

Lurrunaren bidezko Potentzia Zikloak

Egilea: Iñaki
Gómez Arriaran



Edukia:

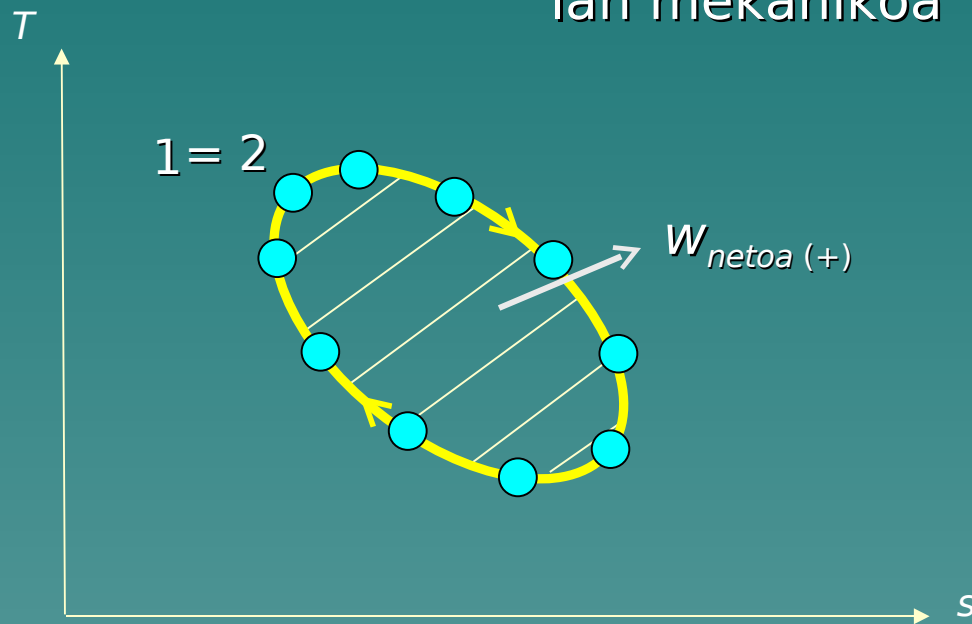
- ◆ Potentzia-zikloak
 - Motor Termikoa
- ◆ Carnot-en zikloa
 - Carnot-en etekina
- ◆ Lurrunaren bidezko potentzia-zikloak
- ◆ Carnot-en zikloa lurrunarekin
- ◆ Rankine-ren zikloa
 - Lurrun-turbina
- ◆ Rankine-ren ziklo erreala
- ◆ Rankine-ren etekinaren hobekuntza
- ◆ Birberotzedun zikloa
- ◆ Ziklo birsortzailea
- ◆ Ziklo konbinatua
- ◆ Kogenerazioa

Potentzia-zikloak

- ◆ Etengabeko eraldakuntza: energia termikoa



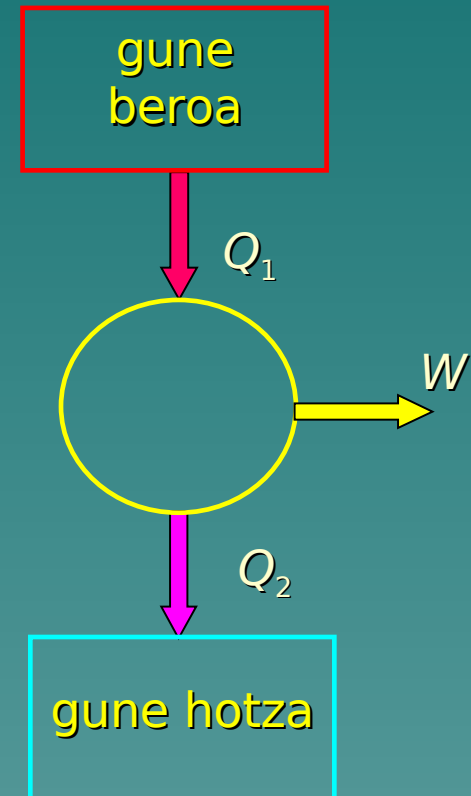
Ian mekanikoa



Motor Termikoa:

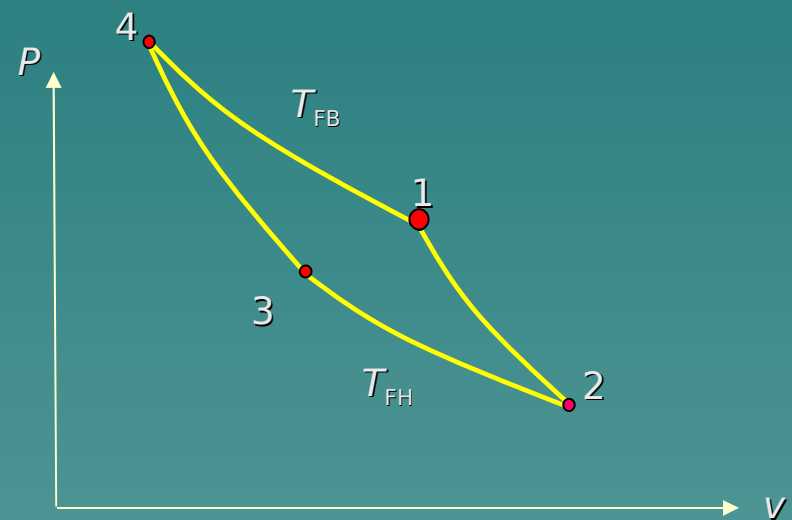
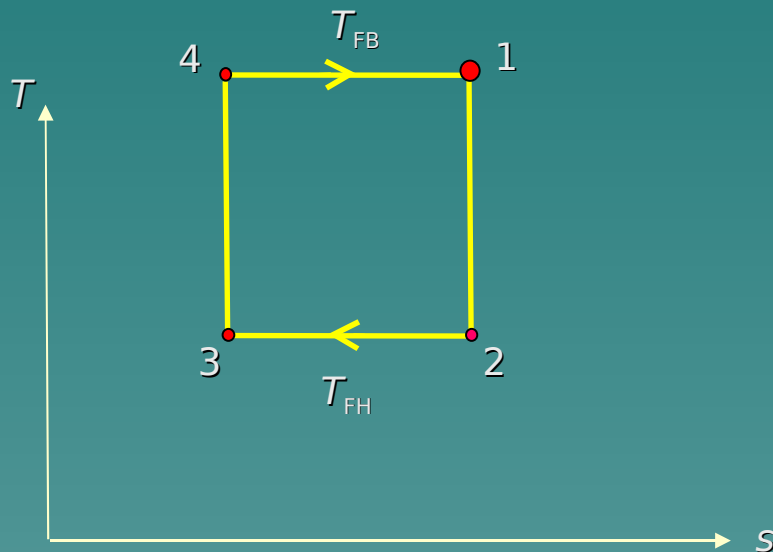
- ◆ Potentzia-ziklo bat burutzeko elkar konektatzen diren sistema irekien taldea

Etekin termikoa: $\eta = W / Q_1 < 1$



Carnot-en zikloa

- ◆ Potentzia-ziklo itzulgarrien erreferentzia
- ◆ 2 prozesu **isotermiko itzulgarri** (4-1 eta 2-3)
2 prozesu **adiabatiko itzulgarri** (1-2 eta 3-4)



