

ENERGIJSKE TEHNOLOGIJE

SAŽETAK BY Cope

- prema prezentacijama i predavanjima prof. Šadeka
- nakon 9. stranice shvjetli da je bilo još nekih 20 stranica
- opet numerirane stranice
- uključuju se da će vam pomoći za ono brolo teorije iz 2. ciklusa

2015./2016.

ENETEH SABETAK

1. O ENERGIJI

(55)

→ energija - sposobnost obavljanja mehaničkog rada

→ stenejne sile - gravitacijska, elektromagnetska, jaka / slaba nuklearna

* unutrašnja energija - sastoji se od 6 STACIONARNIH OBILICA energije (mogu se akumulirati u sustavu i sačuvati svoj oblik duže vremena):

1. gravitacijska potencijalna - izmedu dva sustava zbog njihovih masa
2. električna potencijalna
3. nuklearna che. prisje
4. unutrašnja kemijska - na razini molekula ili atoma
5. kinetička
6. energija mitrovanja ($E=mc^2$)

→ svih ostalih oblika - ih oblik unutrašnje (npr. kemijske, mehaničke)
- ih PRUŽAĆI OBICI

* PRUŽAĆI OBICI

1. mehanički rad - javlja se kada meh. ene. ili/ili unut. kolar. ene. raspodjeljuju se preko svih sastavnih elemenata sistema
- $W = F \cdot s$

2. toplinska energija - prelazak sastava više na sistem u veću temperaturu
- pretvorba unut. kolar. energije

3. električna energija - transformacija u procesu pretvorbe elektro. pot. ene. u neku drugu oblik

4. rad trenja - mehanički rad kojim se smanjuje sila trenja ili/ili otpora

→ MEHANIČKA ENERGIJA = meh. rad, red s dr. oblik. ene.

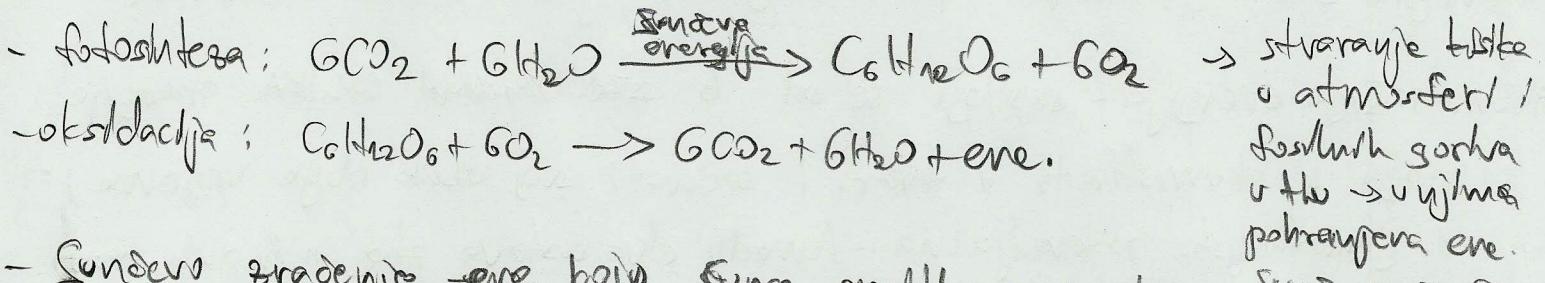
$$- E_m = E_k + E_{gp} + E_{ep} + E_{rot}$$

→ KEMIJSKA ENERGIJA - elektro. pot. ene. akumulirana u rasporedu atoma u molekulama

→ stacionarni oblici - "nekorisni"

→ energija ovisi o struci i prostoru VEE GUSTOĆE ENERGIJE u prostoru ⁽²⁾
MANJE GUSTOĆE ENE. - spontani, samoniki, samopatologij i samoadržavajući
proces - dok se gustoća ne raspodjeli

- izvor energije na Zemlji : 1. Sunčevi zračenje, aborulira se pomoću fotosinteze
2. geotermalni djelovanje ("vlastita" ene.)
3. plinovi i oseka
4. vodski djelovanje (zanesljivo)



- Sunčevi zračenje - ene. boje Sunce emitira u svemir
→ termoeksplozije: $4_{\text{H}} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2\text{e}^+ + 2\nu + 26,21 \text{ MeV}$
 - 0,75% mase se pretvara u energiju $\xrightarrow{\text{pozitroni}} \text{neutrini}$

- cikl - emisija se elemenski zračenje

* druga definicija energije: "neki je sustav obavio pozitivni rad, za vrijeme nekog procesa, tako se jedino vanjsko djelovanje tog sustava može svesti na podizanje težete"

* oblik ene. s obzirom na mogućnost pretvorbe u meh. rad:

- 1. glavni stavak termodynamike: Eksergija + Anergijsa = konst. = Energija
- 2. - n - n - n - : Energija = Eksergija + Anergijsa
- EKSERGIJA - može se pretvoriti u meh. rad
 - korišnja $\hookrightarrow \downarrow \leftarrow$
pedna može imati vrijednost 0
- ANERGIJA - odvodi se u obliku
 - potrošnja - realni proces - eksergija se pretvara u anergiju - nepovratno
 - idealni proces - ekse. se ne pretvara u ane. - količina = konst. $\xrightarrow{\text{izgubljena}}$
- idealni proces - POVRATIVNI (REVERZIBILNI)
- netidealni - n - NOPOVRATIVNI (IREVERZIBILNI)
- nemoguće ene. pretvoriti u ekse.
- u svim procesima - ene. = konst., ali svaki mogućnost transformacije što je više ekse. pretvoreno u ane.

- ENTROPIJA - omjer biločne topl. energije koja se kompenzuje izmedu sustava i okoline i temp. priljev je se to događa (✓)
- $dS = \text{adifabatski sustav}$:
 - $\rightarrow dS_{AS} = 0 \rightarrow$ povratljivi proces - nista eks. se ne pretvara u ane.
 - $\rightarrow dS_{AS} > 0 \rightarrow$ nepovratljivi proces
 - $\Rightarrow dS_{AS} < 0 \rightarrow$ nemogući proces - perpetuum mobile 2. vrste

$$dS = \frac{dq}{T} + \frac{|dw_{reg}|}{T}$$

$\frac{dq}{T} \rightarrow$ strujanje entropije

$\frac{|dw_{reg}|}{T} \rightarrow$ proizvodnja entropije

- $d(\text{grublak eks.}) = T_{\text{ole}} dS_{AS}$

$$dS_{AS} = dS_{ex} + dS_{s}$$

2. ENE. PRETvorbe i procesi u TE.

ZATVORENI SUSTAV

- očuvanje mase: $m_s = \text{const} [\text{kg}]$

$$dm_s = 0 [\text{kg/s}]$$

- kompenzacija > okolnom - meh. rad, topl. ene, rad trenja

- samo posredovanjem sile ili razlike u temp. sustava i okoline

$$W_{in} = \int_{V_1}^{V_2} pdV [\text{J/kg}] \rightarrow \text{nije veličina stanja - ovisi o procesu}$$

- ako zas mijene i promjene volumena - može kompenzirati meh. rad ali postoji rad trenja

$$W_{in} = \int_{V_1}^{V_2} pdV - |W_{radtren}|$$

- gibanje se sustav:

$$W_{in} = - [g(z_2 - z_1) + \frac{1}{2}(c_2^2 - c_1^2)] + \int_{V_1}^{V_2} pdV + |W_{radtren}|$$

- rad trenja ne može biti pozitivan $W_{rad} \leq 0$ (2. sl. stanak termodyn.)

- energija claredena u mjenici 2s (meh. rad) se akumulira \rightarrow unutrasnja kalorička ene.

* Topl. energija - prelazi granice sustava! $q_{12} = u_2 - u_1 + w_{12}$ [J/kg]

→ prelazni oblik

- U kružnom procesu, dodatane top. energije se protvaraju u unut. kaloridike energije, točka se zadnja reakcija na ekst. i unut.

$$dq = du + dw$$

du - tot. diferencijel

$dq \neq dw$ - nisu tot. dif.

$$\int dq \neq q_2 - q_1 \quad \int dq = q_{12}$$

- Toplinske ravnostice (nulti stavak): $Q_{12} = u_2 - u_1 + w_{12}$

as $Q_{12} \rightarrow 0$ | $w_{12} \rightarrow 0$ (jer je ravnostica)

$$u_2 - u_1 \rightarrow 0 \Rightarrow u_1 = u_2$$

- prelaz toplice:

$$Q_{12A} = -Q_{21B}$$

→ zaprav pumpena kaloridike energije.

(zbog nje se onda mijenja i temp.)

* 1. GAVUM STAVAK T.D. ZA ZS. (53.)

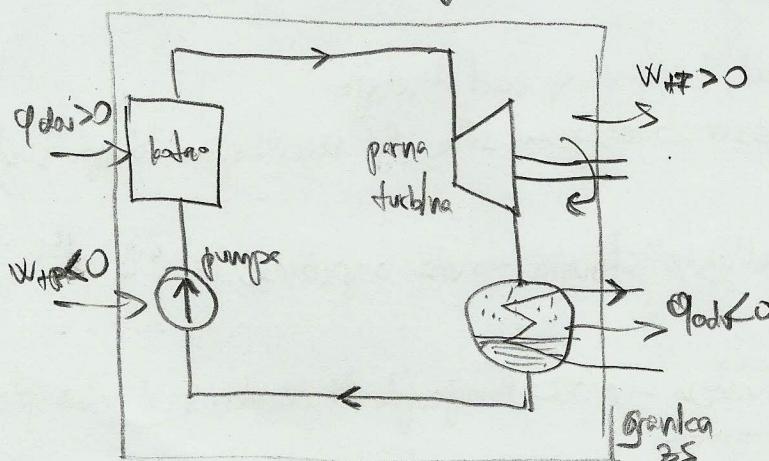
- relacija:

$$q_{12} - w_{12} = u_2 - u_1 \quad [\text{J/kg}]$$

$$q_{12} - \int_{V_1}^{V_2} pdV + |w_{12}| = u_2 - u_1$$

- nebitno mjesto W i W se giba sustav (ek + ep se potiske)

- unutarnja kalor. energija se ne može podijeliti na rad / toplost (dodatana / određena energija može - rad / toplost prelaze granice sistema)



$$q_{12} = u_{12}$$

$$W_{\text{turbine}} = q_{12} - |W_{\text{pump}}|$$

(|Wpump| << |Wturbine|)

↪ Z.S. podvrgnut K.P.

* OTVORENI SUSTAV

- parni kotao
- parna turbina
- kondensator
- pumpa
- cijevi

- višekratno iskoristavanje
- djelatna točka (rednj.)

- TSS proces (1) jednodimenzionalni - sve sl. vektorske fizičke samo jedne dimenzije - pravca strujanja
→ po preseku - sve isto

$$c_{sr} = c_s(x, t) \rightarrow$$

(2) stacionarno stvaranje - nijedna vel. nije fija, vremena - ovise samo o položaju promatrane osobke fluida:

(3) stepni proces - učinkuju fluid kao djelatnu snagu koja prelazi granice sistema
- fluid - snar se pod djelovanjem naprezanja, bolj kognitivno malenog, neprekidno deformira, stroj!

- tehnički rad - rad predan u OS, odnosno donešen u OS

- očuvanje mase:

$$\oint \rho \cdot \vec{C} \cdot d\vec{A} = - \frac{d}{dt} \iiint \rho dV [ks/s]$$

geđn. kontinuitet: $\sum_{k=1}^n m_{ik} = \sum_{j=1}^m m_{uj} \Rightarrow m [ks/s] = konst.$

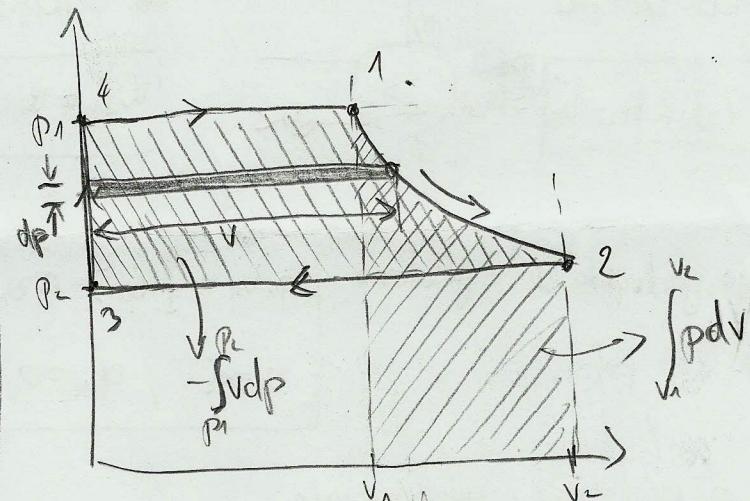
- tehnički rad stepnog stroja:

"proc. mesto stalnim flakovima"

$$\int pdv - (p_2 V_2 - p_1 V_1) = - \int v dp$$

$$W_m = \int_{V_1}^{V_2} pdv = - \int_{p_1}^{p_2} v dp + (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$W_{thm} = - \int_{p_1}^{p_2} v dp = \int_{V_1}^{V_2} pdv - (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$



$$W_{thm} = - \int_{p_1}^{p_2} v dp - (W_{ext}) - \Delta_{ex} - \Delta_{sp} \rightarrow \text{bad osneno u oblik strojeva, i promjene potrebita / grav. pot. ero.}$$

- 1. stavak za ISS procese O.S.: $\left[\text{ene. logična učest u sustav} = \text{ene. boja istasi na mjestu} \right]$

$$q_{12} + U_1 + p_1 V_1 + \frac{1}{2} C_1^2 + g z_1 = W_m + U_2 + p_2 V_2 + \frac{1}{2} C_2^2 + g z_2$$

- rad sružnja: $F_1 S_1 = p_1 A_1 S_1 = p_1 V_1$ $\left[\begin{array}{l} \text{rad} \\ \text{sružnja} \end{array} \right]$

$$F_2 S_2 = p_2 A_2 S_2 = p_2 V_2$$

- entalpija: $[U + PV = h] [J/kg]$

$$U_1 + p_1 V_1 = h_1$$

$$U_2 + p_2 V_2 = h_2$$

$$q_{12} + h_1 + \frac{1}{2} C_1^2 + g z_1 = h_2 + \frac{1}{2} C_2^2 + g z_2$$

$$q_{12} = u_2 - u_1 + \int_{v_1}^{v_2} pdv$$

$$dh = du + pdv + vdp$$

$$du + pdv = dq$$

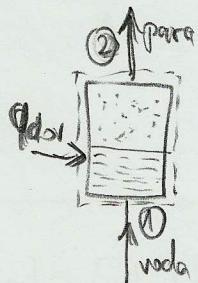
6

- kompena topl. energije ostvarane o temp. rastava rotulice
→ je u sustav ostvoren ΔW zatvoren - nje bitno

* TES PROSECI O.S. TERMOELEKTRANA

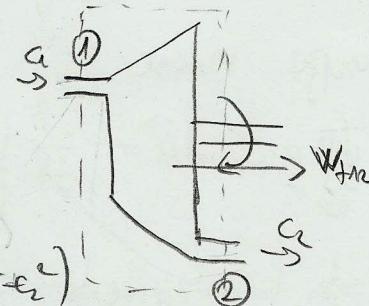
1. PARNI KOTAO

$$q_{12} = q_{adv} = h_2 - h_1$$



2. TURBINA

$$W_{t12} = h_1 - h_2$$

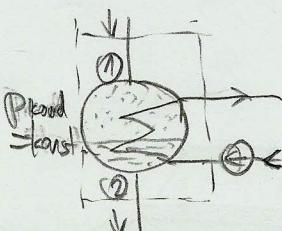


$$W_{t12} = h_1 - h_2 - \frac{1}{2}(c_1^2 - c_2^2)$$

= 0 ako su brzine iste

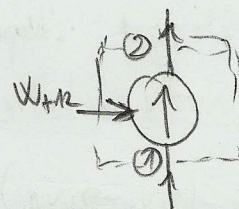
3. KONDENZATOR

$$q_{12} = q_{adv} = h_2 - h_1$$



4. PUMPA

$$W_{p12} = W_{pumpe} = h_1 - h_2$$



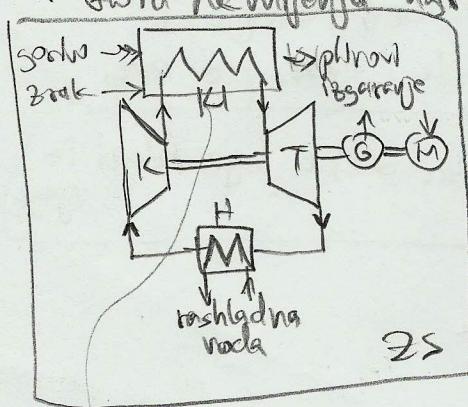
- strujanje vode u objektima:

$$\rho_1 V_1 + \frac{1}{2} C_1^2 + g Z_1 = \rho_2 V_2 + \frac{1}{2} C_2^2 + g Z_2$$

