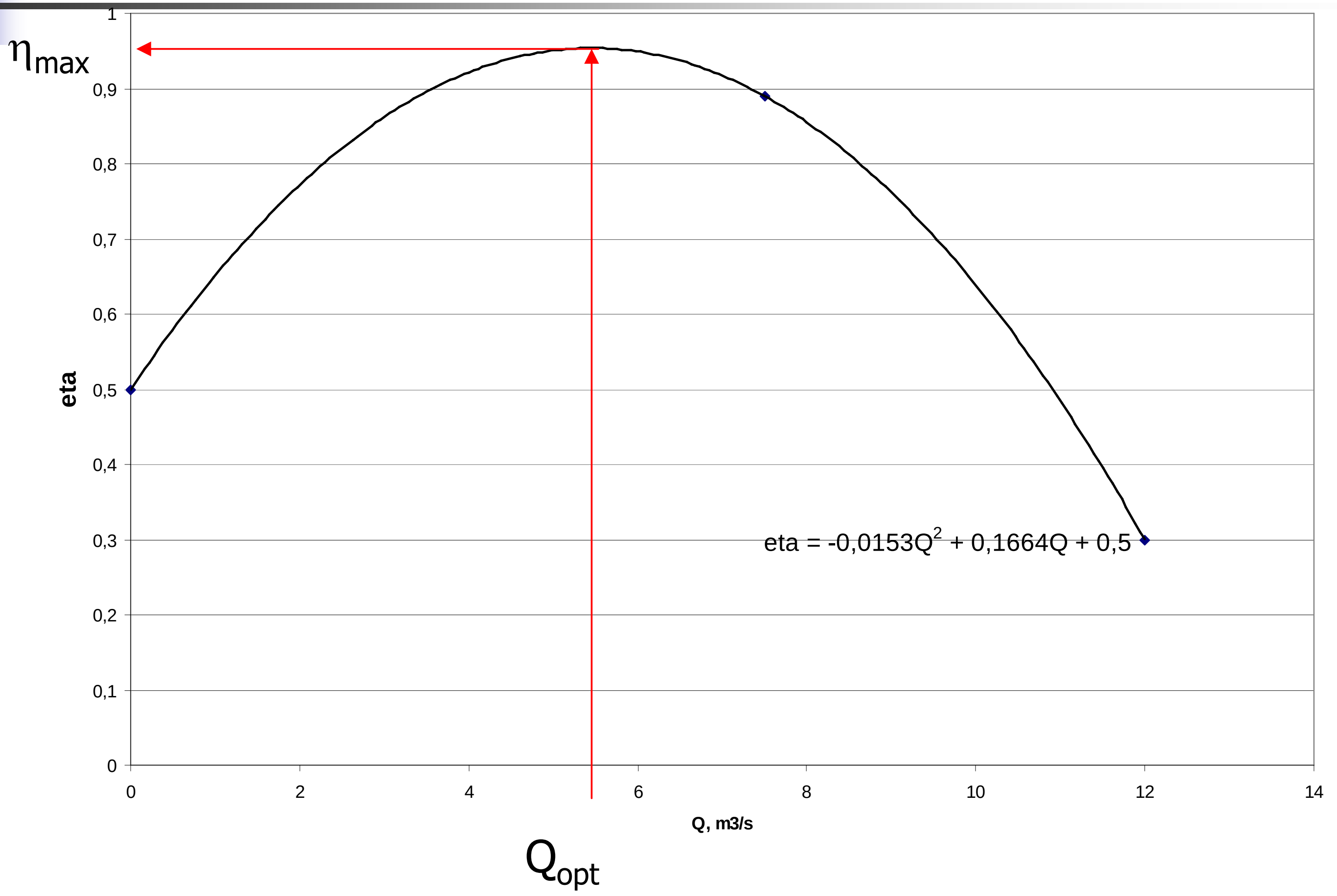
1kWh=3600kJ $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \quad 151548 \cdot 10^6\,\text{kWh} \cdot 3600 = 5{,}5 \cdot 10^{14}\,\text{kJ} = 5{,}5 \cdot 10^8\,\text{GJ} = 550\text{TJ}$$

Turbina može raditi u određenom rasponu protoka. Taj rad se opisuje odgovarajućim karakteristikama

Za zadanu karakteristiku turbine potrebno je izračunati optimalni protok, maksimalni stupanj iskorištenja i neto pad turbine u optimalnoj točki.





ηmax
1
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
eta
eta = -0,0153Q2 + 0,1664Q + 0,5
0
2
4
6
8
10
12
14
Q, m3/s
Qopt

Uvjet ekstrema (maksimuma) iz matematike:

$$\frac{d\eta}{dQ} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{d}{dQ}\left(-0{,}0153Q^2 + 0{,}1664Q + 0{,}5\right) = 0 \Rightarrow Q_{opt} = 5{,}44\,\frac{m^3}{s}$$

Uvrštavanjem ovog protoka u zadane karakteristike dobivaju se ostale tražene veličine:

$$\eta_{t\,max} = 0{,}952 \qquad H_{opt} = 252{,}0m$$

Stupanj iskorištenja turbine definiran je kao omjer dobivene (mehaničke) i uložene snage (hidrauličke) snage:

$$\eta_t = \frac{P}{\rho \cdot g \cdot h_t \cdot Q}$$

Za optimalnu točku snaga P je : $P_{opt} = 13{,}45MW$