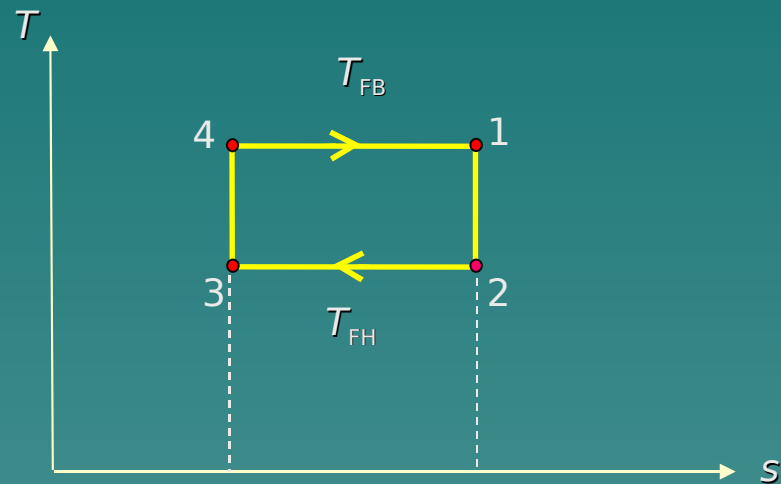
Carnot-en etekina

Edozein potentzia-zikloentzat: $\eta = w / q_1 = 1 - |q_2| / q_1 < 1$

Carnot-en zikloarentzat:

$$q_1 = T_{FB} (s_1 - s_4)$$

$$|q_2| = T_{FH} (s_2 - s_3)$$



$$\eta_C = \frac{w}{q_1} = 1 - |q_2| / q_1 = 1 - T_{FH} (s_2 - s_3) / T_{FB} (s_1 - s_4) = 1 - T_{FH} / T_{FB}$$

$$\eta < \eta_C < 1$$

Carnot-en etekina

- ◆ Carnot-en etekina = $f(T_{FB} \text{ y } T_{FH})$
- ◆ Etekin teoriko maximoa
- ◆ gune berdinen artean jarduten duen edozein ziklo itzulgarrik etekin maximoaz jardungo du

$$\eta_c = 1 - T_{FH} / T_{FB} \rightarrow \text{hobetzeko irizpide}$$

$$\eta < \eta_c < 1$$

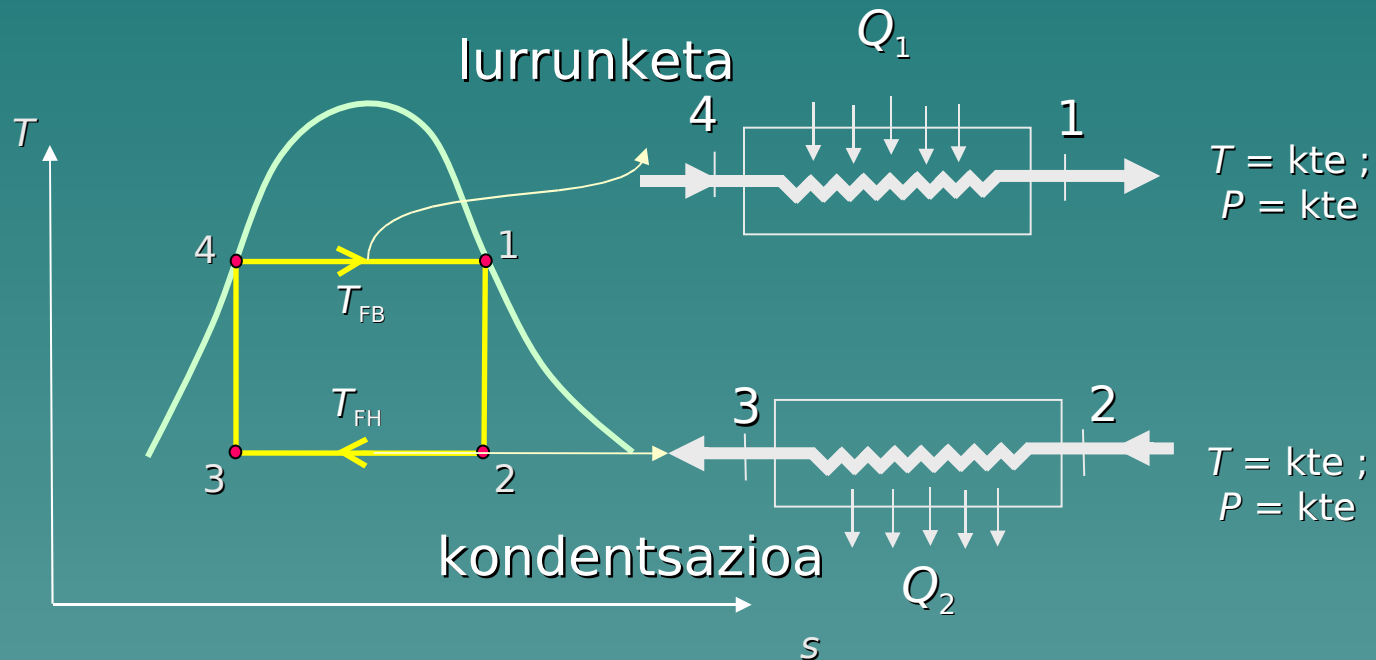
Lurrun bidezko potentzia-zikloak

- ◆ Lan-fluidoak fasez aldatzen badu → lurrun bidezko potentzia-zikloa
- ◆ Fluidoaren hautatzeko irizpideak:
 - Segurtasuna
 - Mantentzea
 - Ekonomia
 - Baldintza fisikokimikoak

} Ura

Carnot-en zikloa lurrunarekin

bero-trukatze prozesu isotermikoa, lurrun hezearen aldean bakarrik bideragarria



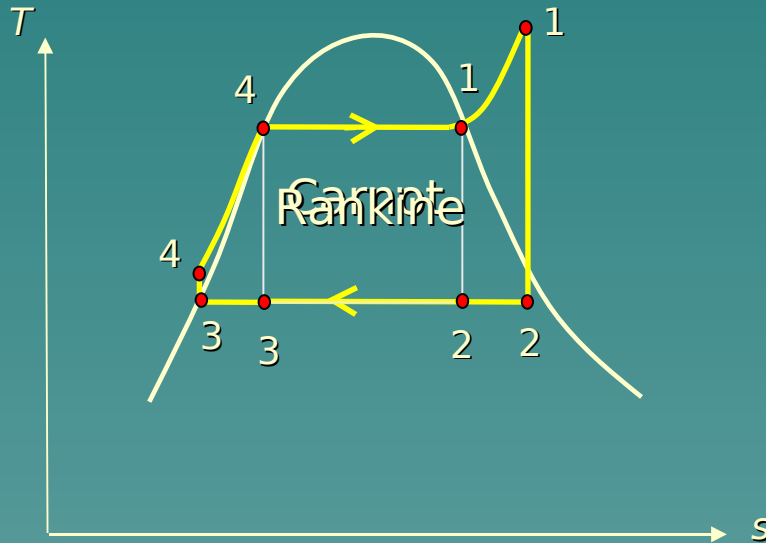
Lurrun bidezko Carnot-en zikloaren eragozpenak

- ◆ 4-1 prozesua: Tenperatura maximoa mugatzea
- ◆ 1-2 prozesua: Turbinaren irteerako titulu baxuegia
- ◆ 3-4 prozesua: Lurrun hezearen konprimatze-arazoak

Carnot-en zikloa ez da praktikan bideragarria, ez da eredu erreala  **Rankine-ren zikloa**

Rankine zikloa

- ◆ Bero-jasotze prozesu **isobarikoa** → errazago gauzatzeko
- ◆ **Lurruna gainberotu** bere T_{kritikoa} gainera :
 - ◆ Zikloaren T_{max} ↑
 - ◆ turbinaren irteerako lurrun hezearen titulua ↑
- ◆ Lurruna **guztiz kondentsatu** → ponpa erabili konpresorea ordez



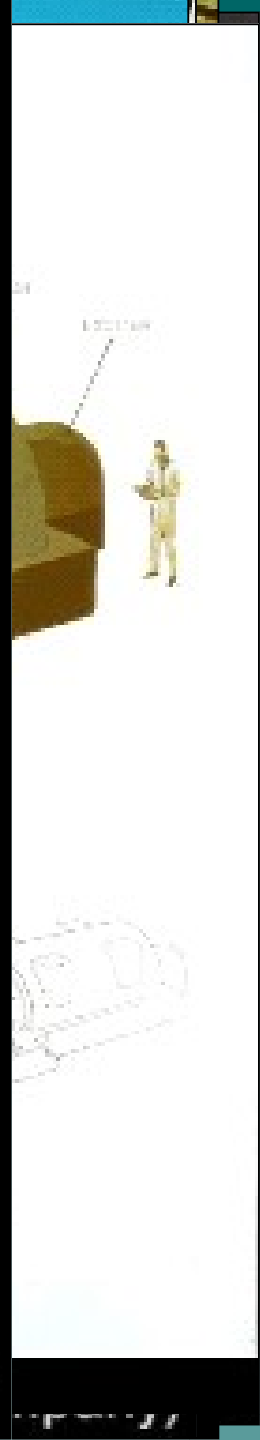
How

There are
transform
cool falli
into elect
simple pl
near a co
current in



Low pressure
turbine about
to be installed
into the turbine
housing.