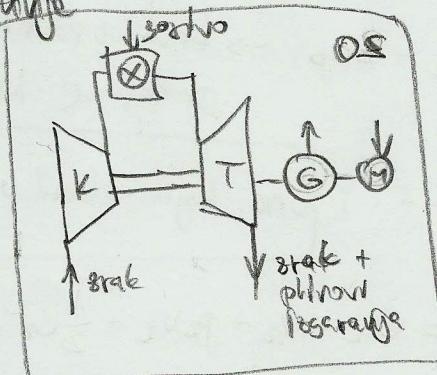
$$V_1 = V_2, q_{12} = 0, W_{p12} = 0, W_{t12} = 0$$

* TE S PLINSKOM TURBINOM

- fluid ne mijenja agr. stanje



komora
izgaranja



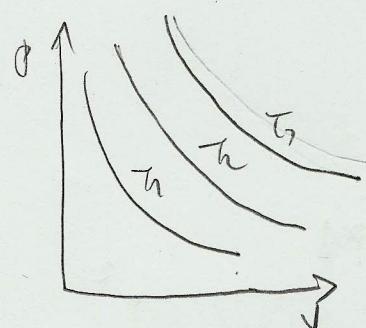
2. 2. O IDEALNOH PLINA

- tvar (nepostojča) u plinovitom stanju koga se može uključiti i predviđati uobičajenim matematičkim modelima

* SREDNJI STANOVI IDEALNOG PLINA

- tri veličine stanja: tlak, volumen, temperatura

→ Boyle-Mariotteov zakon

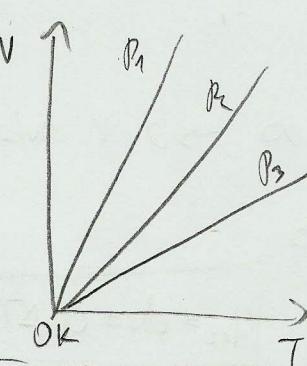


$$pV = \text{konst.}$$

(za $T = \text{konst.}$)

$$T_3 > T_2 > T_1$$

→ Gay-Lussacov zakon



$$V = \text{konst.} \cdot T$$

(za $p = \text{konst.}$)

$$p_3 > p_2 > p_1$$

→ kombinirani zakon:

$$pV = RT \quad [\text{J/kg}]$$

$$pV = mRT$$

R - plinska konstanta

- red 1 kg plina kada mu se, kod $p = \text{konst.}$, T promjeni za 1 K

$$1 \text{ kmol} = M \text{ kg}$$

- Avogadroov zakon - isti volumen različitih plinova pod istim tlakom i na istoj temperaturi sadrži isti broj čestica

$$\text{bolonadni volumen: } V_m = 22,4 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

$$\text{opća plinska konst: } R_m = 8314,3 \text{ J/kmolK}$$

- Boltzmannova konst:

$$k_B = 1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$pV_m = nR_m T$$

$$\text{- normirani bolonadni metar: } 1 \text{ nm}^3 = \frac{1}{22,4} \text{ kmol} = \frac{M}{22,4} \text{ kg}$$

- unut. kabr. ene - fja temp, ne tlak / volumen: $u = f(T)$

* SPECIJALNI COGL. KAPACITETI

- koštaločna ena logu treba dovesti jednom iz tvarit kabla bl. po se temp. povećaj za 1 K

$$c = \frac{dQ}{mdT} = \frac{dq}{dT} \quad \text{J/kgK}$$

$$Q_n = c m \Delta T$$

- ovlast o: svobodna energija, temperaturni, nadmorski dozvolački top. ene.

→ ovlast o temp - nekriterna - volumen se srednji c pomjeri temp. $T_1 \sqrt{T_2}$

→ konst. volumen:

$$dQ = C_V dT$$

→ konst. tlak:

$$dh = C_P dT$$

$$C_P - C_V = R$$

$$C_V = \frac{R}{k-1}$$

$$\frac{C_P}{C_V} = K$$

$$C_P = \frac{kR}{k-1}$$

2.3. PROCESI S IDEALNIM PLINOM

$$PV = RT$$

$PV^n = \text{konst.}, 0 \leq n \leq \infty \rightarrow$ n ovlasti procesa:

1. izohorni, $n = \infty$

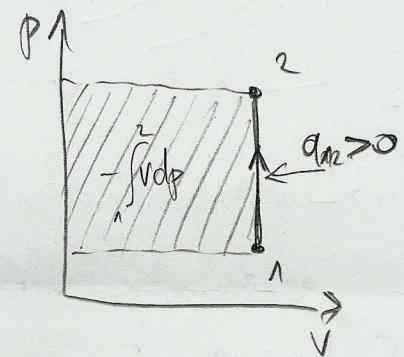
$$V_1 = V_2 = V = \text{konst.}$$

$$\frac{P}{T} = \text{konst.}$$

$$W_{12} = \int_1^2 P dV = 0$$

$$dq_{12} = dn = C_V \Delta T$$

$$W_{12} = - \int_1^2 V dp = -V \cdot \Delta p - \Delta e_k - \Delta e_p$$



2. izobarni, $n = 0$

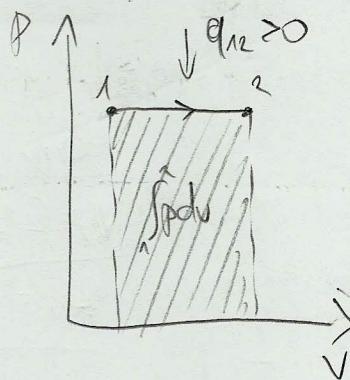
$$P_1 = P_2 = P = \text{konst.}$$

$$\frac{V}{T} = \text{konst.}$$

$$W_{12} = \int_1^2 P dV = P \Delta V$$

$$dq_{12} = C_P \Delta T = dh$$

$$W_{12} = - \int_1^2 V dp = 0 - \Delta e_k - \Delta e_p$$



3. izotermni, $n = 1$

$$PV = \text{konst.}, f.$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$pdV + Vdp = 0$$

$$pdV = -Vdp$$

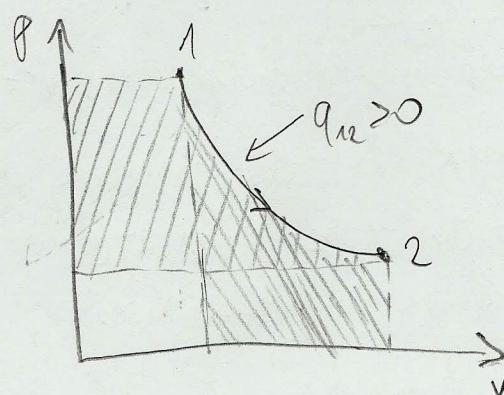
$$W_{12} = \int_1^2 pdV$$

$$W_{12} = - \int_1^2 V dp$$

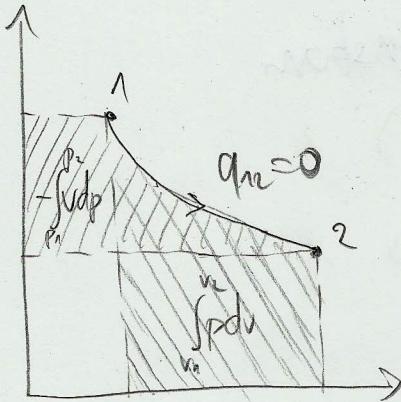
$$dq_{12} = W_{12} = W_{12}$$

$$W_{12} = \int_1^2 pdV =$$

$$= P T \ln \frac{V_2}{V_1} = P T \ln \frac{P_1}{P_2} = dq_{12}$$



3. ADIJABATSKI, $n = k = \frac{C_p}{C_v}$



$$q_{n2} = dh + pdv = 0 = dh + Vdp$$

$$W_{n2} = \int_1^2 pdv = C_V(T_1 - T_2)$$

$$W_{n12} = - \int_1^2 fVdp = C_p(T_1 - T_2) - \Delta h - \Delta pV$$

$$T = \frac{C_p}{C_v} = - \frac{Vdp}{pdV}$$

$$PV^k = \text{konst.}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

4. POLITROPSKI, $n \neq 0, 1, \infty, k$

$$dq = C_V \frac{n-k}{n-1} dT = C_n dT$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{k-1}{n}}$$

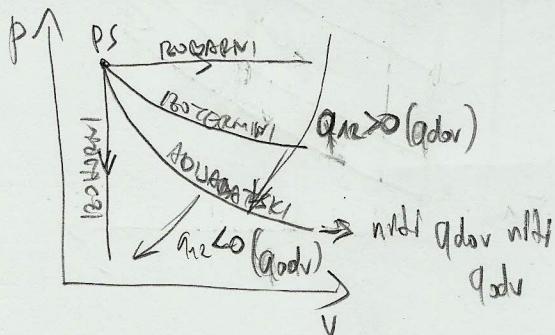
$$W_{n2} = \frac{R}{n-1} (T_1 - T_2)$$

$$W_{n12} = \frac{nR}{n-1} (T_1 - T_2)$$

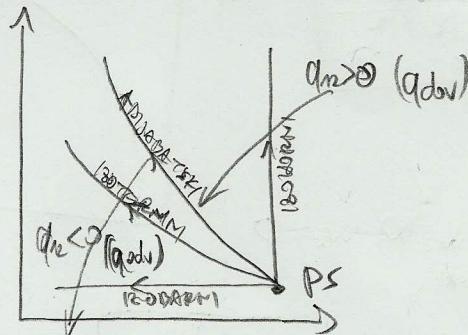
C_n - politrapski spec. top. kapacitet

- usporedba

a) dobljavanje reda - ekspanzija



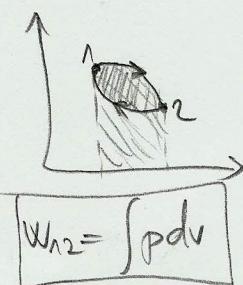
b) učlanjivanje radi - kompresija



* KONZNI PROSECI

- vrati se u početno stanje; sve vel. stavlja posle početne vrijednosti (neovisno o vrsti procesa i u sustavu)

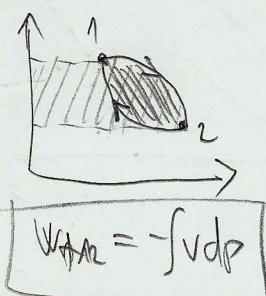
1. ZS



$W_{n2} > 0$ za DKS

$W_{n2} < 0$ za UKS

2. OS



* TERM. SUDARJ. OBLOVANJA

$$\eta_t = \frac{W}{Q_{adv}} = \frac{Q_{adv} - |Q_{adv}|}{Q_{adv}} = 1 - \frac{|Q_{adv}|}{Q_{adv}}$$

$$dq = C_V \frac{n-k}{n-1} dT$$

$$C_n = C_V \frac{n-k}{n-1}$$

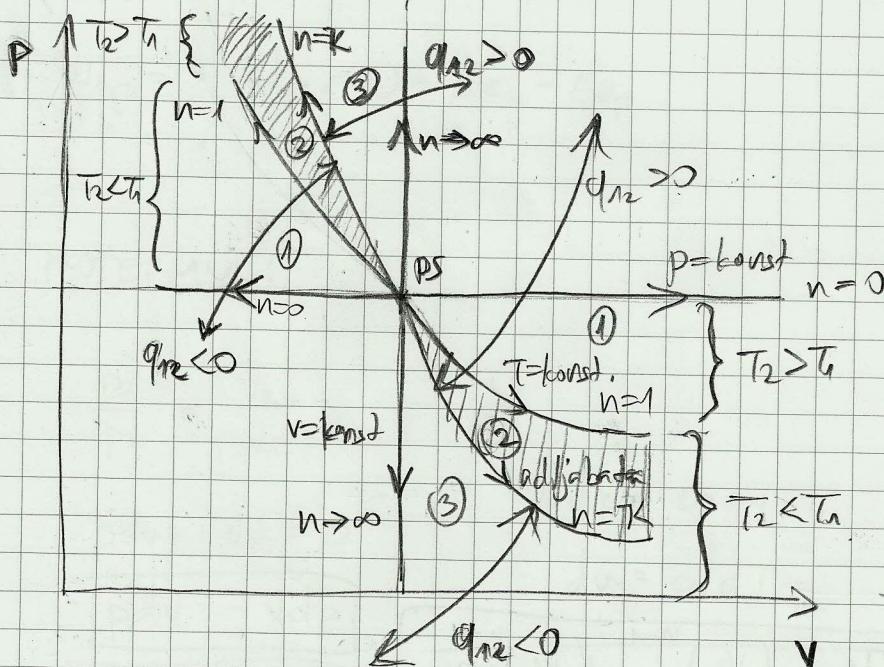
\rightarrow polytropisk specl. tgl. kapasitet.

$$n=0 \rightarrow C_n = q = C_V k, \quad p = \text{konst.}$$

$$n=1 \rightarrow C_n \rightarrow \infty, \quad T = \text{konst.}$$

$$n=k \rightarrow C_n = 0, \quad \text{adiabatiski}$$

$$n \rightarrow \infty \rightarrow C_n = C_V, \quad v = \text{konst.}$$



2. kv. \rightarrow utløsning røde

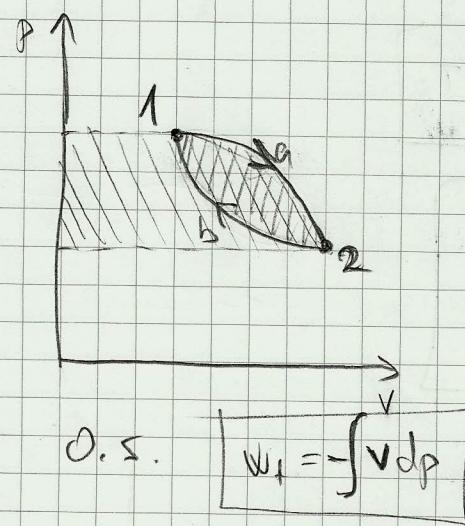
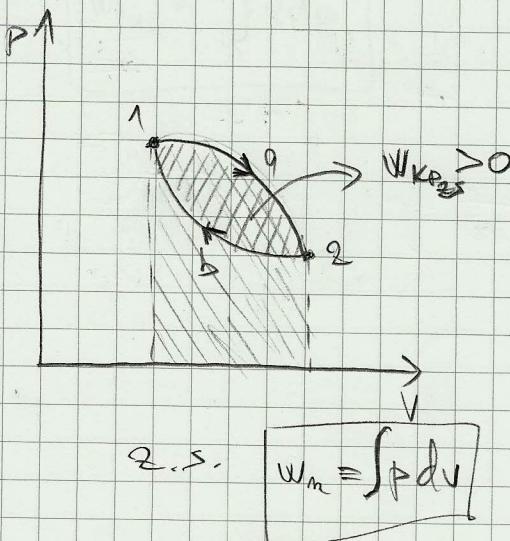
4. kv. \rightarrow eksplosjon røde

① $C_n > 0$

② $C_n < 0 \rightarrow$ negativ polytropisk adiabatiski

③ $C_n > 0$

KRUVØMI PROCES



TERMICKI STUPANJ PROČINJANJA

$$\eta = \frac{w}{q_{dov}} = \frac{q_{dov} - q_{adv}}{q_{dov}} = \boxed{1 - \frac{|q_{adv}|}{q_{dov}}}$$

$$\eta = \frac{E_{kor}}{E_{ul}}$$

CARNOTOV KRUŽNI PROCES

1-2 izotermno dovođenje topline

$$q_{12} = w_{12} = RT_{dov} \ln \frac{P_1}{P_2}$$

3-4 izot. svlačenje top.

$$W = w_{12} + w_{23} + w_{34} + w_{41} = q_{12} + q_{23} + q_{34} + q_{41}$$

$$q_{34} = w_{34} = R T_{dov} \ln \frac{P_3}{P_4}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\frac{1}{k-1}} = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

2-3, 4-1 adijabate

$$q_{23} = q_{41} = 0$$

$$w_{23} = C_V (T_{dov} - T_{adv}) \quad \} 0$$

$$w_{41} = C_V (T_{dov} - T_{adv})$$

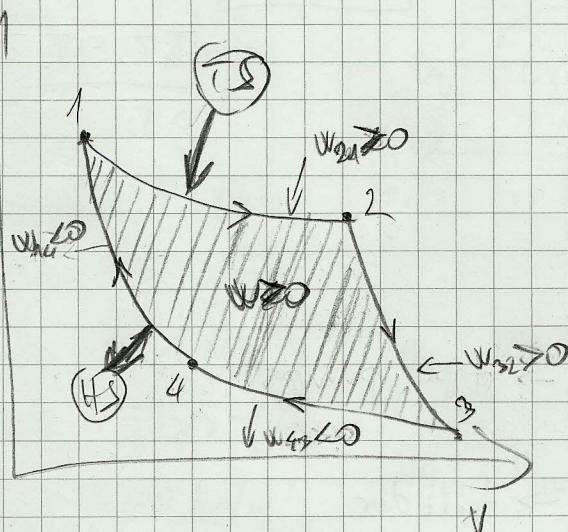
$$\frac{T_{dov}}{T_{adv}} = \left(\frac{P_2}{P_3} \right)^{\frac{1}{k-1}} = \left(\frac{P_4}{P_1} \right)^{\frac{1}{k-1}} \quad \boxed{\frac{P_1}{P_2} = \frac{P_4}{P_3}}$$

$$W = \sum_i w_i = R(T_{dov} - T_{adv}) \ln \frac{P_1}{P_2} = \sum_i q_i$$

$$\eta = \frac{w}{q_{dov}} = \frac{R(T_{dov} - T_{adv}) \ln \frac{P_1}{P_2}}{RT_{dov} \ln \frac{P_1}{P_2}} =$$

$$\eta = 1 - \frac{T_{adv}}{T_{dov}} \rightarrow \begin{cases} T_{HS} & \rightarrow \text{Carnotov} \\ T_{LS} & \rightarrow \text{toplo} \end{cases}$$

\rightarrow red. adij. eksp. = red. adij. kompr.



SOUČEON KRUŽNÍ PROCES

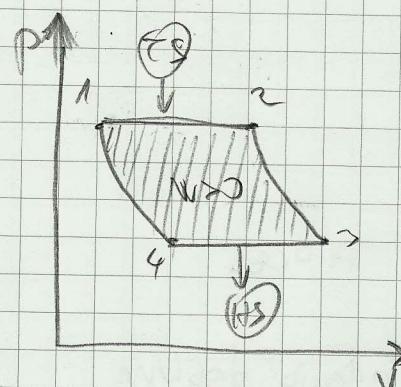
(2)

1-2

$$q_{12} = c_p (T_2 - T_1)$$

$$\sum_i w_i = \sum_i q_i$$

$$w_{12} = p_1 (v_2 - v_1)$$



2-3

$$q_{23} = \emptyset$$

$$w_{23} = c_v (T_2 - T_3)$$

3-4

$$q_{34} = c_p (T_4 - T_3)$$

$$w_{34} = p_3 (v_4 - v_3)$$

4-1

$$q_{41} = \emptyset$$

$$w_{41} = c_v (T_4 - T_1)$$

$$\eta_{\text{Carn}} < \eta_{\text{Carn}}$$

(5)

$$1-2 \quad w_f = \emptyset$$

$$\eta_f = \frac{c_p (T_2 - T_1) + c_p (T_4 - T_3)}{c_p (T_2 - T_1)}$$

$$2-3 \quad w_f = c_p (T_2 - T_3)$$

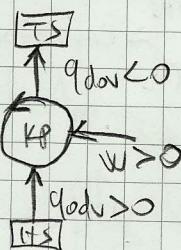
$$3-4 \quad w_f = \emptyset$$

$$4-1 \quad w_f = c_p (T_4 - T_1)$$

$$\eta_f = 1 - \frac{T_4 - T_3}{T_2 - T_1} = \left[1 - \frac{T_4}{T_1} \right]$$

$$T_1 T_3 = T_2 T_4$$

LSEVKRETNÍ KRUŽNÍ PROCES



w<0

$$\eta = \frac{\dot{E}_{\text{out}}}{\dot{E}_{\text{in}}} =$$

$$\frac{|q_{dov}|}{|w|} \rightarrow \text{fopl. pumps}$$

faktor

probabilite (>1)

$$\frac{|q_{dov}|}{|w|} \rightarrow \text{frisider}$$

Ograničenja pretvarjanja oblik na energije

5

$$w_{\text{ekp}} = q_{\text{odv}} - q'_{\text{odv}} < 0$$

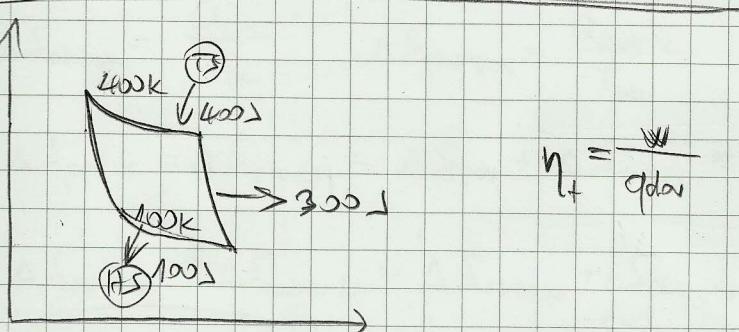
$$w_{\text{ekp}} = q_{\text{odv}} > 0$$

$$w_{\text{RASP}} = w_{\text{ekp}} + w_{\text{ekp}} = q_{\text{odv}}$$

Nekateri

$$w_{\text{ekp}} = q_{\text{odv}} - |q'_{\text{odv}}| > 0$$

$$q_{\text{odv}} > |q'_{\text{odv}}|$$



$$\eta_{\text{C}} = \frac{w}{q_{\text{odv}}}$$

$$\frac{Q}{T}$$

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i}{T_i} \right) = \frac{400}{400} + \phi + \left(\frac{-100}{100} \right) + \phi = \phi$$

Veličina
stanga \rightarrow ENTROPIJA

$$ds = \frac{dq}{T} \left[\frac{1}{\text{J/K}} \right] \quad dS = \frac{dQ}{T} \left[\frac{\text{J}}{\text{K}} \right]$$

$$dq = du + pdv = Tds$$

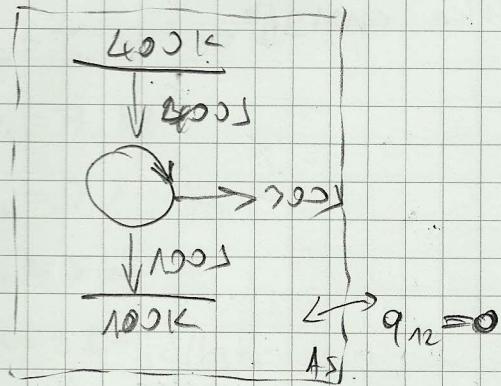
$$dq = du + pdv - |dw_{\text{ekp}}|$$

$$ds = \frac{dq}{T} + \frac{|dw_{\text{ekp}}|}{T} \geq 0$$

↓
smanje
entropije

↑
povečanje
entropije

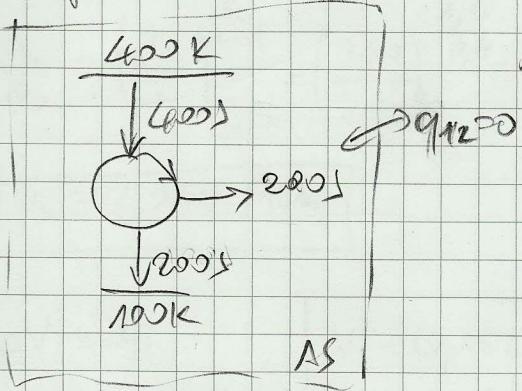
CKP



$$\Delta S_{\text{VK}} = \Delta S_{\text{AS}} = \Delta S_{T,S} + \Delta S_{\text{CP}} + \Delta S_{H,S}$$

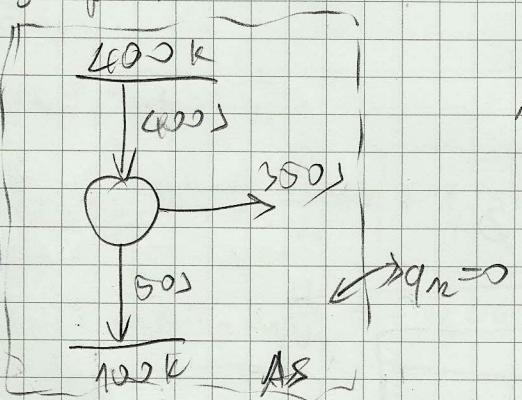
$$\Delta S_{\text{VK}} = \frac{-400}{400} + 0 + \frac{100}{100} = 0 \frac{J}{K}$$

Realan proces



$$\Delta S_{\text{VK}} = \frac{-400}{400} + 0 + \frac{200}{100} = 1 \frac{J}{K} > 0$$

Nernegrd proces



$$\Delta S_{\text{VK}} = \frac{-400}{400} + 0 + \frac{50}{100} = -0.95 \frac{J}{K} < 0$$

Entropifje i nepovratljivost

-STAP:

$$U_2 - U_1 = c_V (T_2 - T_1) = c_V \frac{P}{R} (V_2 - V_1)$$

$$PV = RT$$

$$T = \frac{P}{R} V$$

$$q_{12} = \Delta U + W_{12} = U_2 - U_1 + W_{12} = 0$$

$$W_{12} = U_2 - U_1 < 0$$

$$W_{12} = \int p dV - |W_{\text{NET}}|$$

$$|W_{\text{NET}}| = U_2 - U_1$$

$$q_{12} = \Delta U + W_{12} = 0$$

$$W_{23} = U_2 - U_3$$

$$(U_2 - U_3) < (U_2 - U_1)$$

- KUGCE: $T_A > T_B$

$$dS_A = \frac{dq_A}{T_A} = -\frac{dq}{T_A}$$

$$dS_B = \frac{dq_B}{T_B} = \frac{+dq}{T_B}$$

$$\boxed{dS_{\text{tot}} = dS_A + dS_B = dq \left(\frac{1}{T_A} - \frac{1}{T_B} \right) = \frac{T_B - T_A}{T_A T_B} dq > 0}$$

$$\Delta S_{\text{spov}} = \Delta S_{\text{mepov}} = (S_2 - S_1)_s$$

$$\Delta S_{\text{okpov}} = \frac{Q_{\text{pov}}}{T_{\text{ok}}} \quad \Delta S_{\text{okmepov}} = \frac{Q_{\text{mepov}}}{T_{\text{ok}}}$$

$$(1) \Delta S_{\text{povuk}} = \Delta S_{\text{povas}} = \Delta S_{\text{pov}} + \Delta S_{\text{okpov}} = (S_2 - S_1)_s + \Delta S_{\text{okpov}} = 0$$

$$(2) \Delta S_{\text{mepovuk}} = \Delta S_{\text{mepovas}} = \Delta S_{\text{mepov}} + \Delta S_{\text{okmepov}} = (S_2 - S_1)_s + \Delta S_{\text{okmepov}} = 0$$

$$\underline{\Delta S_{\text{okmep}} - \Delta S_{\text{okpov}} = \Delta S_{\text{ok}} = \Delta S_{\text{As}}}$$

$$(1) U_1 - U_2 = Q_{\text{pov}} + W_{\text{pov}} \quad \left[W_{\text{pov}} - W_{\text{mep}} = W_{\text{GUB}} = Q_{\text{mep}} - Q_{\text{pov}} \right]$$

$$(2) (U_1 - U_2) = Q_{\text{mep}} + W_{\text{mep}} \quad = T_{\text{ok}} (\Delta S_{\text{okmep}} - \Delta S_{\text{okpov}}) \quad \boxed{T_{\text{ok}} \Delta S_{\text{As}} = W_{\text{GUB}}}$$

- PROBLEMA ENTRÓPÍA SUSTANIA (FLUIDO)

$$ds = \frac{dq}{T} = \frac{cv dT + pdv}{T} = cv \frac{dT}{T} + \frac{pdv}{T} = cv \frac{dT}{T} + R \frac{dv}{v} \quad / \int$$

$$\boxed{S_2 - S_1 = cv \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1}}$$

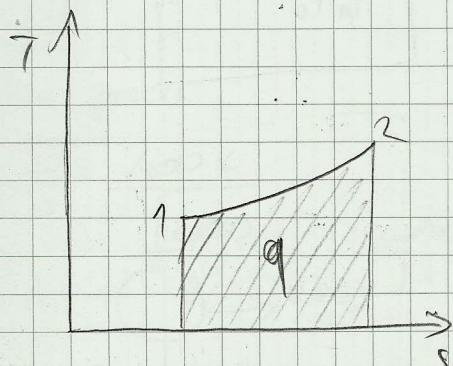
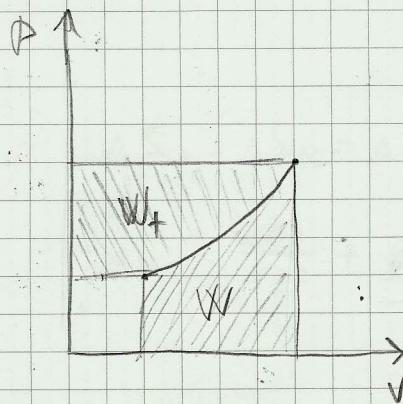
$$ds = \frac{dq}{T} = \frac{dh - vdp}{T} = cp \frac{dT}{T} - R \frac{dp}{p} \quad / \int$$

$$\boxed{S_2 - S_1 = cp \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}}$$

$$ds = \frac{dq}{T} + \frac{|dw_{ext}|}{T}$$

$$\Delta S_{AS} = \Delta S_{UK} \geq 0$$

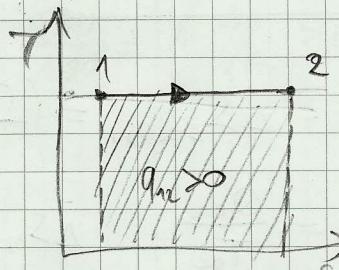
$$\Delta S_{UK} = \frac{\Delta q}{T_{UK}} \rightarrow \text{konst.}$$



$$ds = \frac{dq}{T}$$

$$q = \int_1^2 T ds$$

BESTERMINI

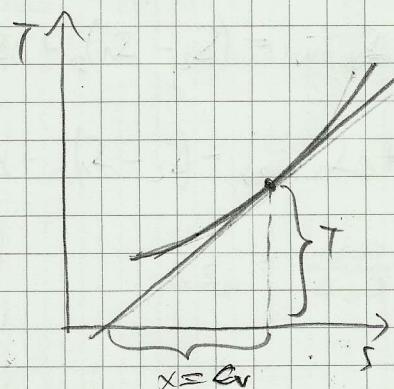


BESTHORN

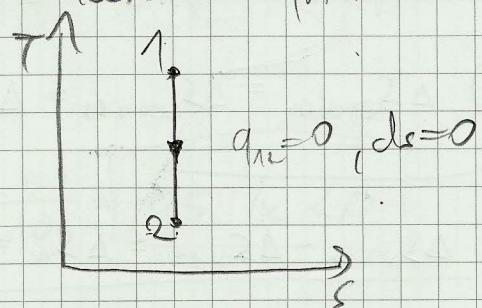
$$ds_v = c_v \frac{dT}{T}$$

$$S_v = c_v \ln T + S_{v0}$$

$$T = \exp(s)$$



ZENOMOLESKI (ADIABATYCZKI)

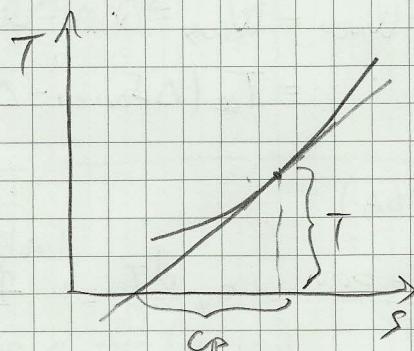


POLITROPISKI

$$ds_p = c_p \frac{dT}{T}$$

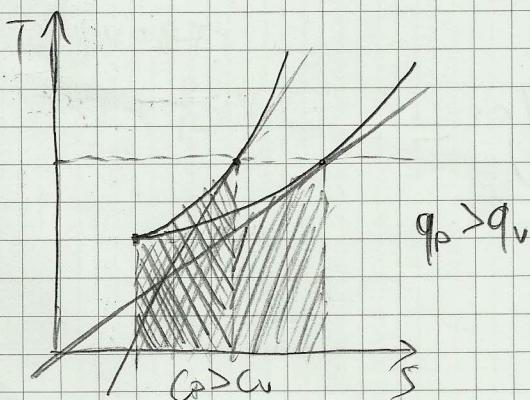
$$S_p = c_p \ln T + S_{p0}$$

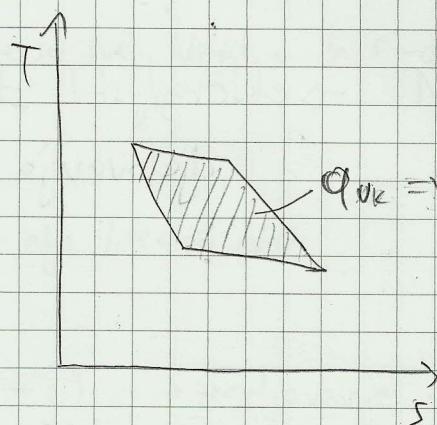
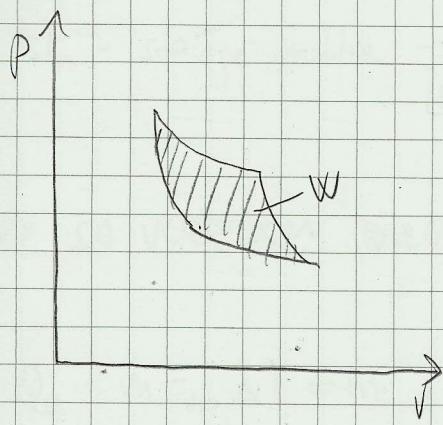
$$T = \exp(s)$$