(Courtesy of Carolina Power
and Light Company)



Zikloaren energia-analisia

◆ Turbina adiabatikoa: $w_T = h_1 - h_2$

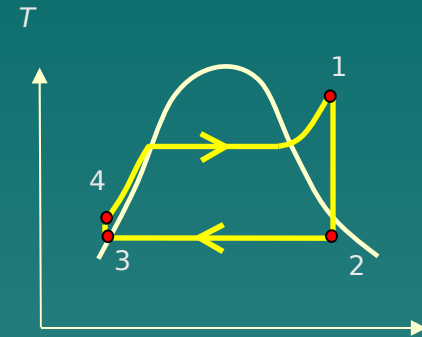
◆ Ponpa adiabatikoa: $|w_p| = h_4 - h_3$

– Sustantzia konprimaezina: $|w_p| = 1/\rho (P_4 - P_3)$

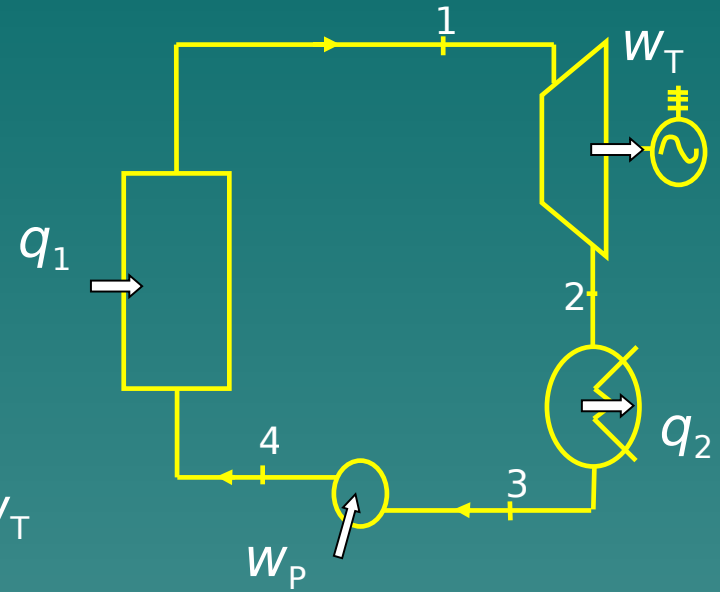
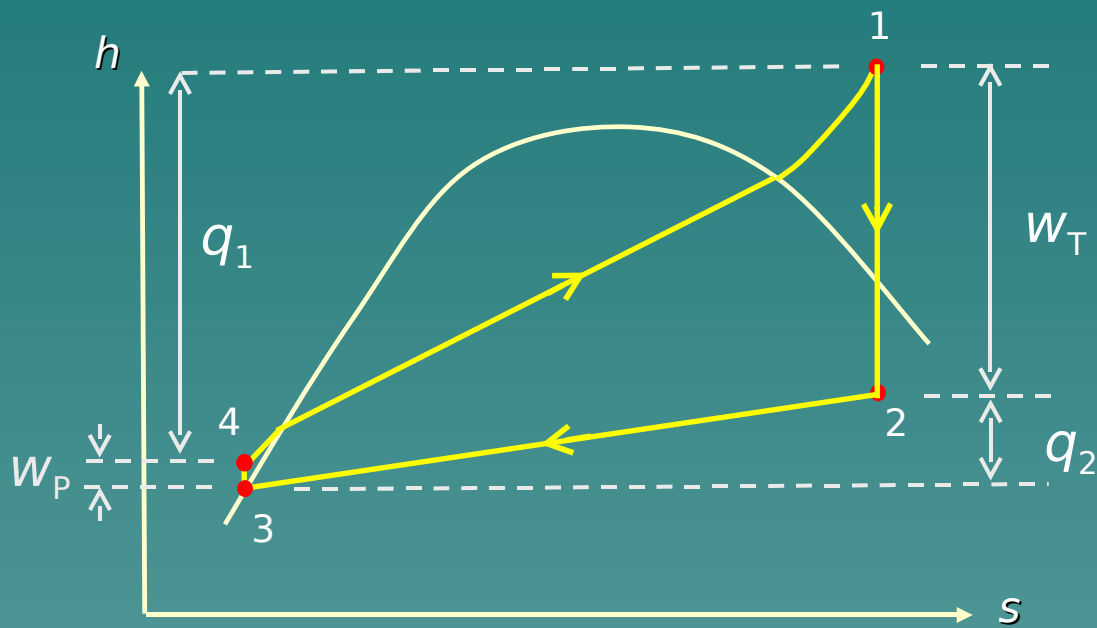
◆ Lurrun-sorgailua: $q_1 = h_1 - h_4$

◆ Kondentsadorea: $|q_2| = h_2 - h_3$

$$\eta = w / q_1 = (w_T - |w_p|) / q_1 = [(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)] / (h_1 - h_4)$$

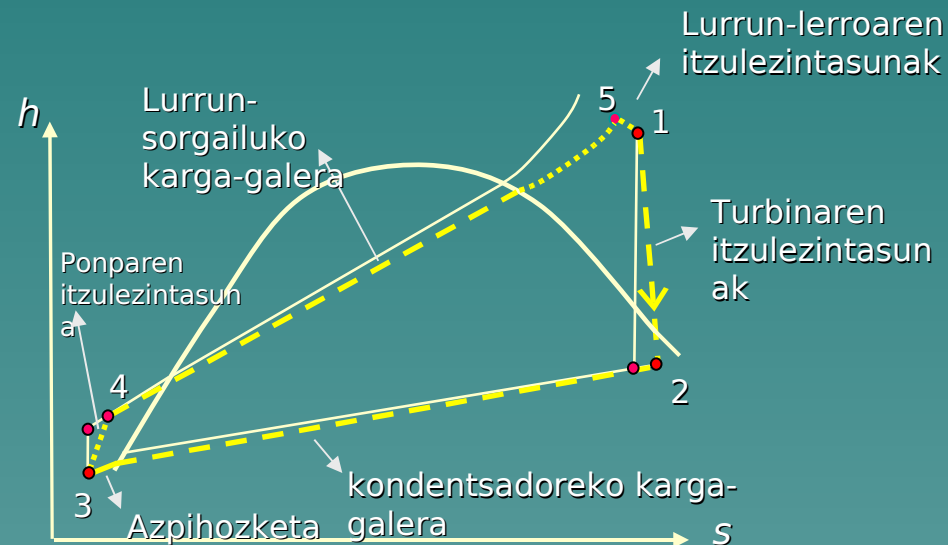


Rankine-ren zikloa Mollier-en diagraman



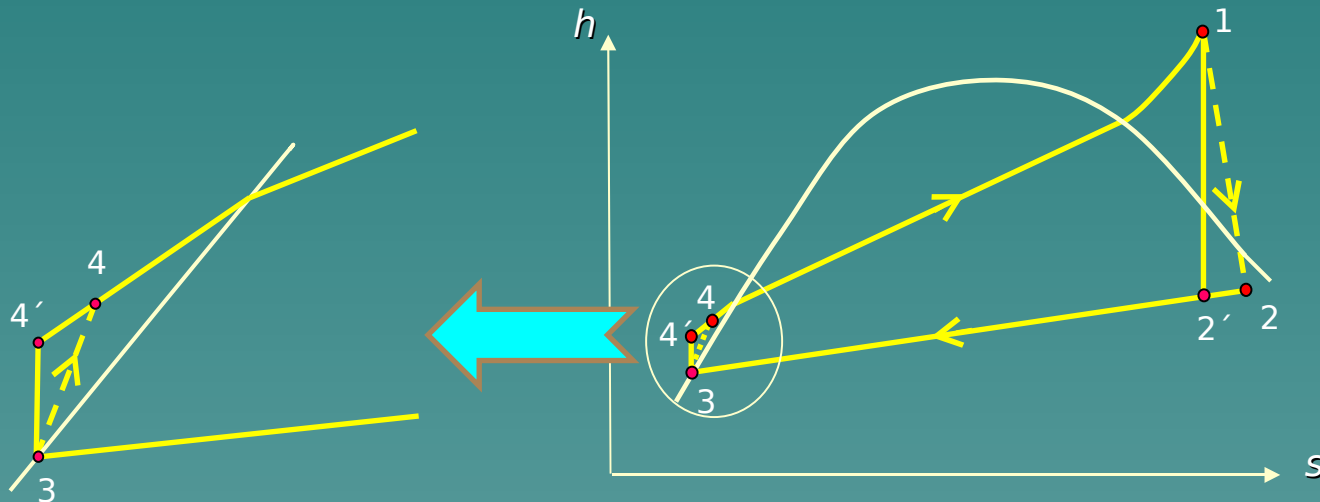
Ziklo erreala

- ◆ Itzulezintasun nagusienak turbinan eta ponpan (marruskadura) → entropia sortzea
- ◆ Konduktuetan, lurrun-sorgailuan eta kondentsadorean zeharreko karga-galerak → ura presio handiago batean ponpatuz gainditzen dira
- ◆ Ponpan kabitazioa ekiditeko → likidoa azpihoztu