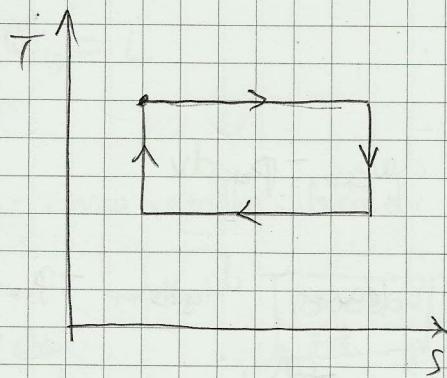
$$ds = \frac{|dw_{ext,poly}|}{T}$$

$$|w_{ext,poly}| = \int_1^2 T ds$$





Carnotov K, P, \dots



$$W_{\text{sub}} = T_{\text{ok}} \cdot \Delta S_{AS}$$

$$W_{\text{sub}} = W_{\max} - W$$

$$W_{\max} = f(Q_{\text{dov}})$$

$$\Delta S_{AS} = \Delta S_{ok} = \Delta S_{TS} + \Delta S_{kp} + \Delta S_{HS} = 0$$

$\Rightarrow 0$

$$\Delta S_{HS} = \Delta S_{ok} = -\Delta S_{TS} = -\left(\frac{-dQ_{\text{dov}}}{T_{\text{dov}}}\right)$$

$$\Delta S_{HS} = \frac{dQ_{\text{dov}}}{dQ_{\text{dov}}} = \Delta S_{ok}$$

$$W_{\max} = Q_{\text{dov}} - dQ_{\text{dov}} = Q_{\text{dov}} - T_{\text{ok}} \cdot \Delta S_{ok} = Q_{\text{dov}} - T_{\text{dov}} \int_{P_S}^{P_S} \frac{dQ_{\text{dov}}}{T_{\text{dov}}} = \int_{P_S}^{P_S} \left(1 - \frac{T_{\text{dov}}}{T_{\text{dov}}}\right) dQ_{\text{dov}}$$

$$W_{\max} = \eta_{\text{Carn}} \cdot Q_{\text{dov}}$$

$$W_{\max} < Q_{\text{dov}}$$

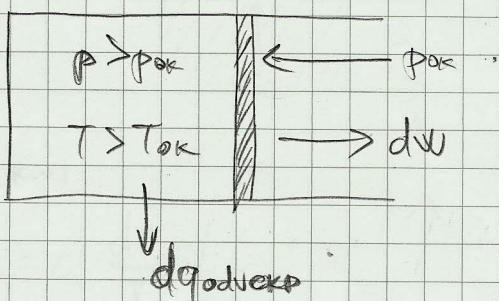
$$\zeta = \frac{w}{w_{\max}} = \frac{w}{eksi} \leq 1 \rightarrow \text{elastičnost/iskrila stopanje delovanja}$$

$$\zeta_{CKP} = 1$$

$$w_{\max,s} \approx u$$

$$w_{\max,s} \approx h = q + pr$$

DS:



$$dw_{\max} = dw + dw_{CKP} - p_{ek} dv$$

$$dw_{\max} = dw + dq_{odev_ekp} - dq_{gubekp} - p_{ek} dv$$

$$= dw + dq_{odev_ekp} - T_{ek} ds_{ek} - p_{ek} dv =$$

$$= dw - dq_{sustav} + T_{ek} ds_{sustav} - p_{ek} dv$$

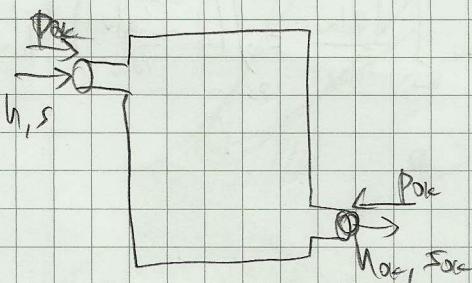
$$= -du + T_{ek} ds_{sustav} - p_{ek} dv \quad | \int_{PS}^{KS}$$

$$w_{\max} = u - u_{ek} - T_{ek}(s - s_{ek}) + p_{ek}(v - v_{ek})$$

→ elastičnost do stanja okolice

DS:

$$w_{\max} = h - h_{ek} - T_{ek}(s - s_{ek}) + \Delta e_k + \Delta e_f$$



elastičnost

$$= \frac{c^2}{2} = \frac{c_{ek}^2}{2} + g z - g z_{ek}$$

⇒ 0

s_{tot} - stange oblike \rightarrow gode se sve linije u h,s-diagramu, sjetku!

proces sa vodenom parom - nije idealni plin

$$Q_e = m c_{H_2O} \Delta T = m c_{H_2O} (100 - T) \rightarrow \text{eksidavanje}$$

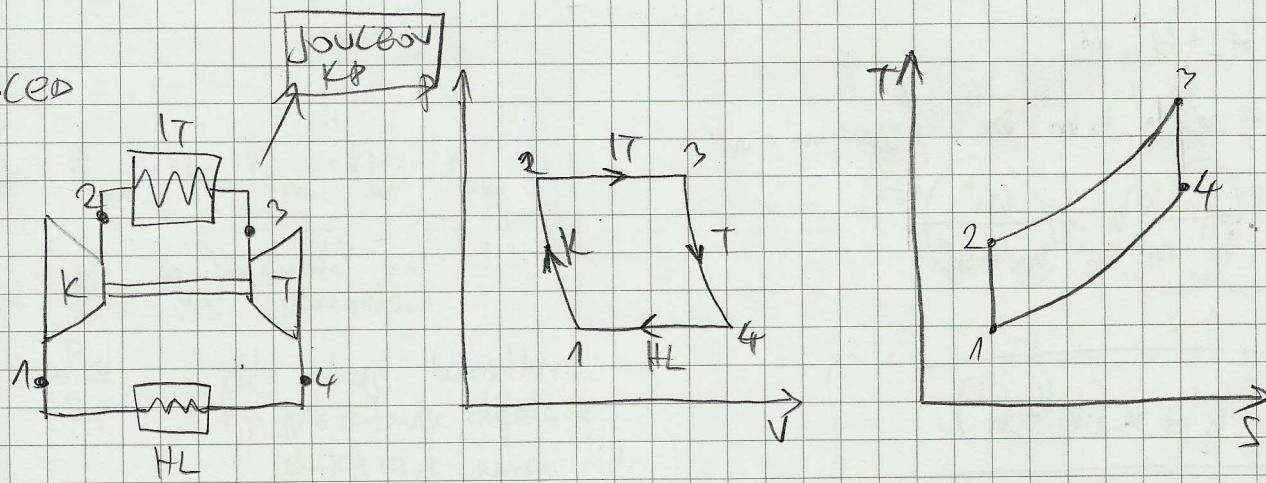
$$Q_p = m c_{H_2O} \Delta T = m c_{H_2O} (T - 100) \rightarrow \text{pregrijavanje}$$

$$Q_{L_s} = L$$

\rightarrow isparavanje (latentna toplina)

K - nema razlike između $H_2O(l)$ i $H_2O(g)$

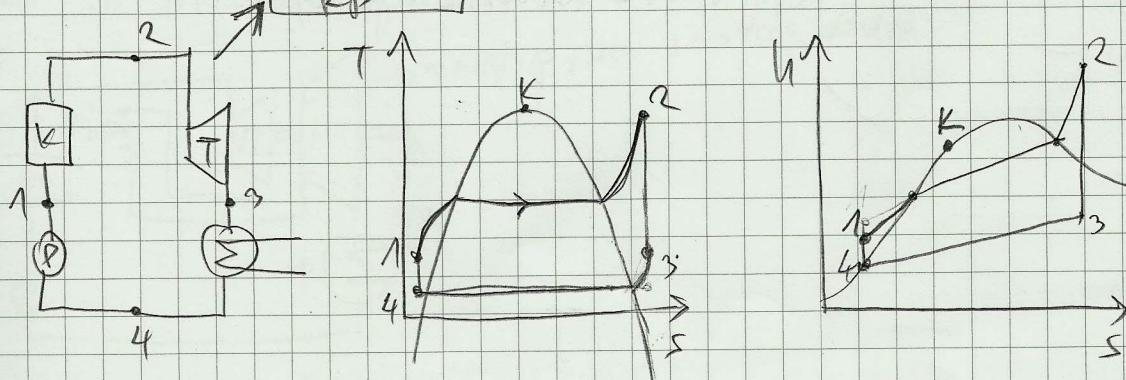
PREGCO



$$\eta_t = \frac{W}{q_{\text{dov}}} = \frac{W_f - W_k}{q_{\text{dov}}} \quad W_f, W_k = c_p \Delta T$$

$$q_{\text{dov}}, q_{\text{dov}} = c_p \Delta T$$

RANKINOV KP

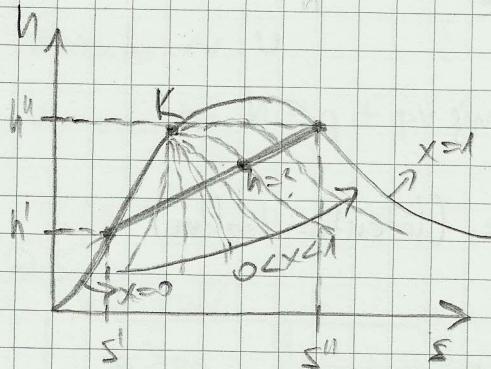


$$\eta_t = \frac{W}{q_{\text{dov}}} = \frac{W_f - W_p}{q_{\text{dov}}}$$

$$W_f, W_p, q_{\text{dov}}, q_{\text{dov}} = \Delta h$$

POSTUPCI DOVEĆANJA TERMIČKOG STUPNJA DJELovanja

SADRŽAJ PARE X



$$x = \frac{m''}{m' + m''} \rightarrow \begin{array}{l} \text{masa pare} \\ \downarrow \\ \text{masa tekućine} \end{array}$$

$$m = m' + m''$$

$$H = H' + H''$$

$$m \cdot h = m' \cdot h' + m'' \cdot h'' \quad /m = m' + m''$$

$$h = \frac{m'}{m' + m''} h' + \frac{m''}{m' + m''} h''$$

$$h = h' + x(h'' - h')$$

$$s = s' + x(s'' + s')$$

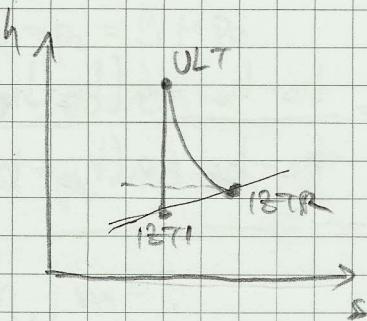
$$u = -h -$$

$$v = -u -$$

$$w, q = \Delta h$$

Vrijednosti suve i
pochvane matice pare
(informacije tekućine i pare)

Turbina:

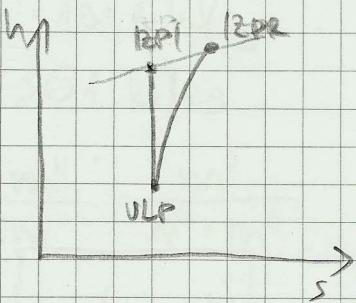


$$\frac{w_{t2}}{w_{t1}} = n_{lit} < 1$$

$$n_{lit} = n_i \cdot n_m$$

\downarrow mechanisch
 \downarrow subtilit

-pumpe:



$$ds = \frac{dq}{T} + \frac{|w_{p2}|}{T} > 0$$

$$\frac{w_{p1}}{w_{p2}} = n_{lit} < 1$$

$$\eta_e = n_{ter} \cdot n_i \cdot n_m \cdot n_p \cdot n_k$$

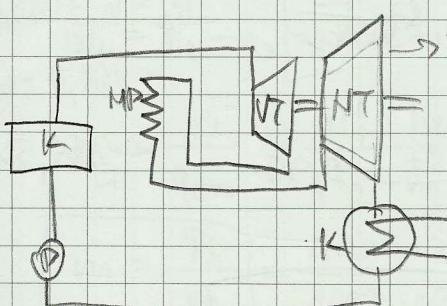
$$\eta_{el} = \eta_e \cdot n_s \rightarrow \text{subtil na generatoren}$$

$$\nu = \frac{P_{el}}{P_{el}} \rightarrow \text{dito stege konstansna na potrošanje difektov elektrove (pumpe itd..)}$$

$$\boxed{\text{Net pros} = \eta_{el} \cdot (1 - \nu)}$$

Proces SA MEDUPREGUJANJEM PARE

\rightarrow manjši P , več $\nu \rightarrow$ veča osnovna



ZAGRĐAVANJE KONDENZATA

$$n_t = \frac{a(h_0 - h_{01}) + (h_0 - h_e)}{(1+a) \cdot (h_0 - h_{01})}$$

$$a \cdot m \cdot h_{01} + m h_e = m h_0 \cdot (a+1)$$

$$n_{\text{her}} = \frac{h_0 - h_e + a(h_0 - h_{01})}{h_0 - h_{01} + a(h_0 - h_{01})}$$

AUDITORE

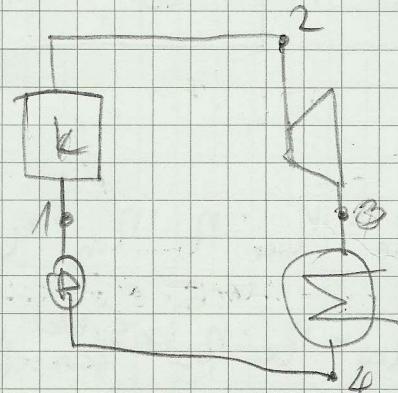
7.

$$\begin{aligned} p_1 - p_2 &= 6,85 \text{ MPa} \\ \vartheta_2 &= 816^\circ \text{C} \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} h_2 = 3449,3 \text{ kJ/kg} \\ m = 136 \text{ kg/s} \end{array} \right\}$$

$$p_3 = p_4 = 20,68 \text{ kPa} \rightarrow h_3 = 2262,54 \text{ kJ/kg}$$

$$v = 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h_1 = 281,4 \text{ kJ/kg}$$



$$n_t = \frac{w_t - (w_p)}{q_{\text{dav}}} = \frac{h_2 - h_3 + h_4 - h_1}{h_2 - h_1}$$

$$w_t = - \int v dp$$

$$w_p = w_{t,41} = - \int v dp = v(p_4 - p_1)$$

$$= -6,82 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{1. st. term.: } q_{12} + h_1 = \underline{h_{12}} + h_2$$

$$\text{turbo: } q_{12} = \underline{h_2 - h_1} \oplus$$

$$\text{turbina: } w_{t,23} = \underline{h_2 - h_3} \oplus$$

$$\text{kondenzator: } q_{23} = \underline{h_4 - h_3} \ominus$$

$$\text{pumpa: } w_{p,12} = \underline{h_4 - h_1} \ominus$$

$$n_t = \frac{1186,7 - 6,87}{3187,9} = 0,37$$

$$\boxed{P_t = 161,4 \text{ MW} = m \cdot w_{23}}$$

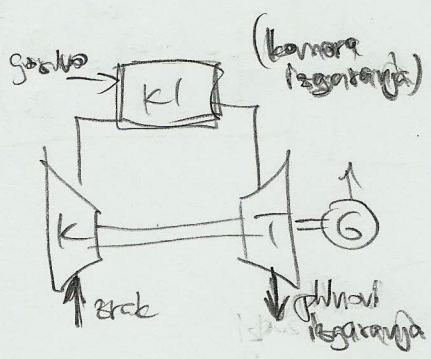
$$\begin{aligned} h_4 &= h_1 + w_{p,12} = \\ &= 281,4 - 6,82 = \\ &= 254,53 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{aligned}$$

drust dib 2.3; 2.4 + 2.5 v bkgd!

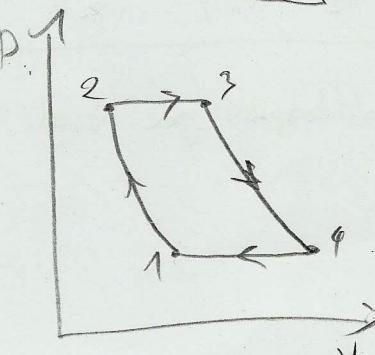
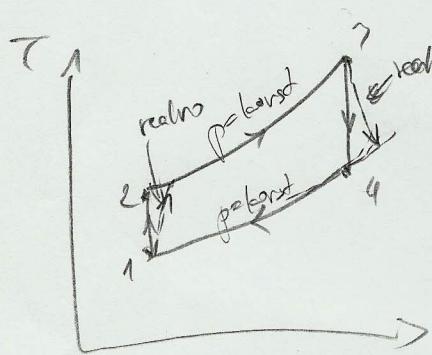
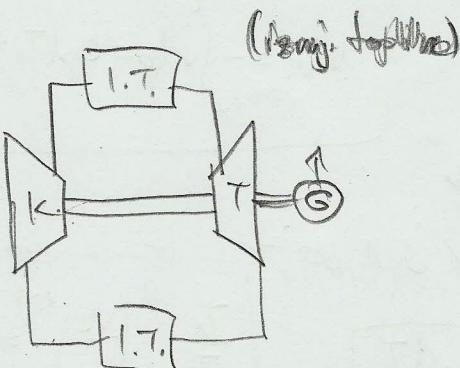
10

2.6. Percentage of vTB \pm patients
turbulent (Bryant-Jule)

OS!



295:

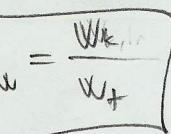
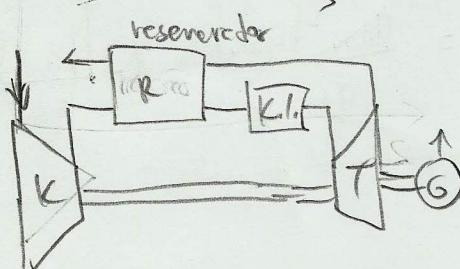
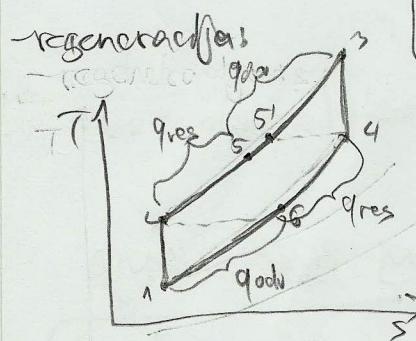


$$n_4 = \frac{1}{(k-1)k}$$

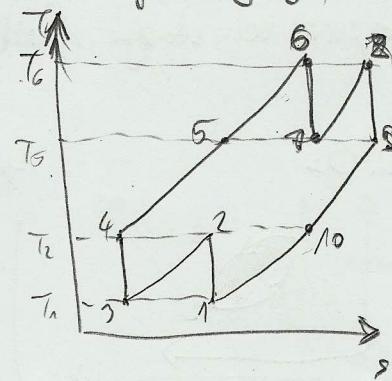
TPSP
PA

$$\text{za } k_p = 1 \rightarrow W = W_1 - W_k = 0$$

$$k_p = \left(\frac{I_2}{I_1} \right)^{\frac{1}{K(K-1)}}$$



→ next program,



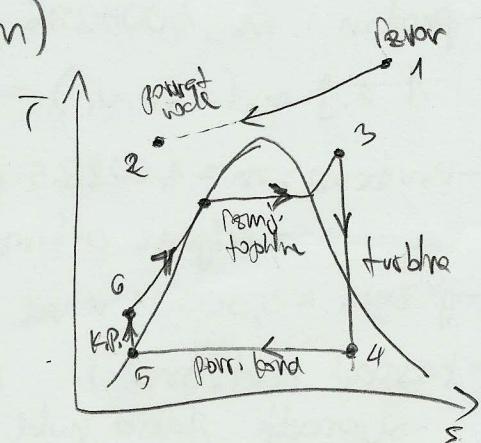
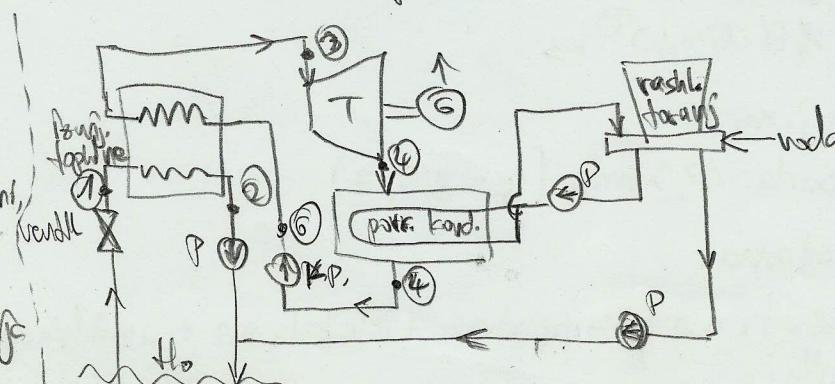
GEOTERMALNA ENERGIJA

- unutrašnja kemička energija Zemlje
 - na površini - 60 mW/m^2
 - izvorna dobitna i akumulacijski procesi
 - radioaktivni raspad
- Izvor: suhe svrte / vlažne
 - vrude suhe svrte: -2,5 do 6 km, 100 do 200°C
 - solfajne / labo voda & → potrebno ih razbiti / rastaviti
 - dovodi vodu - eksplozije, voda pod tlakom
 - nizvod / visok, najteži za borištvo - redastupan
 - voda na velikoj dubini / vlažnom tlaku:
 - 2,5 do 5 km, $\sim 160^\circ\text{C}$, $> 1000 \text{ bar}$
 - salinitet 4-10%; sastavljaju petroglavni glikozid
 - voda/pare na manjim dubinama i tlakovima
 - do 5 km, do preko 300°C , do 8 bar → HRV → binarni proces
 - parni izvor - par je (par je samo tlak na brodnu)
 - voden izvor - voda sama je se pumpa
 - komercijalna konstrukcija
- temp. gradijent u tl. - određen geoterm. polubrama / vodljivosti tl.
- geoterm. električna energija: - $P_{2013} = 11,7 \text{ GWe}$, $W \sim 70 \text{ TWhe}$
 - potros $7,5\%$ godišnje
 - potencijal - 70 GWhe danas pogon tehnologijom, ulaganje neobuhvačeno 6000 GWe
- elektrane - na suhu paru (28%)
 - s binarnim ciklom (8%)
 - sa separacijenskom parom (64%) (Flash Steam)

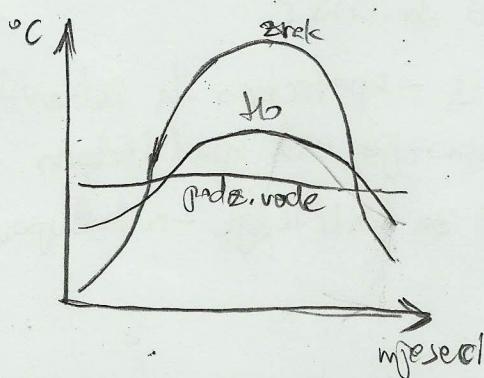
- blivarski akhvi:

- redni fluid
(solutant, feoni, amonjaki, propani...)

- ul. potrošnja
 $\approx 35\%$

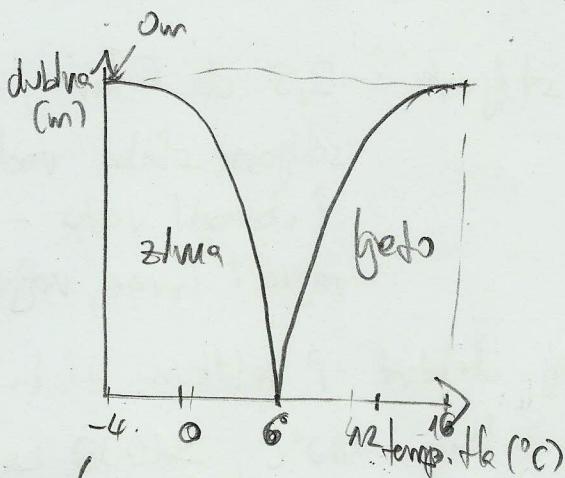


- brzine - jedna jezgra niza 500 m, zadnji duži kilometarski na nasne strane - uzmanje i povrat vode
 - redni vijek \rightarrow godina - ukljucite moste prekopanjem top. snage
- konc. otopljenih tvari - može ostati pri postrojenje - Redovljivo se / takođe u druge vrste
- temp. ne zemljište:



→ za bliski ciklus: (nogodinje Hrvatske)

- konci se za manje kvalitetne vode ($< 200^{\circ}\text{C}$)
- redni fluid može imati veliku temperaturu isparavanja



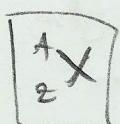
→ na većoj dubini konstantna je temperatura godine - pogodno za top. pumpu; blizina vrednosti

- vrste suradnje top. pumpa:

- horizontalni bavrsni - jednostavni, najveće zemlje, temp. varira
- vertikalni - visoka efikasnost, skupi, manje zemlje
- rotoren - jednostavni, problemi s vodom

NUKLEARNE ELEKTRANE

*ATOM I JEZGRU



- Z-atomski
- A-maseni = $Z + N$ (bez neutrona)

- isotopi - isti Z, različiti N : A
- jezgra čini rednu masu atoma

- proton: $m = 1,007276 \text{ a.j.m}$

$$1 \text{ a.j.m. (a.m.u.)} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

- neutron: $m = 1,008665 \text{ a.j.m.}$

- vrlo brze poliraspada: $10,3 \text{ min}$ ($\tau = 886,7$)

- jezgar = $0,00001 \times$ vel. atoma.

- raspad neutrona: Neutron \rightarrow proton + elektron + antineutron
→ upravlja slabom nukl. sila.

- sačuvanje mase i energije:

$$m_h = m_p + m_e + \Delta m$$

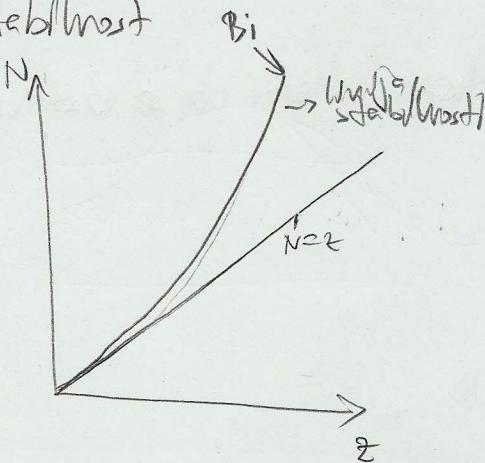
$$\Delta m \rightarrow E = \Delta m c^2 - \text{defekat mase}$$

- valje elektrona: $-1,60210 \cdot 10^{-19}$

- nuklearne sile - privlačne i snažne

- uva mase od $0,5 \text{ fm} \sim \text{odgovarajuće}$

- stabilitet



→ zadržati stabilitet: Bismut ($Z=83$)

→ za male $Z \approx N \approx 2$

za velike $Z \approx N \geq 2$

→ višak neutrone - beta raspad ($N \rightarrow P + \beta^-$)
→ manjak elektrona - ($P \rightarrow N$)
→ teške jezgre - alfa raspad

} redokudni
raspad,

* RADIAKCIJNI RASPAD

- zakon:

$$R = \frac{dN}{dt} = \lambda N$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2$$

R - akaktivnost

λ - konst. redakaktivnos rasпадa

$t_{1/2}$ - vremje politaspara (50% početnog)

τ - vremje života (97% početnog broja jezgara)

- mjerne jedinice: Becquerel (Bq) - akaktivnost (raspad/s)

Gray (Gy) - energetska doza - ene. stradala absorbitana po jedinici mase tvari (J/kg)

Slevard (Sv) - bliskasta doza = doza \times fakt. korekcijski (x=10, Bq/s=1)

- tip stradanja: α - jezgra He ($2p + 2n$) - list papira

β - elektronski pozitron \rightarrow metal

γ - visokoenergetski kvant



- radioaktivni izotoci - Uranij, Torsij, Neptunij, ..

zavrgavanje
glavom

zavrgava
blizmatom

- nema stabilnog boroga utara

$\rightarrow {}^{235}\text{U} \rightarrow t_{1/2} = 704 \text{ mil. god.} \rightarrow$ danas 0,25% postotne zadržljivosti

$\rightarrow {}^{238}\text{U} \rightarrow t_{1/2} = 4,5 \text{ miliard. god.} \rightarrow \sim 39,8\% - n -$

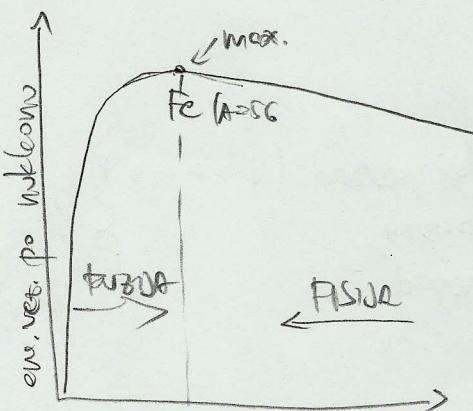
\rightarrow izotopika učestalost ${}^{235}\text{U} = 972\%$

- toranj (${}^{232}\text{Th}$) \rightarrow reakcija $t_{1/2} \rightarrow$ jedan od osnovnih izvora radioaktivnosti današnje geotermalne energije

- ENERGIJA VIZZAVJA

\rightarrow energetski ekvivalent defekta mase

\rightarrow slobodala se kada se formira jezgra - kada bilo tko potrebuje vlastiti da se nastavi



- FUSIJA - spojavanje manjih jezgara u veći

- bilanca sustava $E=mc^2$ - jezgra He laka od 4 protona

- FISIJA

${}^{235}\text{U}$ uhvjeti n \rightarrow fotonika $\rightarrow {}^{236}\text{U}^*$ \rightarrow niski ene. \rightarrow qjepon se u emisiju $2 \rightarrow n$ i
slobodana ene $\sim 1 \text{ MeV}$ po nukleonu $\rightarrow \sim 235 \text{ MeV} \rightarrow 85\%$ je to flajfskih fragmenata

slobodane energije

- nuklearni materijali: \hookrightarrow razlike entropsije posje i posje flajfske

- flajfski - moguća neutrinoloma, bilo koje energije ($\text{U}-233, \text{U}-235, \text{Pu}-239$,

- flajfski - moguća alk. oksid + ene, neutrino ($\text{U}-238, \text{Pu}-242 + \text{sr} \hookrightarrow$ flajfski nuklearni

$\text{Pu}-241$)

- oplodni - uhvatom (n) proizve u reakciji oplodnih ($\text{Th}-232, \text{U}-238$) materijala)

- lancana reakcija \rightarrow elektron-elektron-reakcija; bombe-nuklearne

- NUKLEARNI REAKTOR

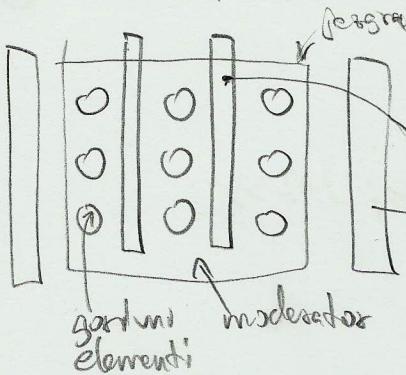
- sistem posjedujem da omogući kontroliranu samoodržavajuću nukl. reakciju flajfske

- multiplikacijski faktor k - omjer sr. broja neutriona posje i posje flajfske

$\rightarrow k=1 \rightarrow$ količni reaktor, $k>1$ nadkolični, $k<1$ podkolični

- reaktivnost: $\rho = \frac{k-1}{k}$ \rightarrow relativna odstupanje reaktora od količinu stanja

IZCED REAKTORS



- gorički organski/cini u elemente

- moderatori - sposobnost usporavanja neutriona

- rasplodno sredstvo - dodaci topilina

- kontrolni elementi - nadzor bogja neutriona (apsorbiraju ih)

- cisti od zračenja

- nukl. reakcije: $a + b \rightarrow c + d$ - (projektil + meten = rezultirajuća čestica + emisija čestica)
 $a(b,c)d$

- reakcije s neutrionima:

• nukl. fizička: ${}_1^0n + {}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^{A+1}X + \text{neutroni} + 200 \text{ MeV}$

• uhvat: ${}_1^0n + {}_Z^AX \rightarrow ({}_{Z+1}^{A+1}X)^* \rightarrow {}_{Z+1}^{A+1}X + \gamma$

• rasprenje:

- elastično: ${}_1^0n + {}_Z^AX \rightarrow {}_1^0n + {}_Z^AX$

- neelastično: ${}_1^0n + {}_Z^AX \rightarrow {}_1^0n + {}_Z^AX + \gamma$

- mikroskopski udarni projek $\sigma \rightarrow$ verovatnost da dođe do nuklearne reakcije
 \rightarrow dimenzija površine ($\text{cm}^2, \text{m}^2, \text{barn}$)

- gustoća reakcija: $R = 1 \cdot \sigma \cdot N_A$

$$R: \text{barn} \cdot \text{s} \left[\frac{\#}{\text{cm}^2} \right] = \left[\frac{\#}{\text{cm}^2} \right] \cdot [\text{cm}^2] \cdot \left[\frac{\#}{\text{cm}^2} \right]$$

- makro. udarni projek: $\sum = N \cdot \sigma$

- fizički produkti \rightarrow promptni neutroni \rightarrow neposredni nakon fizičke
 \rightarrow zakretljivi neutroni \rightarrow raspodjelj. fizičkih produkata (n par sekundi)

OSTATNA TOPLINA

- novonastala energija \rightarrow vratak neutriona $\rightarrow \alpha / \beta$ radioaktivna + prepedna ostalna toplina \rightarrow
 osnovni sigurnosni problem \rightarrow ne nestaje zaustavljanjem
 (bezane reakcije)

- ost. topl. \rightarrow generatorska snaga nakon obustave reaktora; $P = P_0 \cdot 0,0061 \left[\left(t - t_0 \right)^{0.2} - \left(t - t_0 \right)^{-0.2} \right]$

P_0 - snaga pre obustave; t_0 - vreme rada na snazi P_0 ; t - vreme rada / obustave

- obogadanje (e-enrichment) - proces povećanja isotopskog udjela $U-235$
 \rightarrow plinska difuzija, centrifuge, lasersko

- obogadanje - pro. povećanja tehnološkog udjela $U-235$ u ukupnom uraniju

TIPovi NUKLEARNIH ELEKTRARNA

16

GOREVO \downarrow U-235 \downarrow

- prvočini i II obogaćeni uran; njezina urana / Pu-239; U-233
- forme goriva - metal, keramika
 - aluminijne tablete, cipke, kuglice ...