Rankine-ren ziklo erreala

- ◆ Sinplifikatzeko (zehaztazuna galdu gabe) → turbina eta ponparen itzulezintasunak soilik aintzat hartu:
 - Turbinaren barne-etekina: $\eta_{sT} = (h_1 - h_2) / (h_1 - h_{2'})$
 - Ponparen barne-etekina: $\eta_{sP} = (h_{4'} - h_3) / (h_4 - h_3)$



Etekinaren hobekuntza

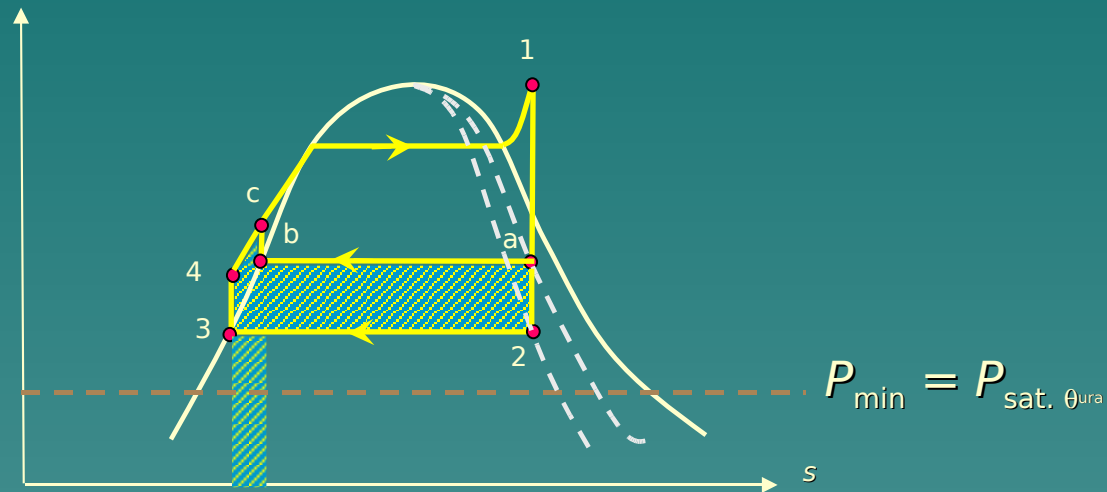
- ◆ $\eta_C = 1 - T_{FF} / T_{FC}$ → etekina hobetzeko:
 - Bero-jasotzearen prozesuaren batezbesteko temperatura handitu
 - Bero-askatzearen prozesuaren batezbesteko temperatura jaitsi

Horretarako:

- Kondentsazio-presioa jaitsi
- Gainberotze-tenperatura handitu
- Galdarako presioa handitu

Kondentsazio-presioa jaitsi

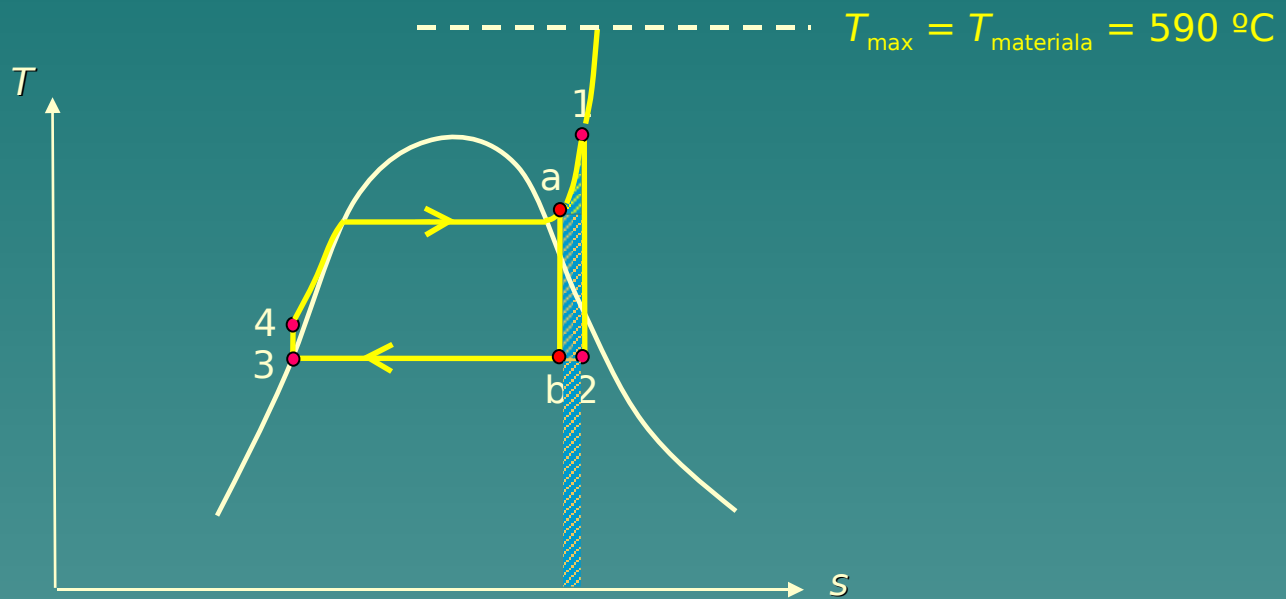
Baldin $P_{\text{kondentsadorea}} \downarrow \Rightarrow$ gune hotzeranzko bero-askatzearen
prozesuaren $T_{\text{batezbesteko}} \downarrow \Rightarrow \eta \uparrow$



- Limitea: $P_{\text{kond.}} > P_{\text{sat.}}$ (hozketa-uraren temperaturan) (15 °C - 30 °C) + 10 °C $\Rightarrow P_{\text{kond.}} = 0,03 \text{ bar} - 0,10 \text{ bar}$
- Eragozpena: turbinaren irteerako titulua jeisten da