MODERATOR

- raspaljiva neutronne veže mn. apsorpciju - povećava vjer. filira
- obična voda, tečka voda (D_2O), grafit (C), berillij (Be), bez moderatora (bez reaktora)

RASCHADNO SREDSTVO

- određeni stupanj je potreban i ostvariti uvjete za realizaciju K.P. (Ravnatelj, Brington)
- H_2O , D_2O , CO_2 , lede, det. metall (Na, Pb, Pb-Bi), rastopljeni soli

4 generacije NE (Korisno 2. gen.)

* PWR - okrug / H_2O / H_2O - bez kifovanja (Pressurized Water reactor)

(obogaćeni U-235)

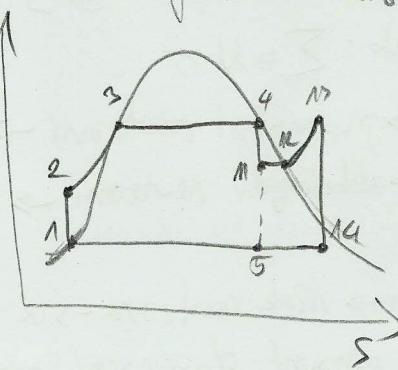
- primarni krug:
- rashladne poteze - parogenerator, tlaknik, reaktorska pumpa, generator
 - reakt. presuds zapadnjačka
 - snaga poteze ~ 100 MW_e

- gorivni elementi - gorive cipke

- sekundarni krug: Rankinov ciklus sa zadržanim parom - msl p; T reso za TG

- sa separacijom i pregrđanjem parom;

- zastitna zgradila - kontejnment



* BWR - okrug / H_2O / H_2O - s kifovanjem
(obogaćeni U-235)

(Boiled Water reactor)

- jedan krug - voda raspršena u reaktoru \rightarrow moguća konformnačna trubica
- velika presuda - sve komponente unutra \rightarrow filtri u obzoru ulaze
- iskorištavanje za protročni ele. ener. (ne za propulsiju)

* HWR CANDU - termodinski reaktori (1 mod. i hladilac)

- dva kruga, horizontalni rashladni kanali, bezgoriva goriva bez zavlačenja

* PUNOM HLADOM - jekleni ciklus

* DVEZI OPĆEDNI

HIDROELEKTRANG

HIDROENERGIA

- obnovljiv izvor, malo emisija stakl. plinova, visoka efikasnost
- velika pouzdanost u odnosu na druge obnovljive
- veliki investicijski troškovi
- velika fleksibilnost prilagođbe EES-u
- oko 16% el. energetike u svijetu → ~~sustav je se~~

HRVATSKA

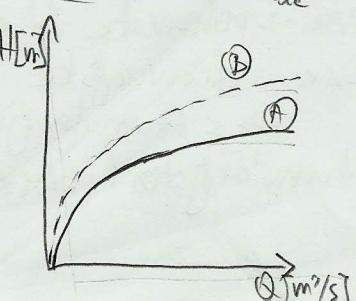
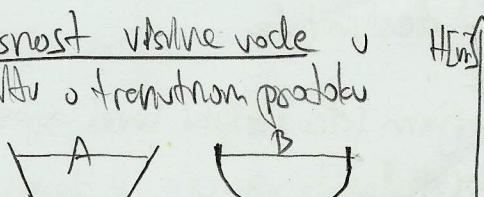
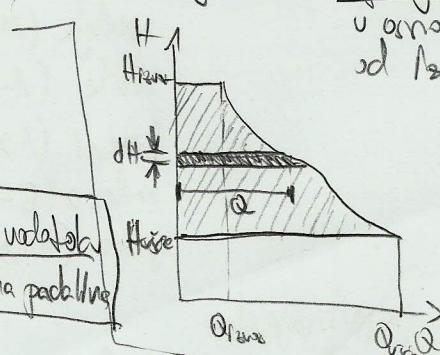
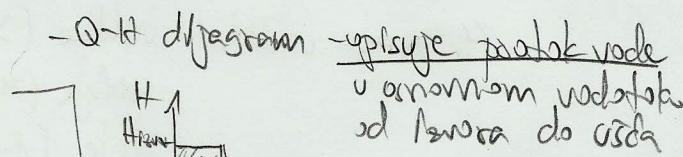
- 26 HE (područja Špiner, Zapad, Jvg i Dubrovnik)
- snaga svih HE ≈ sve TE + ~~TETTO~~ + $\frac{1}{2}$ NE Kroatia
- HE - 1666 MW → najveća zadržavač - 486 MW

PRETVORBA ENERGIJE POKRETAJA VODE

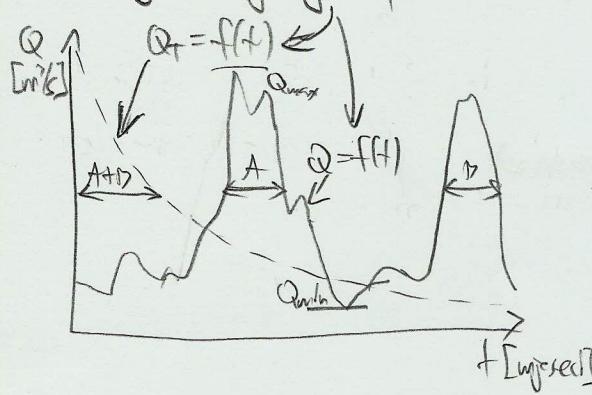
- vodotoci, plinovi/oseka, valovi
- Energija pokretanja (EP) - početni oblik energije vode u potrošištu koja se može iskoristiti u tehničkom pretvorbenom sustavu
 - posljedica transformacije energije zračenja Sunca (Iparavanje)
- moguće istražiti $11,8 \cdot 10^3 \text{ TWh}$ → svjetska proizvodnja = $3 \cdot 10^3 \text{ TWh}$

HIDROLOŠKA SVOJSTVA I KARAKTERISTIKE LOKACIJE

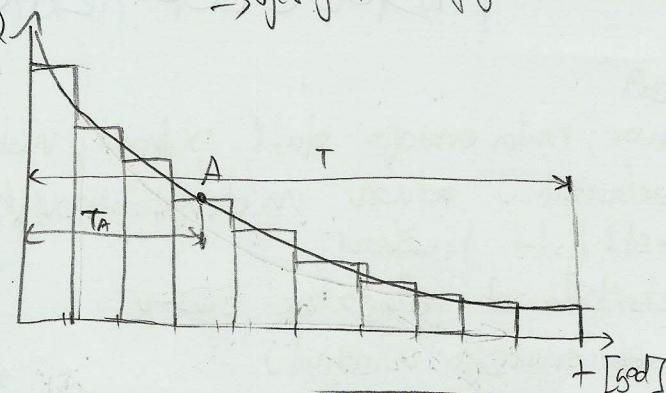
- protok - promjenjiva u prostoru i vremenu
- snaga : $P = g \cdot 9,81 \cdot 10^3 \cdot Q \cdot h$ [kW] - vjerovatna energija : $W = 8760 \cdot P$ [kWh]
 - ↳ volumeni protoka
- bruto snaga vodotoka : $P = g \cdot 9,81 \int_{H_0}^{H_1} Q(H) dH$
- gubici u padu (trenje) ; protoku
- količina vode :
 faktor odječanja = $\frac{\text{voda u promaknjenom vodotoku}}{\text{obnovljivi podzemni - količina padaline}}$
 ↓ do 35%
- konsumaciona količina :
 ovisnost vlastine vode u
 količini vode određuju : $Q_{\text{kon}} \propto f \cdot H_{\text{pad}}$
 konstanta f = trenutni protok
- količina vode
 - sastav / dopisnjak
 - vremenski raspored



- krovna struktura protoka:



$$\rightarrow \text{vrijednost protoka } Q_{\text{sr}} = \frac{\int_A^T Q_t dt}{T}$$



- kol. vode koja protodi kroz promatrani profil vodotoka:
- srednji godišnji protok: $Q_{\text{sr}} = \frac{V_0}{31,54 \cdot 10^6} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$

- veličina rezerviranje u instalaciji protok-max. protok koji se može iskoristiti u

\rightarrow iskoristivi volumen: $V_i := \int_0^T Q_t dt$ distribucija \rightarrow srednji iskoristivi protok $Q_{\text{sr}} = \frac{V_i}{31,54 \cdot 10^6}$

\rightarrow stupanj iskoristjenja vode: $Q_{\text{sr}} = \frac{V_i}{V_0}$

HIDROELEKTRARNG - DJELLOVI, PODJELA itd

- djelovi: brana, zahvat vode, dovod vode, vodna komora (vodotok), flajni kanal (kanal), strojarnica, odvod vode
- podjeli:
 1. prema padu: niskotlačne (do 25 m), srednjotlačne (25-200), visokotlačne (>200)
 2. - način konštruiranja vode: protone, akumulacijske, reversibilne
 3. - u potrošaju struje: pribranske, deonavojstve
 4. prema veličini: velike (>100 MW, spojene na EES)
srednje (15-100 MW, obično -n- -n-)
male (1-15 MW, -n- -n-)
mali (100 kW-1 MW, obični rad)
mlešo (5-10 kW, -n- -n-)
pilo (100W-5 kW, isključne poginje)

- niskotlačne \rightarrow pribranske

- srednjotlačne \rightarrow pribranske ili deonavojstve

- visokotlačne \rightarrow deonavojstve

\Rightarrow s akumulacijom (deonavojstveni kanal \rightarrow jezero \rightarrow flajni kanal)

- crpno-akumulacijska (reversibilna) \rightarrow gornja i donja akumulacija

-dijelovi :

- brana (pregrada) - namjena - sticanje vode, ponjenje rastne (večjih pad), akumulacija
 - dijelovi - tijelo, elementi za regulaciju toka (preliv, liput, zapornice)
 - tijelo: gravitacijska (stabilnost - vlastitim težinom)
vruća (stabilnost - oblikom)
vrućo-gravitacijska
okrenuta
 - dвод vode - spaja zahvat s vodnim komorom
 - gravitacijski dвод ili tlak/tunel (grav. uticje do kraja stupnja vodom)
 - regulacija: grav.-vlastnom zahvatu; tlakom - odvodom
 - vodna komora - svrha - da budi naglog pada opterećenja HE na vodu i
gravitaciju ne porastite nad dopuštenim granicama
 - tlacići gravitaciju - dвод vode do turbulencije

PRORAČUNI VZRANI ZA HE - 1. dio

- strujanje u gravitetu: Bernoullijeva jednadžba: $p + \rho g z + \rho \frac{c^2}{2} = \text{konst}$

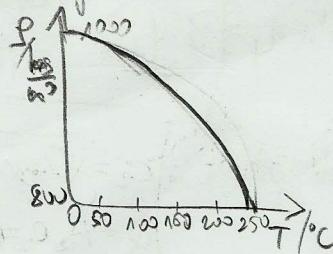
OKOUE

- pozitivno: nema emisije, reguliranje toka vode, kontrola plavljaja, obnovljivi resursi, efikasnost do 80%.
 - negativno: otežde riba (neke vrste), smanjena kvaliteta vode u toku iza brane, mijenja prirodni tok, presecanje livadi, migracije ribe, sedimentacija, sljepa igradnja, udobranjavanje i dekompozicija

SUPERSTVA VIDE

- gustoda $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
 - dinamická vlekoostnost: $\mu = \tau \frac{dz}{dc} [\text{Pas}]$
 - kinematická vlekoostnosť: $V = \frac{M}{\rho} [\text{m}^3/\text{s}]$

- gustada: fja. temperature / flake



$$- \text{Stiffness} = \frac{1}{k} \rightarrow \text{modul elastyczności}$$

-flak isparavanja - nizak → stražnji se mješunje - dolaze do podnožja s visinom flakom →

→ nagaša kandensacija → nagaši lokalni porast hake (1 do 1000 bare) = KANTACIJA
→ ostebenje hapečice

viskoznost - izmjenični slijepci - trenje, naprezanja \rightarrow do mrež. ene. se prevara (2)

modifikovana Bernoullijeva:

$$\frac{P}{\rho} + gh + \frac{1}{2} c^2 + w_t = \text{const. } [\text{J/kg}]$$

$$P + \rho gh + \frac{1}{2} c^2 p + p_r = \text{const. } [\text{N/m}^2]$$

trubici zbroj
viskoznosti

$$\frac{P}{\rho g} + h + \frac{1}{2} \frac{c^2}{g} + h_r = \text{const. } [m]$$

visina
geodetska
visina
brzine
visina
brzine
visina
subtilata

HE S MALIM PREDOM

bruto pad: $H_b = (h_A - h_A') - (h_B - h_B')$

$$P = g \left(H_b + \frac{C_A^2}{2g} - \frac{C_B^2}{2g} \right) \rightarrow \text{jedinstvena karakteristika snage}
masenošću proizvoda u turbini$$

visina brzine

$$= H_n - neto pad (raspoloživi) \rightarrow P = g H_n \quad [\text{W}]$$

raspoloživa snaga turbine: $P_t = \eta_t P = g g Q H_n = g H_n Q \quad [\text{kW}]$

HE S VEĆIM PREDOM

vezmaju se u obzir gubici u dovodu i odvodu

H_b - konstantni bruto pad

H_p - polrodni - "

H_{bd} - gubici u dovodu

H_{eo} - " u odvodu

$$H_b = H_b - H_{bd} - H_{eo}$$

$$W_{bd} = g H_{bd}$$

$$W_{eo} = g H_{eo}$$

$$H_n = H_b + \frac{C_0^2}{2g} + \frac{C_A^2}{2g} - \frac{C_B^2}{2g} - H_{tc}$$

visina
geodetska
turbine
visina
geodetska

$$\text{raspoloživa snaga: } P_t = g Q H_n \quad [\text{kW}]$$

stupnjevi djelovanja: hidraulički (η_h) - gubici u statoru, rotoru, difuzoru te gubici $\frac{C^2}{2g}$

$P_t = g Q H_n \cdot \eta_h \cdot \eta_v \cdot \eta_m =$ volumenski (η_v) - ne prolazi sva voda kroz rotor,

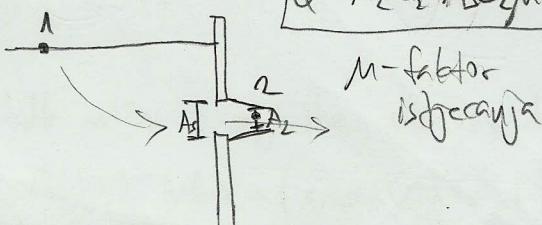
mehanički (η_m) - trenje, otpor vode itd....

ISTjecanje

koeficijenti atova:

$$C_2 = \sqrt{2gh}$$

$$Q = A_2 C_2 = A_1 C_1 M$$



kroz veliki otvor

$$Q = \frac{2}{3} b M \sqrt{2g} (\sqrt{h_2} - \sqrt{h_1})$$

prijevi: $h_1 = 0$ $h_2 = h$

$$Q = \frac{2}{3} b M \sqrt{2g} \sqrt{h}$$

predvoda EP vode u MR: iskoristavanje kinetičke energije

- II - potencijalna - II -
- II - energija tlaka

VODNE TURBINE

- preftlačne (reaktivne) - za velika postrojenja

- lopatice podstavljenе u vodi

- veliki protok

- **Pranas**: horizontalna ili oborita osovina
srčnjak protok, $15 < H < 700$ m

- **Kaplan**: oborita osovina, regulacija nagiba lopatica
veliki protok, $5 < H < 70$ m

- propelerne: Kaplan s neponičnim lopatama
(afjevna) osovina sklonita na osovinu generatora

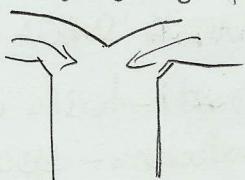
- slobodnog mlaza (akcijske, impulsne) - mlaz, lopatice u zraku, udubljene (W)

- **Pelton**, veliki padovi: $100 < H < 1200$ m
do 6 mlaznika
mali protok

lopatice - protokom za ispuštanje vode

ASPIRATOR

- uređaj na izlazu iz turbine - iskoristavanje potencijalne energije vode između izlaza iz turbine i rastine donje vode

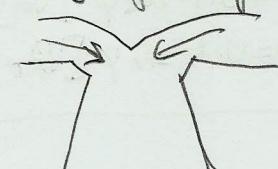


- ajer konst. promjera; dubinske aspiratora - ograničena
- uz aspirator, grubac na izlazu smanjen za tisuće koef odgovara smjeru talasa na rastinu donje vode

DIFUZOR

- iskoristavanje potencijalne energije te smanjenje gubitaka kinetičke

- promjer se povećava prema izlazu



potencijalna

potencijalna

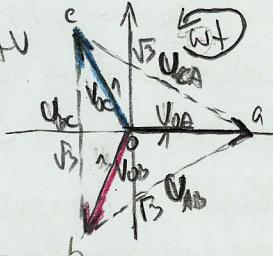
gubitak

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

- trošilo - uređaj koji el. energiju pretvara u neku korisnu oblik energije
- potrošač - pravna ili fizička osoba spojena na el. mrežu
 - grupe: rezidencijalni, komercijalni, javna potrošnja, industrijski
- trošila: omska (\rightarrow fiksna, varljivost), elektromotora, motori
jednofazna (kotačnica, vrednost) i višefazna (večikalni motor)