Gainberotze-tenperatura handitu

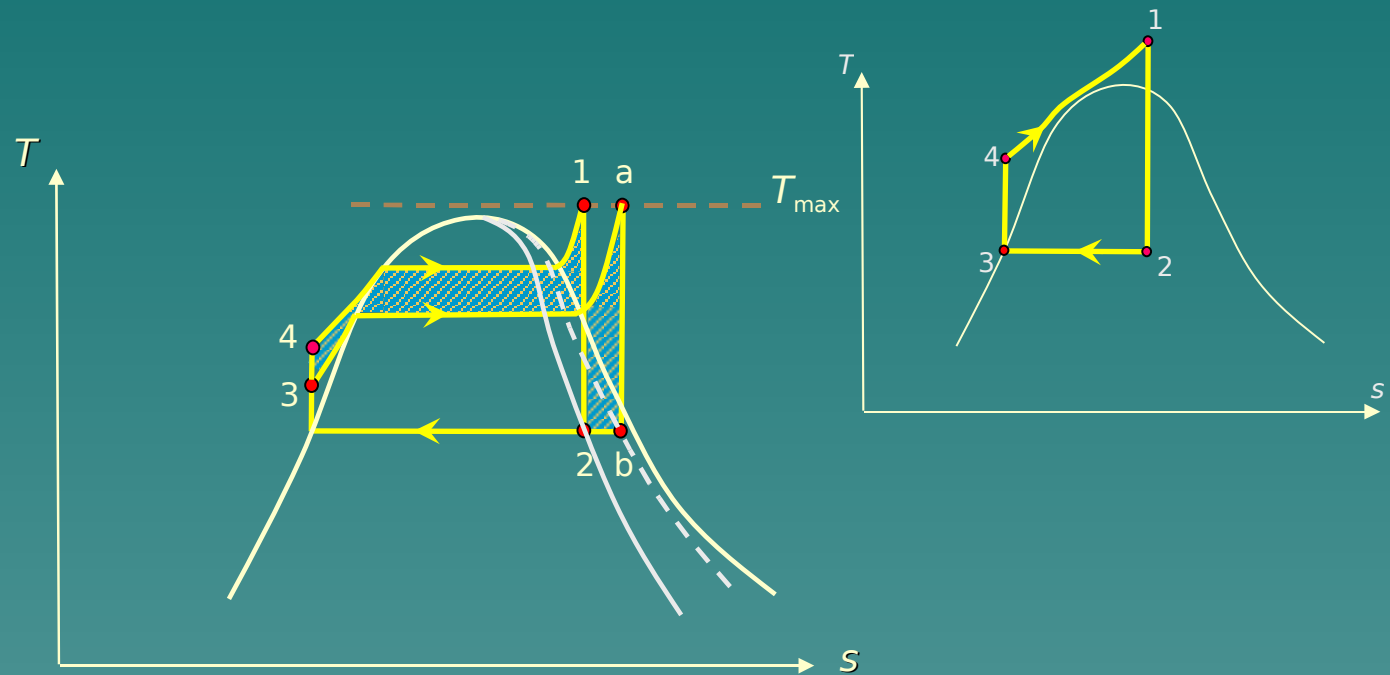
Gainberotzea $\Rightarrow T_1 \uparrow \Rightarrow$ gune berotik bero-jasotzearen
prozesuaren $T_{\text{batezbestekoa}} \uparrow \Rightarrow \eta \uparrow$



- Limitea $T_1 < T_{\text{materiala}}$: $540 \text{ }^\circ\text{C} \div 590 \text{ }^\circ\text{C}$ (altzairu herdoilgaitz ferritikoak)

Galdarako presioa handitu

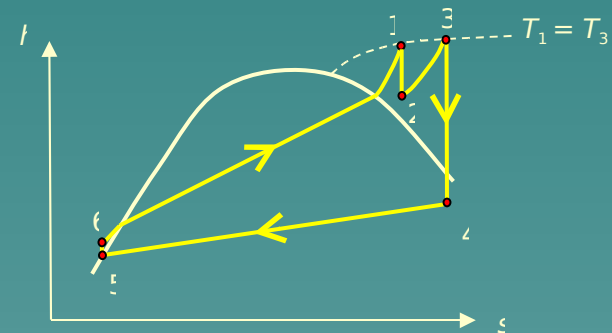
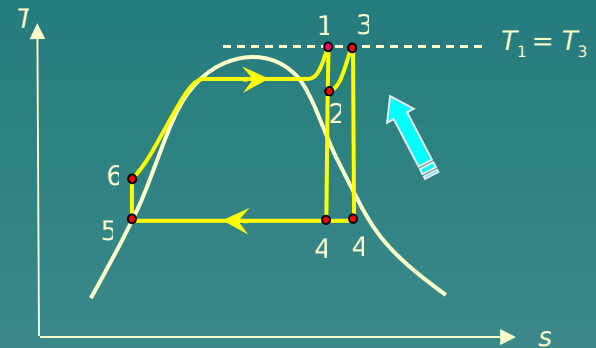
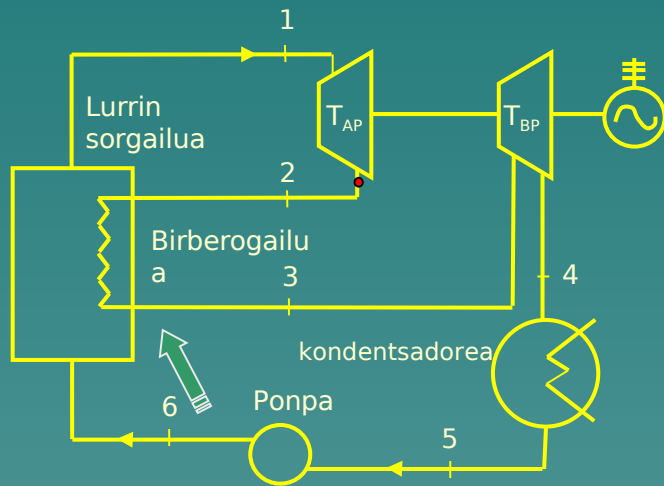
Baldin $P_{\text{galdara}} \uparrow \Rightarrow$ gune berotik bero-jasotze
 prozesuaren $T_{\text{batezbestekoa}} \uparrow \Rightarrow \eta \uparrow$



- Limitea: $P_{\text{max. tutueriak}}$ eta ekonomia \Rightarrow 180 bar (ziklo superkritikoak: $P_{\text{galdara}} > P_{\text{kritikoa}}$)
- Eragozpena: turbinaren irteerako titulua jeisten da \Rightarrow konponbidea: Birberotzea

Rankine-en zikloa birberotzearekin

- ◆ P_{galdara} handiekin lan egin ahal izateko, turbinaren irteerako titulua jaitsi gabe



Birberotze-presioa

- ◆ $P_{\text{birberotzea}}$ aukeratzeko irizpidea $\rightarrow \eta_{\text{maximoa}} \rightarrow$

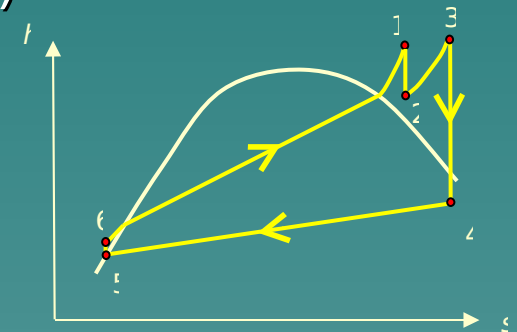
$$P_{\text{birberotzea}} = (1/3 \div 1/4) P_1$$

- ◆ **Birberotze kopurua ≤ 1** (birberotze berri bakoitzak etekin baino kostu gehiago dakar)

- Marruskadura-galerak
 - Bero-galerak
 - Instalazioaren kostua
- Hobekuntza eskasa \rightarrow presioa altuak erabiltzerakoan titulu baxuak ekiditeko egiten da soilik

Birberoketadun zikloaren energia analisia

- ◆ Turbina adiabatikoa: $w_{TPA} + w_{TPB} = (h_1 - h_2) + (h_3 - h_4)$
- ◆ Ponpa adiabatikoa: $|w_p| = h_6 - h_5 = 1/\rho (P_6 - P_5)$
- ◆ Lurrun-sorgailua: $q_1 = (h_1 - h_6) + (h_3 - h_2)$
- ◆ kondentsadorea: $|q_2| = h_4 - h_5$