TROFASNI IZMENJIVI SUSTAV

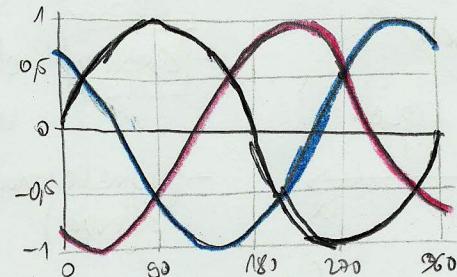
- napon: V-fazni
V-uhvajski



$$V = V_{max} \cos(\omega t)$$

$$i = I_{max} \cos(\omega t - \varphi)$$

$$\Phi = V \cdot i = V_{max} I_{max} \cos(\omega t) \cos(\omega t - \varphi)$$



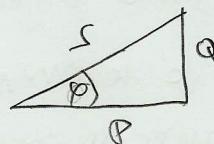
$$\omega = 2\pi f$$

$f = 50 \text{ Hz}$ (Europa)

$f = 60 \text{ Hz}$ (Amerika)

Snaga:

- omstoj otpor - snaga je snaga prevezeta iz mreže **DUGATIVA SNAGA** (S)
- induktivitet / kapacitet: - snaga polarnja i neg. varljivosti - trošilo ustvari već snagu kojoj niko nije potrebova - **SLANJA SNAGA**
- dejna snaga koju trošilo preuzme - **PRIMIDNA SNAGA** (P)
- faktor snage: $\cos \varphi = \frac{P}{S}$



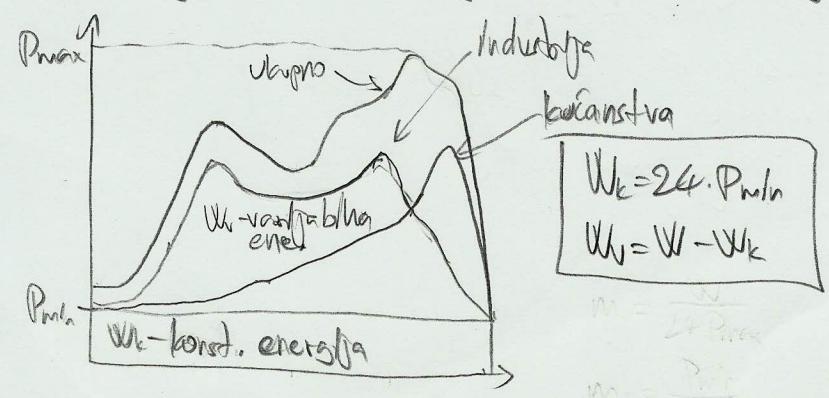
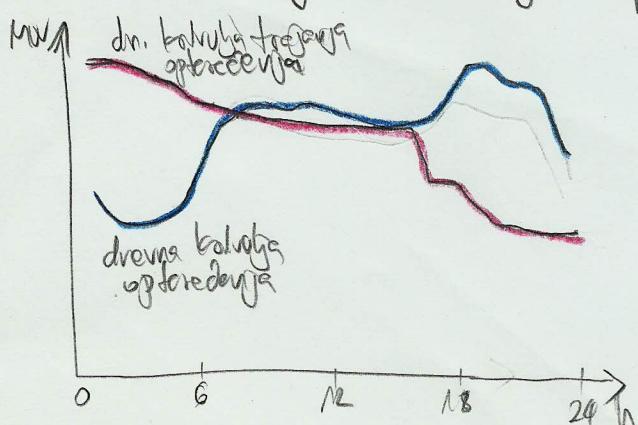
$$S = V \cdot I \quad [\text{W}]$$

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad [\text{VA}]$$

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad [\text{Var}]$$

POTROŠNJA | OPTEREĆENJE

- opterećenje prouženo dojmom dana, tjedna, mjeseci
 \rightarrow godišnje vgl. raspote (zb. stan., relativni standard)
- dnevna trkuvalja opterećenja - utjecaj: lokacija, sezona, vrsta potrošača, večkal dogadaji



$$Uk = 24 \cdot P_{min}$$

$$Uk = W - W_k$$

$$W = \int P_{real} dt$$

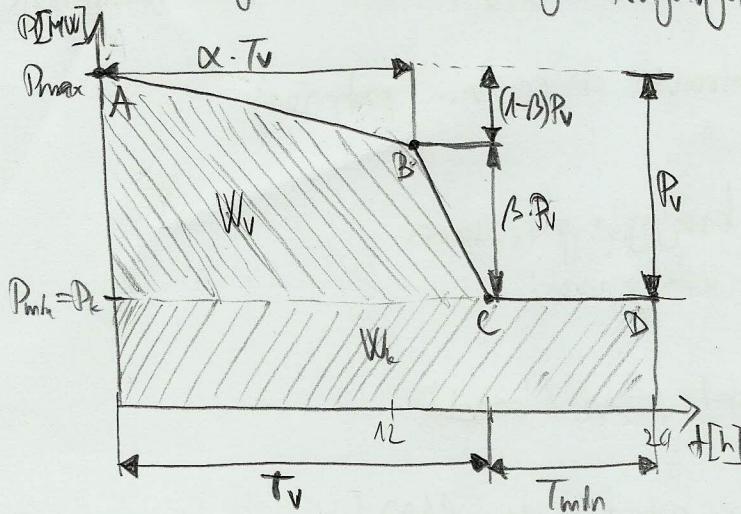
$$W_k = \int P_{kvar} dt$$

- faktor opterećenja = $m = \frac{W}{24 \cdot P_{max}}$

- faktor ravnopravnosti = $m_0 = \frac{P_{min}}{P_{max}}$

- vrjeme konstanta P_{max} : $T_{max} = \frac{W}{P_{max}} < 24h$

- aproksimacija dnevne količine trajanja opterećenja - tri pravca:



- α i β - bezdimenzionalni faktori, određuju položaj točke B

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1)$$

A: $(x_1, y_1) = (0, P_k + P_r)$

B: $(x_2, y_2) = (\alpha T_r, P_k + \beta P_r)$

C: $(x_c, y_c) = (T_r, P_k)$

POKRIVANJE DNEVNOG OPTEREĆENJA

- standardne elektrane - cijena pokretanja, fiksni trošak pogona, trošak po (MW) (varijabilni), pogonska ograničenja (P_{min}, P_{max} , brojne pogone)

- pomoćne hidro, i vjetroelektrare - pogonska ograničenje (raspoloživost "golva")

- akumul. hidro. - ogromne rezervuare

1. teh. minimum TE - samo onih koji uzmamo u račun!

2. NG

3. HE

4. TE s parnom turbinom $\rightarrow (P_{el} - \text{teh. min})$

5. TE s plinskom - !! \uparrow
!!!

PREDVIĐANJE PORASTA POTROŠNJE

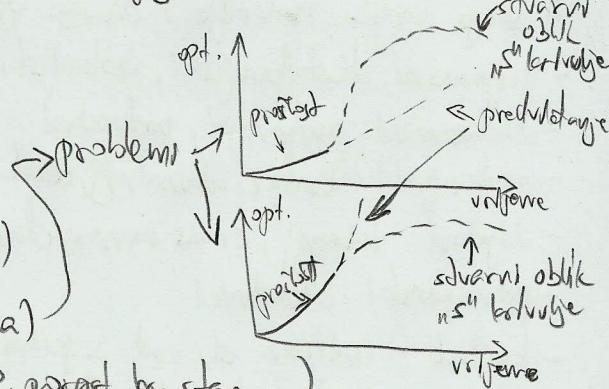
- predviđanje - raznos i vrjeme pojave opterećenja

- kratkozadane (< 5 god), srednjozadane i dugozadane (> 20 god)

- rezultante metode - npr. metodica trenda (fja. vremena)

- zavisne metode - fja. nekoz utjecajnog faktora (BOP, porast br. stan, ...)

\rightarrow ako imamo vrška TE, rebacujemo načinjivo



PRIMJEROS / DISTRIBUCIJA

- * EES - sustav koji obuhvata prevoznu, prenos, raspodjelu i potrošnju električne energije
 - čine ga: elektrownje, tržila, prenosni vodovi, distribucijski vodovi, rasklopna postrojenja, transformatorske stanice, sustav za upravljanje, sustav za telekomunikacije, sustav zaštite
- * prenos - velike količine el. energije od elektrarina do centrala potrošnje
 - visok napon, velike udaljenosti
- * distribucija - unutar centrala postrojenje do krajevnih potrošača
 - srednji i visoki napon, manje udaljenosti

PRENOŠNE MREŽE

- pomjerljiva trofazna mreža, visokonaponski vodovi i kabeli
- visoki napon = manji gubici
- u HR - naponske razine 110, 220 ; 400 kV ; u svijetu - do 1100 kV

RASPORED MREŽA

- srednje i visokonaponske
- pogonska otvorenost - u svim pogonskim postrojenjima svaki se potrošač ugradjuje samo jednog simjeta
 - prostorno zatvorene; povezane, pretenaste
 - - ni - otvorene; radikalna, zrakasta

NAPONI

- 10, 20, 35 kV (srednji)
- 110, 220, 400 kV (visoki)

- el. oprema - može podnijeti napon nešto veći od normativnog (npr. 10% veći)

ELEKTRIČNI VOD

- slup vodila, izolacije i druge opreme koja služe za prenosenje el. energije
- prenosni, distribucijski, izolacijski
- nadzemni, podzemni, podvodni
- vodoravni; baker, aluminijski, željezni
- vodoravni; lotaring, cross arms, dampers, spacers, wedges, isolators, vzemljive, arching horn gap arrestors
- prenosni odvodnići
- kabel - izoliran el. vod s jednim ili više vodiča unutar zapečaćljive plastike
 - dijaki bakar ili aluminijski; izolacija - termoplastika ili guma

RASKLOPNA PODELJENJA

25

- u modelu mreže - otvorenja
 - na konzervativna vodova
 - komponente: sablanka \rightarrow rastavljač \rightarrow prekidač \rightarrow strujni transformator \rightarrow naponi transf. \rightarrow uzmajivač \rightarrow odvodnik prenosa
 - prekidač - uključenje i isključenje vodova - u normalnom pogonu
- u slaganje kvara
 - rastavljač - vidljivo odvajaju dijelove rasklopnog postrojenja
- uklapanje i isklapanje - kada ne teče struja
- * ravnotežna protvodjije i potrošnje: $\sum \text{protvodjija} = \sum \text{potrošnje} + \sum \text{gubitci}$
- neravnotežna - djelatne snage \rightarrow odsjupanje frekvencije
- jalove snage \rightarrow \sim napon
 - frekv.: mijera uravnoteženosti protvodjije i potrošnje

TAKCI S NAGA I GUBITCI U MREŽI

- el. konstante vodova - u granici (vzdušne): $R \parallel L$ \rightarrow ovise o materijalu i projektu
- premja zemlji (poprečne): $G \parallel C$ \rightarrow ovise o prostornom rasporedu vodova
- gubici u vodovima - grafičke vodice \rightarrow
 - smanjenje - povećanjem U (smanji se I)
- \sim projekti ($-1 + \log R$)
 - "u baku" - uslijed protoka struje kroz transf.
 - "u zraku" - gubici magnetizacije jezgre

IZOSKJERNI PRIJEVOS

- dugotičnim podvodnim kabelima, povećavanje sustava zaštite od freku. prijenos na velike udaljenosti
- loše strane - teški prekid strujnog kruga, potreba za pretvaranjuma s obje strane voda
- dobre strane - manji gubici, manje naprezanje izolacije

SUNČEVA ENERGIJA

- snaga Sunčeve zračenja:

$$G_0 = \underline{1367} (1412 - 1321) \text{ W/m}^2$$

- solarna konstanta, ($\pm 3\%$)

- na svu atmosferu

$$G = K_f \cdot G_0 \quad \text{- na flu}$$

- K_f - indeks pozlonosti

- prosj. snaga na flu (24h) - 200 W/m^2

- G = zračenje, gustoća snage [W/m^2]
(radiacija, insulacija)

$$W = P \cdot t, \quad P = K_f \cdot G_0 \cdot A$$

- H = zračenost, gustoća energije [Ws/m^2]

- ρ - zemljopisna širina

δ - deklinacija Sunca (kut između ravne ekvatora i sijalice središta Sunca)

ω - satni kut Sunca - vinkelni brošteni pomak sunca ($1h = 15^\circ$, 0° za početke, neg. prema početku)

α - visina Sunca - kut između horizonta i Sunca

φ - azimut Sunca - kut između pravca prema jugu i projekcije Sunca, zraka na horizont

- projekt obraćene snage - \overline{H}_B : osjetljativnost plohe, mikroklimal, zagadnjivo

KOMPONENTE ZRAČENJA

- mjerjenje - piranometri (termički ili polurod/čeli)

- zračenje na ravnoj plohi : globalno (ukupno), direktno, difuzno (rasprošeno)

- najčešće se mjeri samo globalna i ostale se računaju

- \overline{H}_B [$\text{Wh/m}^2 \text{ ili J/m}^2$] - zračenost na ravnu plohu za projektni dan u mjesecu

PANEL POD NAGIBOM β

$$\overline{H}_{B\beta} = \overline{H}_{B\beta} + \overline{H}_{d\beta} + \overline{H}_{r\beta}$$

- direktni dio (b-beam)

- difuzni dio (d-diffuse)

- reflektirani dio (r-reflected)

- promjena položaja - u jednoj osi $\rightarrow 28-30\% \text{ više E}$

- u dvije osi $\rightarrow 30-40\% \text{ više E}$

- stupnja instalacija, veća masa, dobro održavanje

- korištenje Sunca :

* GRUJANJE

- pasivno - velik potencijal, sčedi 10% potreba za grijenjem prostora

- aktivno - velika jošna površina, velika termalna masa (stakla, gumi, beton), dobra izolacija, relativno zagrijavanje

- aktuarski - solarni doplinski kolektor \rightarrow grijanje vode

- prema temp. na koju gađaju vodu:

\rightarrow niskotemp.: bez potrošnja, pošto su rane plote

\rightarrow srednjotemp.: izolacioni s potrošnjem

\rightarrow visokotemp.: vakuum trave efekti, koncentracija voda

- efikasnost ravnih kolektora

$$\eta = \frac{Q_k}{G \cdot A} = \frac{Q_k}{H \cdot A} \rightarrow \text{karsna doplina } (Q_k = \text{karsna top. snaga})$$

\rightarrow solarne stražnje

- karsna doplina = primljeno - gubici

$$\begin{aligned} Q_k &= [G \cdot a \cdot A - k \cdot \Delta T \cdot A] \Delta t \\ &= H \cdot a \cdot A - k \cdot \Delta T \cdot A \cdot \Delta t \end{aligned}$$

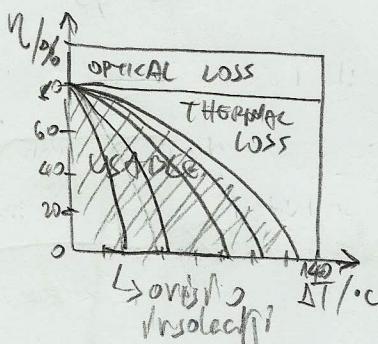
- Q_k se odnosi na rasplodak u mediju

$$Q_k = m \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot \Delta t$$

- faktor odnosenje topline F_k

$$Q_k = F_k \cdot A (G \cdot a - k \cdot \Delta T)$$

- Nusselt-Willmar-Bilss predviđanja za ravni kolektor



* PROIZVODNA EL. ENR.