$$\eta = w / q_1 = (w_T - |w_B|) / q_1 =$$

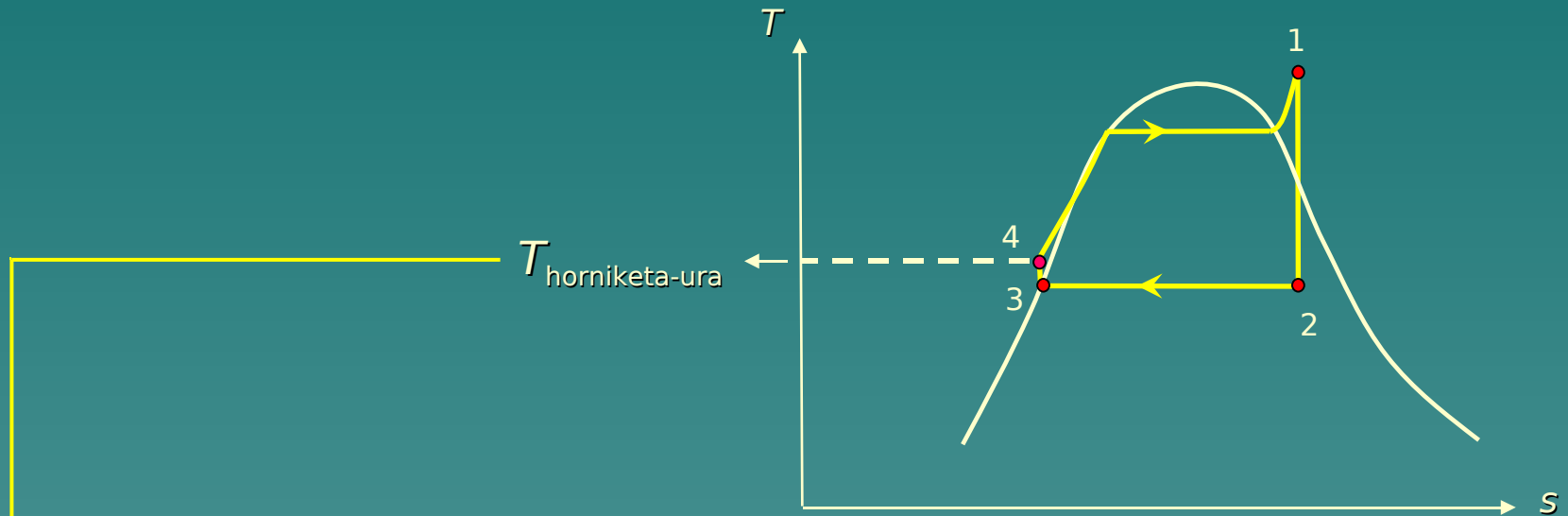
$$= [(h_1 - h_2) + (h_3 - h_4) - (h_6 - h_5)] / [(h_1 - h_6) + (h_3 - h_2)]$$

Ziklo birsortzailea

Bero-jasotze prozesuaren
 $T_{\text{batezbestekoa}}$ handitzeko:

- $T_{\text{gainberotzea}} \uparrow$
- $P_{\text{galdara}} \uparrow$

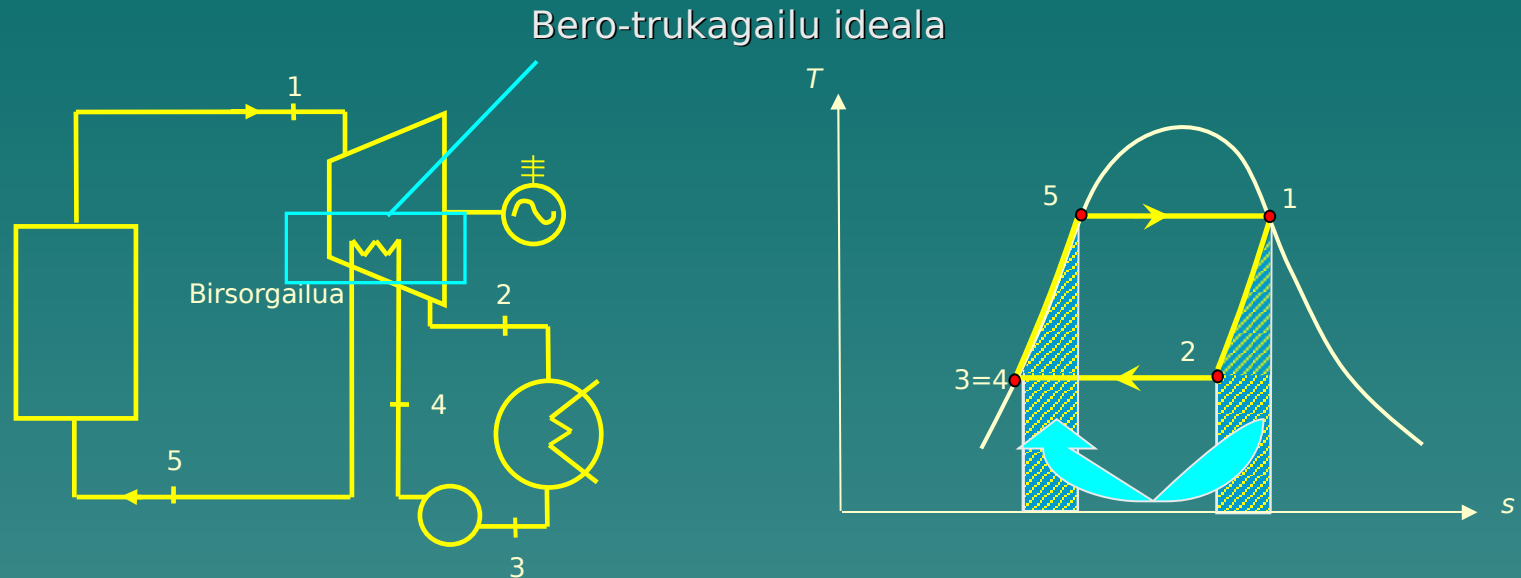
} mugatuta



- ◆ **Aurreberotzea** : Galdara elikatzen duen uraren $T \uparrow$
 $T_{\text{horniketa-ura}} \downarrow \downarrow$ denez \rightarrow ziklo bereko beste prozesu
 exotermiko batean askaturiko beroaz baliatu
 horniketa-ura aurreberotzeko \Rightarrow **birsortzea**

Birsortze ideala

Etekin handiena → birsorketa itzulgarria denean:



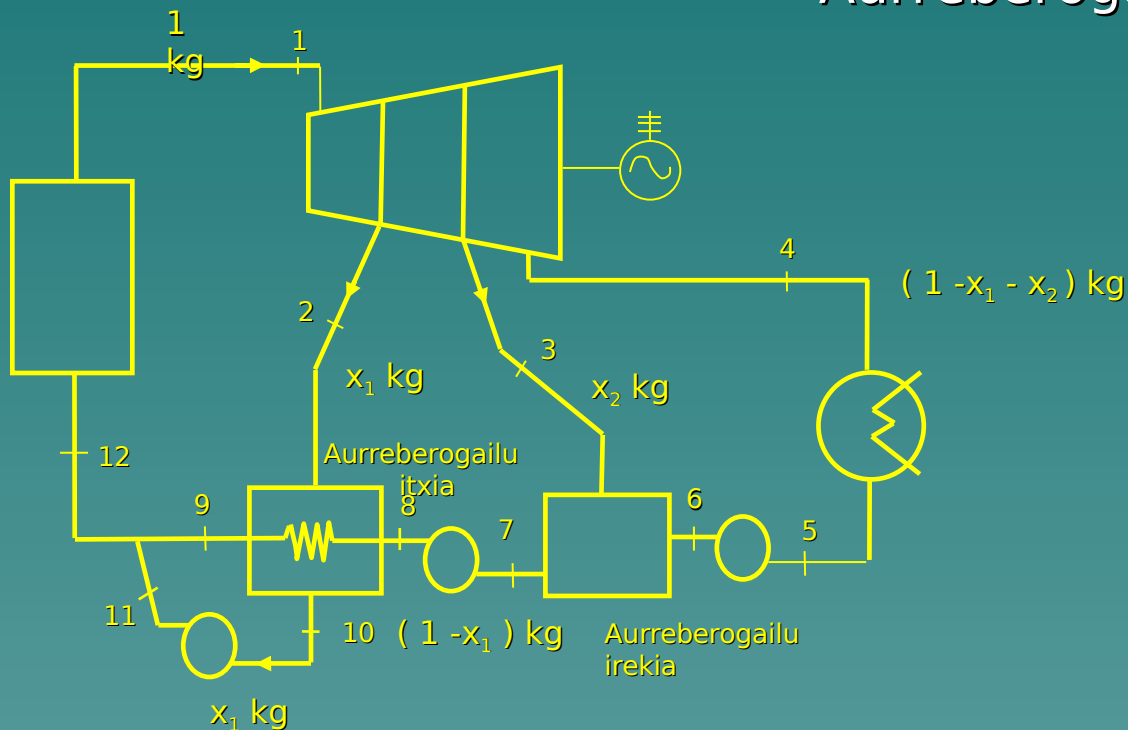
Ziklo hau ez da bideragarria:

- turbinan zeharreko bero-trukagailua diseinatzea zaila
- turbinaren irteerako titulua baxuegia

Birberotzea aurreberogailuekin

- ◆ Praktikan → turbinatik erauzketak eginez ur-aurreberogailuak elikatzen:

- Aurreberogailua itxia
- Aurreberogailu irekia

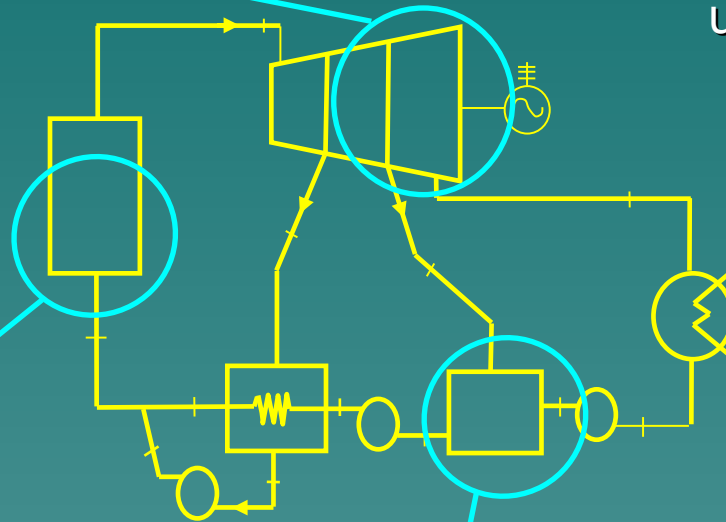


Aurreberogailuak erabiltzearen abantailak

turbinaren azken etapatan **lurrin-gastu baxuagoa**

■ turbinaren potentzia maximoa ↑

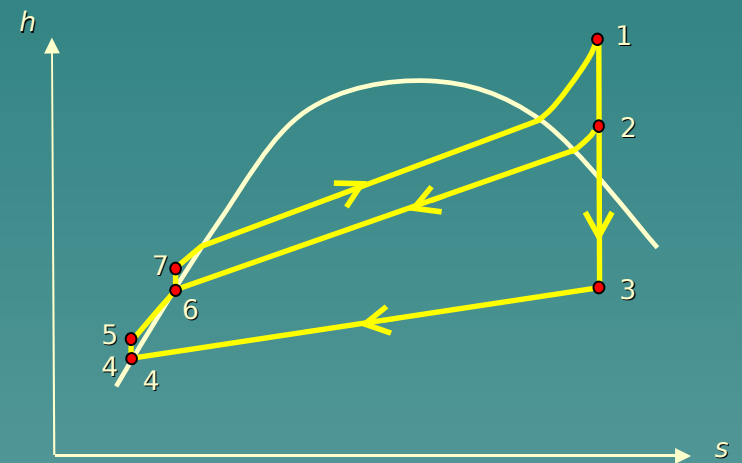
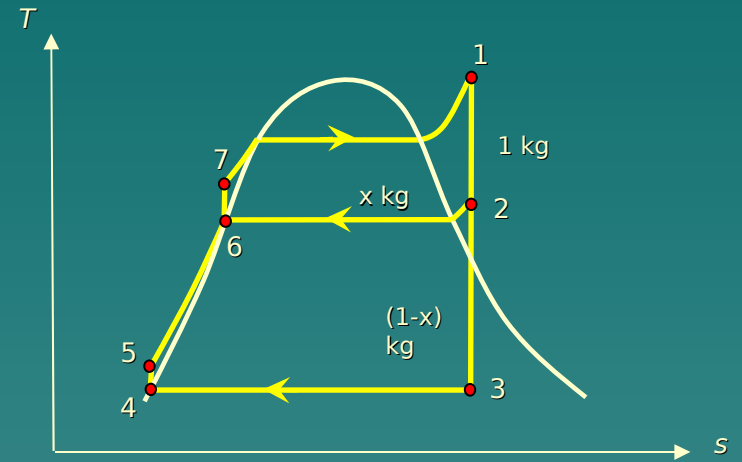
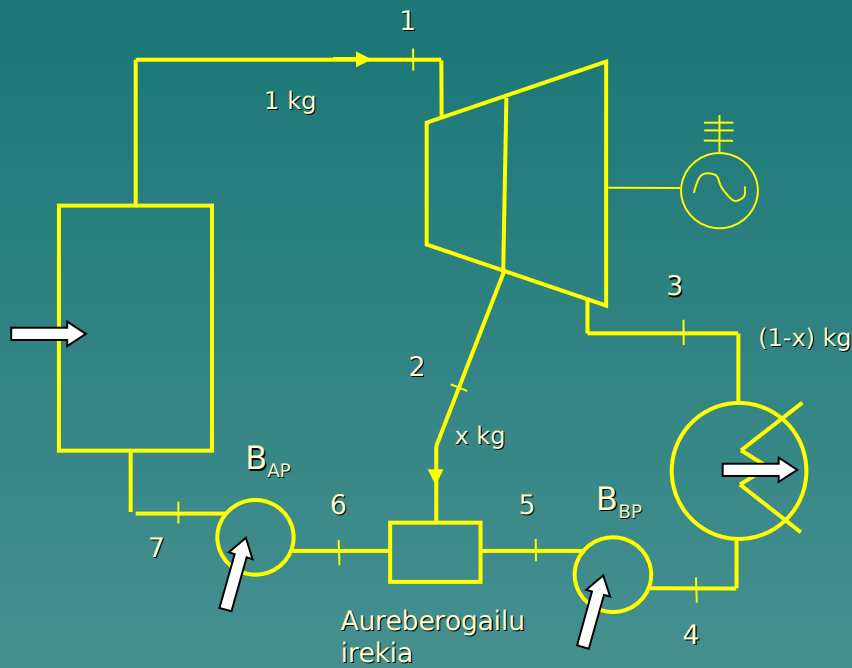
■ alabeen altuera uniformeagoa