- PARABOLIČNA PROTOKNIĆA ELEKTRANA

- direktno straženje, najrasvijetljija, temp do $< 500^\circ\text{C}$, godišnja efikasnost $\sim 16\%$

- može praviti funkcije

- parabolov okluz - direktno / posredno

- komercijalne, $\sim 200 \text{ MW}$

- SOLARNI TORANJ

- probno, koncentracija Sun. zrača 1000X, temp $> 500^\circ\text{C}$, efikasnost $\sim 18\%$

- direktno / reflektivno straženje, $\sim 100 \text{ MW}$

- PARABOLIČNI TANJUR

- najmanje rasvjetjen, konc. Sun. zrača 3000X, temp $> 700^\circ\text{C}$, efikasnost $\sim 22\%$

- FOTONAPAK - fotofekt

- kako radi FN Echija - dopljani kristal Si

- elektron i n-sloj \rightarrow p-sloj \Rightarrow el. poje p-n spaj \Rightarrow napon
između p i n-sloja

- foton odbijaču elektrone u p-sloju \rightarrow u n-sloj

- nagomilani elektron + teret \rightarrow el. napon

- efikasnost - teorijski max. - $0^\circ\text{C} = 28\%$ \rightarrow ovakva je vrsta deluje;

- na $120^\circ\text{C} = 14\%$

- izradjenje: 10% UV

40% vidljivo

50% IC

ene. zadržavanje pojava E_g

\rightarrow za pobijanje elektrona foton mora imati veću energiju od E_g

\rightarrow deluje u manjem E_g - manji napon

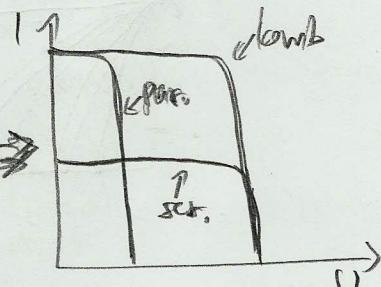
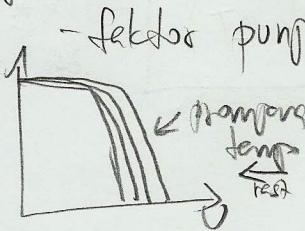
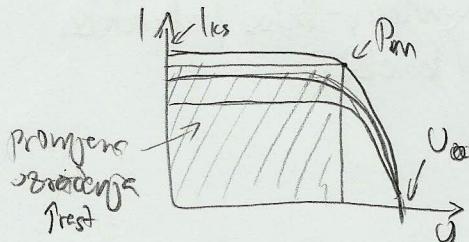
- tehnologije: Si (~20%) - mono, poli / mikronike

fotodi film (10%+)

konzentrirane (30%+)

anorganske, napredne

- I-U karakteristika deluje



- potest temp. smanjuje efikasnost

- tipovi FN-delja: paralelni, serijski, kombinirani

- primjene: samostalni sustavi, elektroničke učinkovitosti i neizvjesnosti projekta,
 (direktni pumpi) FN na mreži
 (baterijski kucu)
 (hibridni radio-toranj)

PROCJENA PROIZVODNJE

$$W_{\text{god}} = 8760 \cdot r \cdot \int_{v_{\text{pod}}}^{v_{\text{max}}} \Phi(v) \cdot f(v) dv$$

$$W_{\text{god}} = 8760 \cdot r \cdot \sum_{v_i=v_{\text{pod}}}^{v_{\text{max}}} P_i \cdot f_i = r \cdot \sum_{v_i=v_{\text{pod}}}^{v_{\text{max}}} P_i \cdot t_i$$

30
W_{god} - proizvodenje godišnja proizvodnja el. en.

$$T_{\text{god}} = 8760 \text{ h}$$

r - raspodjeljnost

$\Phi(v)$ - snaga VA po v

$f(v)$ - frekv. gustine prejave brzine v

t_i - trajanje brzine vi

t_i - trajanje brzine vi

- utjecaj na EES - velika varijabilnost, mala predvidljivost, upravljivost (najbolje opstka, varijabilna brzina)

TEHNOLOGIJA

male

1-100 kW

- daleka dobitana mreža
- mali učinak na mrežu
- mali učinak na grupu
- 1000 kW → formacija

strednje i velike

100-1500 kW

- na mrežu
- samostalne / u grupi
- 1000 kW → formacija

velika

>1500 kW

- jedna MW
- razvija se

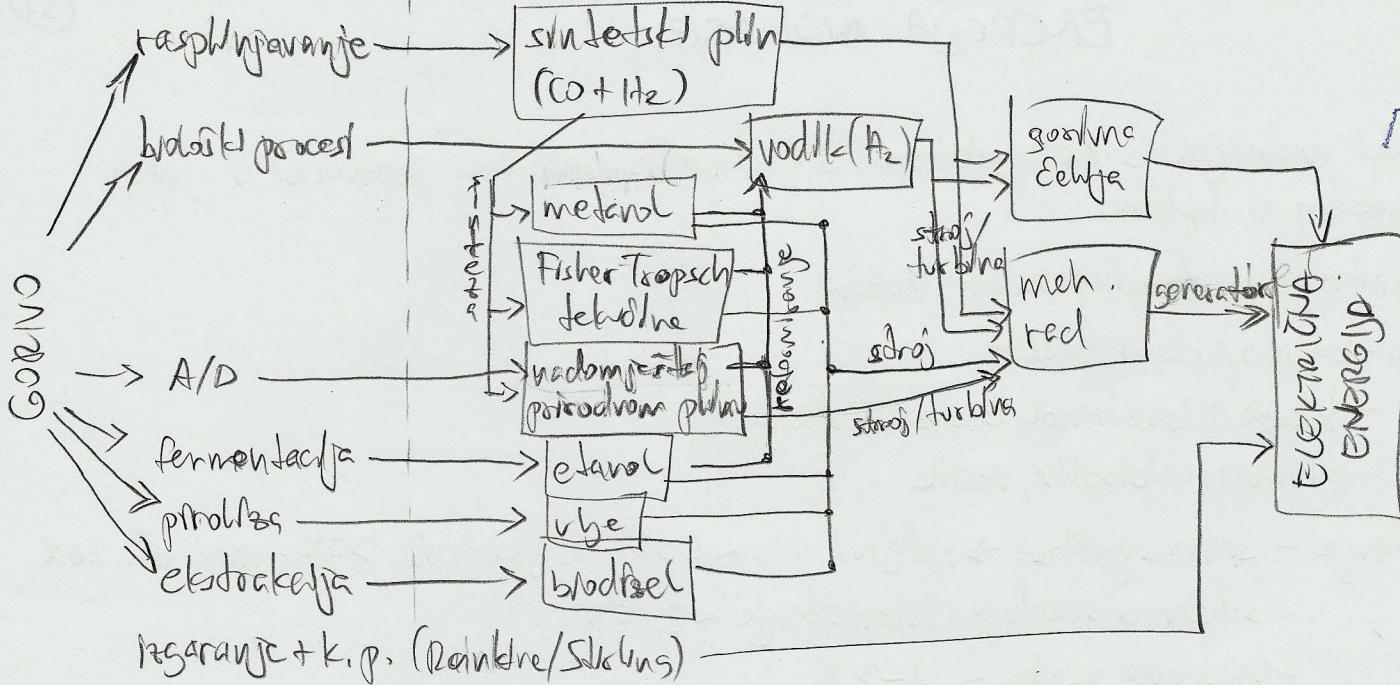
- komponente - loptice rotore, postavljanje, poljena, generator, kontrola, dotanj, temelj
- Indrekton pogon - asinkroni generator
- direkton - n - synchron - n -
- trenovni - rast edukativnosti, pad cijene
- lokacija vise VA u blizini - n - turbina - reduciraju brzine, turbulencije
- veli broj VA u VE → veli gubitci
- računat u donuvadnom smjeru: 4- promjera
- visak ujetra → kao preliv kod HE
- postoji konst, bazu opterećenje (kao bliski minimum kod HE)

ENERGija BIOMASE

- organski materijal s energijskom vrijednosti podobno pretvorbi u gorivo i u direktnu u zagrlju
- dominiraju - na tradicionalan način
- gorivo-bruto: drvo, peleti
 - tekuće: biodizel, biodizel, biovin
 - plinovito: biogorivni, vodik
- istraživanje - samo sjetlost → udjeli dlo ~ 40% - biokefuši 30% - max. ef. 10%
 - srednje srednje istraživanje ~ 0,15%
 - uzgajane vrste - 1-3%
- svjetska proizvodnja: $45 \pm 10 \text{ EJ}$ ($EJ = exajoule = 1.15^{18} \text{ J}$)
 - 14% ukupne proizvodnje
 - do 3%, u razvijenim, do 50% u nerazvijenim
- najvažniji izvor: UBGD - brodastide drveće: vrba, topola, eukaliptus
 - Šederne vrste: Šederina repicačka / prosu, slatkištruk
 - Širobne vrste: kuburuz, glijade (prentca, jedam)
 - Ugljene vrste: ugljana repica, sunčobred
- OSTACI / OTEAD - drugi otpad
 - poljoprivredni ostaci i otpad (slama, snij)
 - organski dio ravnos kružnog otpada
 - komunalni otpad
 - industrijski ostaci

PRETVORBE BIOMASE

- primarna - biomasa → gorivo
- sekundarna - gorivo → energija
- primarna pretvorbe: 1. termičke - uz puno zrake = flogarancija → topilina
 - uz malo zraka = raspaljivanje → plin ($\text{CO}_2, \text{H}_2, \dots$)
 - bez zraka = pruhlađe → tekućine, H_2
- 2. biološke - fermentacija → etanol
 - anaerobna digestija → CH_4
- 3. fizikalne / hemijske - hidroliza + fermentacija → deljene gorivo (biokemijske)



- dobra biomasa za ogrevanje - dobra industrija - ostaci

- gospodarenje sumama

- poljoprivredni ostaci

- raznji posebnih kultura za energiju

- kompatibilnost (balansiranje, prečlanje)

- blagovalna - prve generacije - iste strojne baze za proizvodnju hrane

- druge - II - otpad / lignocelulosni material

- tredje - III - alge

- bioetanol (C_2H_5OH) - drška, kultura, dovo → fermentacija (rasplinjanje disomnih ots. indeksa na jednostavne uz enostavne katalizatore) → sumpor za benzinku

- biodiesel - esterifikacija - sličan dieselu (bolje moštvo, manje sumpora)

- život i zeleni maso → anaerobna fermentacija → biogaz

- rasplinjanje - termokemijski proces - visoke temp (do $1400^{\circ}C$), ograničen dosta O_2

- proizvodnje el. en - > efikasnost u plinski turbinu

- problem - nečistote → prečlanjanje stupnja

- CH_4, CO_2, H_2O

- slijeduju plina određuju - poređeča postrojenja (postrojenje, laboratorijski, s fluidiziranim stojem)

- biomasa (temp., vlažnost, sastav)

- sredstvo rasplinjanja (zrak, hidra)

- koagencija - kombinirane proizvodnje el. / top. energije → veća efikasnost

- održljivost - konstenca < potrosit, povratak materijala planiranje rasta (rast, očuvanje fla, podrške vacke)

- nedostaci - mala ene, veličnost, mali kapaciteti, stupanj konstenje, održljivost

GORIVNI ČLANCI

(3)

- neposredne pretvorbe - bez kružnih processa
 - fotoelektrični efekt, termoelek. efekt, termotoksični efekt, kom. energija (gorivni članci, akumulatori), ...
- prezelektrični efekt - akumuliranje naboja na površini određenih krovina uzlijed djelovanja vanjske sile
 - upaljaci, pojedala
- termoelektrični efekt - top. ene \rightarrow el. ene. (Seebeckov efekt)

GORIVNI ČLANAK

- elektrokemijski uređaj koji omogućuje neposrednu transformaciju kom. ene. u strujenu el. ene i toplinu

vodik + kisik $\xrightarrow{\text{GORIVNA DOKSA}}$ toplina + voda + struja

- obrnuti proces od elektrolize
- prava načina rada - primarni i sekundarni
- " - vrsti elektrotila - polimerna membrana (PEMFC), fosforna kiselina (PAFC), alkohol (AFC), rastavljivi karbonati (MCFC), krvnokiseli (SOFC)
- kako radi: dvije pozitivne elektrode presudjene platinom na strani pravna čestoj membrani bjež ih odvojuju
 - anoda \rightarrow vodik \rightarrow razdvajanje protona / elektrona
 - el. \rightarrow kroz traklu \rightarrow struja
 - protoni \rightarrow kroz membranu \rightarrow katoda \rightarrow katalizator \rightarrow spajanje s kisikom
 - $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{ene (toplina)}$ \rightarrow voda
- radna karakteristika - max. snaga - srednje struje
 - pravni hod - 1,12 V
 - max. eff/casnost - manje struje
- poginje - pojedostavljeni reaktor, male differencije, pomodni reaktor, el. i hib. reaktor, pomodne napajanja

VODIK

- velika gustoća E po mase, mala gustoća mase po volumenu
- gornji članak trebaju platinu \rightarrow sklop (100 kV \rightarrow 100 g Pt)
- proizvodnja - iz vode (elektroliza), biomasa (rasplijevanje, pirolyza), fos. sortirao (benzin direktni pristup plasti reformiranjem)
- termoliza: $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 1/2 \text{O}_2 (2500^\circ\text{C})$
- termokemijsko razlaganje vode u sumpor (bez oksidacije)

- pohranjivanje - pod tlakom - pada efikasnost, potreban dobar materijal
- ukapljavanje - $< 261^{\circ}\text{C}$, et. 40-50%, gubitak vodika ~ 0.2% / dan
- napredno - metali hidridi, sifilicidni, vuglikovacidi
- SPURO

SKLADISTIĆE ENERGIJE

- transformacija prijelaznog u stalni oblik energije (el. en. \rightarrow stalni oblik)
- zaštita: pokrovivanje vršne potrošnje, upravljanje promjenama potrošnje, kompenzacije promjenjive potrošnje obnovljivih, napajanje izvan mreže, pouzdanošt opskrbe
- spremnik balansira - postavlja kada nema energetika, skladisti kada ima
- pogfela - meh. ene.: RHE, komprimirani zrak, zamašnjak
 - elektrobeam.: konvencionalni i protoni akumulatori, gorivne celiće
 - ele. pot.: kondenzatori i magneti
 - fotoniski spremnici
- osnovne značajke: - gustoća energije ($\text{J/kg} \text{ J/W J/m}^3$)
 - veljeme skladistice - posonski aktivi - punjenje (τ_c), skladiste (v_s), pražnjenje (τ_d), samopražnjenje (τ_{dc})
- efikasnost: $\eta_s = \frac{E_d}{E_c} = 1 - \frac{E_s}{E_c}$, E_s = ene. gubitake
 - brzina punjenja / pražnjenja

REVERZIBILNOST HE

- gravitacijska potencijalna
- > 95% velikih spremnika, ~ 3% protoni aktivi, 1-3000 MW, $\eta = 70-85\%$
- primjene - kontrola frekv., upravljanje potrošnjom, rezerva napajanja
- prednosti - pouzdana tehnologija, održavanje, pokretanje (min.)
- nedostaci - velike površine/volumen, investicije

SKLADISTICE KOMPRESIRANOG ZRAKA

- zrak iz kompresora pohranjuje se komprimiran, kad je potrebno vrati se u turbinu
- rukavci, sifile
- malena efikasnost, posebni sahifci

ZAMASYACI - vakuum, η do 95%, samopražnjenje 20%/h

- zektoni - manje brzine
- kompozitni materijali - veće brzine

$$\delta = \frac{1 \omega^2}{2}$$

SUPERKONDENSATORI

- elektro. ene

- nekotrone metalne folije

- $\geq 10^5$ akcasa, $\eta = 84\text{-}97\%$, samoprijenje 5-40%/d, stepo, nanotehnologija

- kratkoročna poljana

SUPRAVREDNI MAGNETI

- supravod. zavojnica i hladnjake - nitouboj Hauj, vanadij, zirk.

- do 10T mJU razvijeno, visoka $\mathcal{E} = 1\text{kW/L}$, $\eta > 94\%$, trajno, stepo, samoprijenje 10-15%/d

TOPLINSKI SPREMANICI

- više kWh kapacitete, $\eta = 30\text{-}60\%$

PONJIVE BATERIJE (AKUMULATORI)

- kemi. ene, najviše koristeće, napon i snage - galvaniski elementi, energija - elektrohol

- olovne baterije - najviše koristeće, katoda PbO_2 , anoda Pb , elektrohol H_2SO_4
- effusne, recifne, male akcuse

- Li-ion - broz oslu i velika gustoća, efikasnost $\sim 87\%$

- dubina prijenjaja utječe na trajanje

- pogfela akumulatora - napjena-napajanje putničica/pokretnje motora/pogon vozila
- akcija - startend / deep-cycle

- Na-S baterije - elektrode tekući Na i S

- velika temp, samoprije, $\sim 10\%$ /d, veliki kapacitet, velika dočekna snaga
- stepo održavanje

- ostale - NiCd, NiMh, ZEBRA

- probone baterije - tekući elektrohol u vanjskim spremnikima

- vanesum redox

- alik i polisulfid boromild

ENERGETIKA I OKOLIS

- nestaje (H_2Ne), onečišćenje zraka/Ha/vode, buka, vrućalna degradacija, elemag. utjecaj,

- onečišćenje zraka: CO_2, SO_2 , zatljivočišće Hа/vode

svjetlostno

- NO_x - vode: pad konc. blizika, toploinsko zagađenje, utjecaj na ekosustav

- dalekovodi - el. i mag. polja

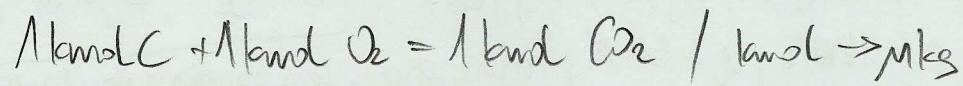
- el. statičnost - fosilna goriva \rightarrow klim. promjene

- IPCC - medvjedih parav \rightarrow klim. promjene - Ugovor - UNFCCC, protokol iz Kyoto

- $+0,4^\circ\text{C}$ u sljedećih 20 g

EKSTERNI TROŠAK

- ere, lanac - svl procesi "ispred" i "iza" elektrane
- eksternalizje - kada proizvodiš ih potrošiš nekoš dobra vrednost drugima
nehotične troškove ih dobili
- eksterni trošak - koji je uključen u bilansu poduzetka

EMISIJA CO₂

$$12 \text{ kg C} + 32 \text{ kg O}_2 = 44 \text{ kg CO}_2 / \text{kg}$$

$$1 \text{ kg C} + 2,667 \text{ kg O}_2 = 3,667 \text{ kg CO}_2$$

$$\hookrightarrow 3,667 \cdot m_c = m_{CO_2}$$

\rightarrow pođe za CO₂

Eel

$$\downarrow \\ E_t = \frac{E_{el}}{\eta}$$

$$\downarrow \\ m_s = \frac{E_t}{H}$$

$$m_c = M_s \cdot w_c$$