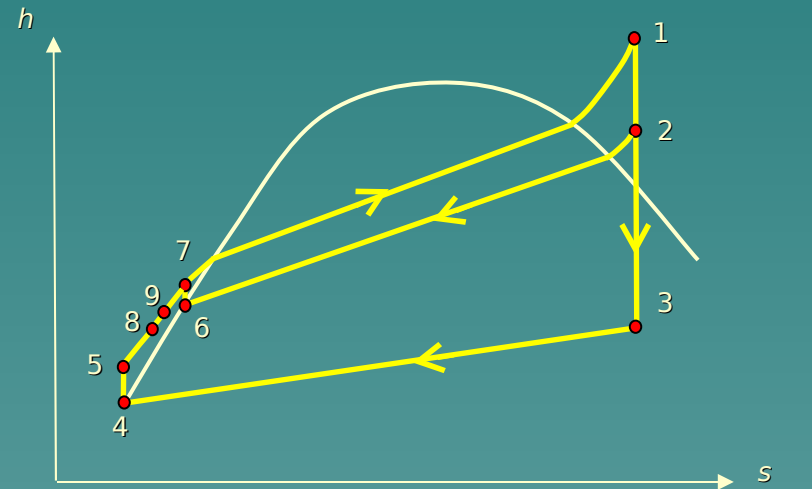
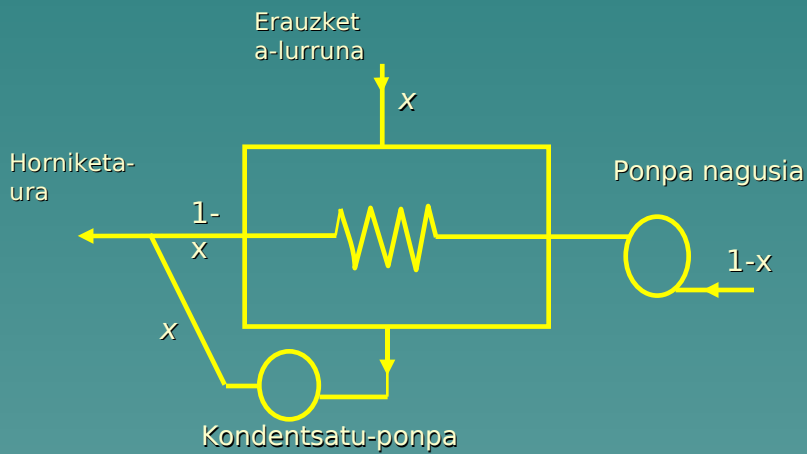
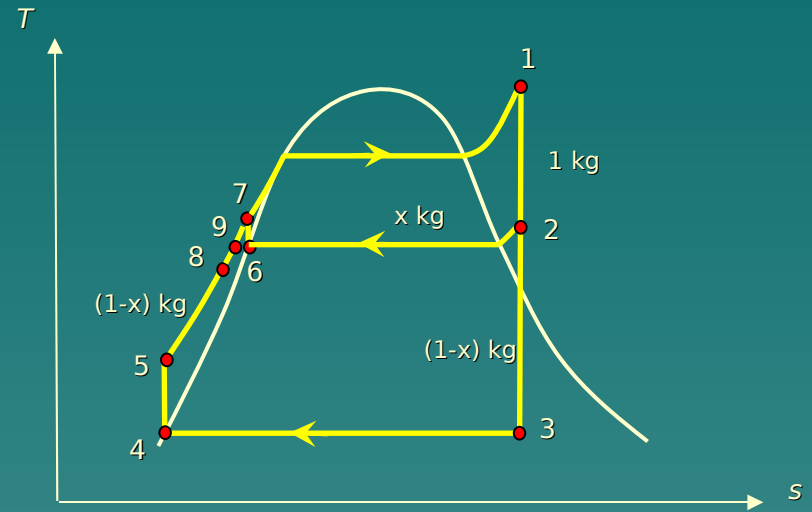
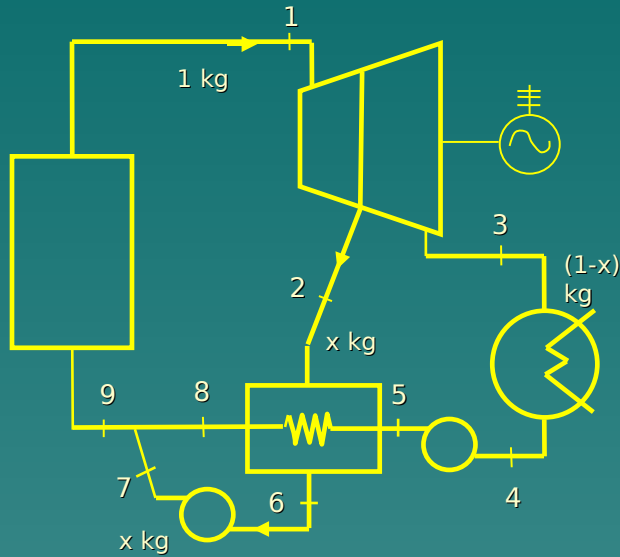
galdaran
tenperatura-jauzi
txikiagoa → hodian
tentsio termikoa
baxuagoa

Aurreberogailuen bitartez **degasifikazioa**
eta **lurrin galerak birjarri**

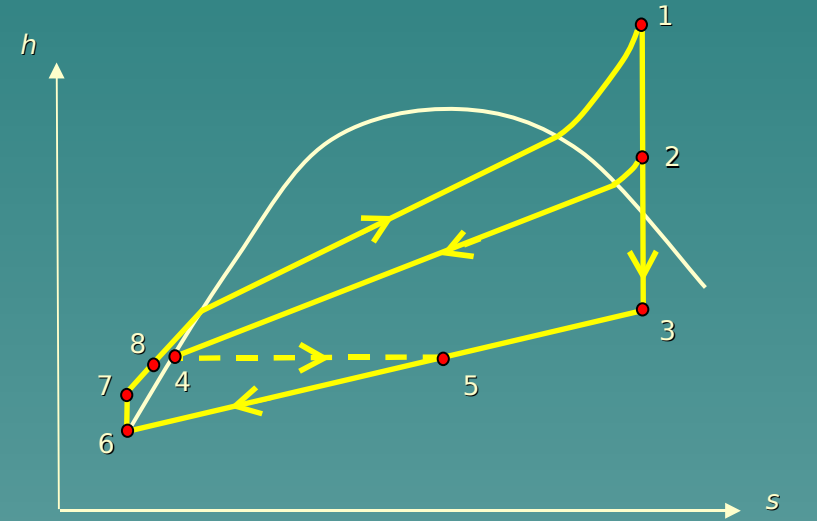
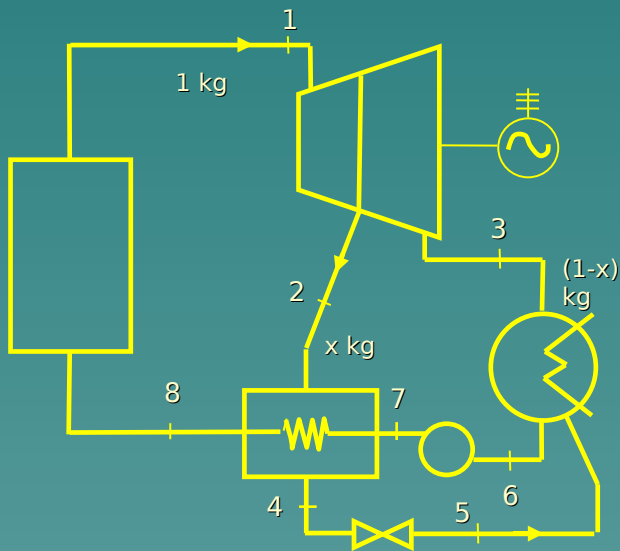
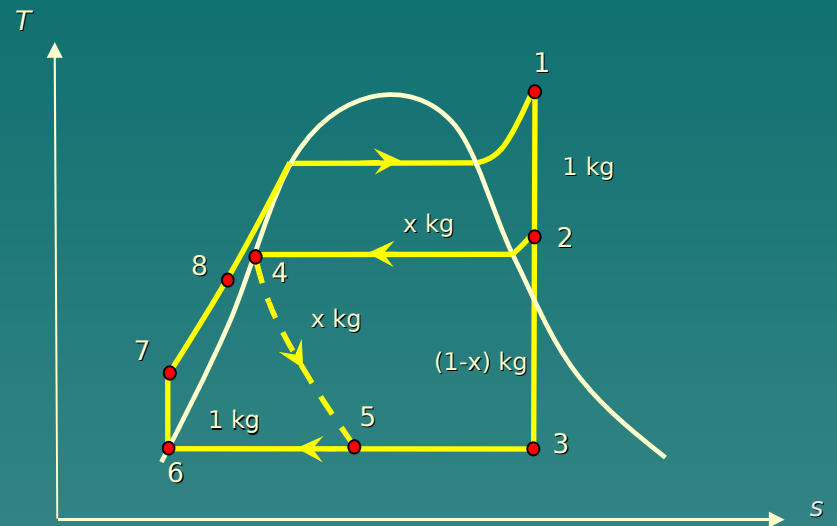
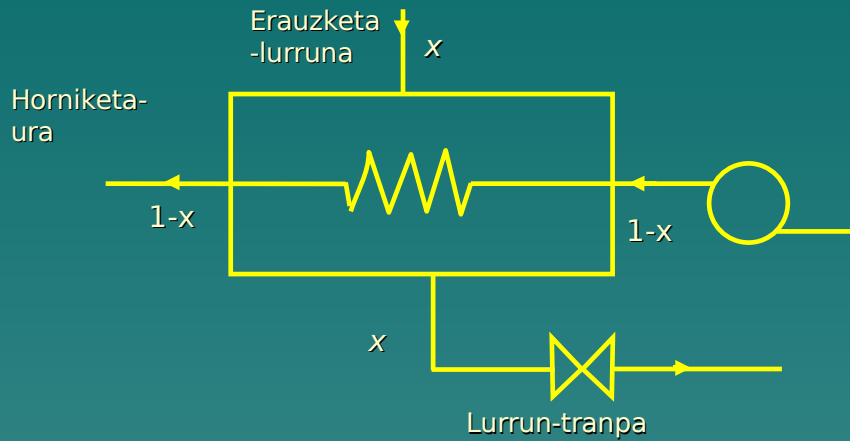
Aurreberogailu irekia edo nahasketa-aurreberogailuak



Gainazal-aurreberogailua kondentsatze-ponparekin

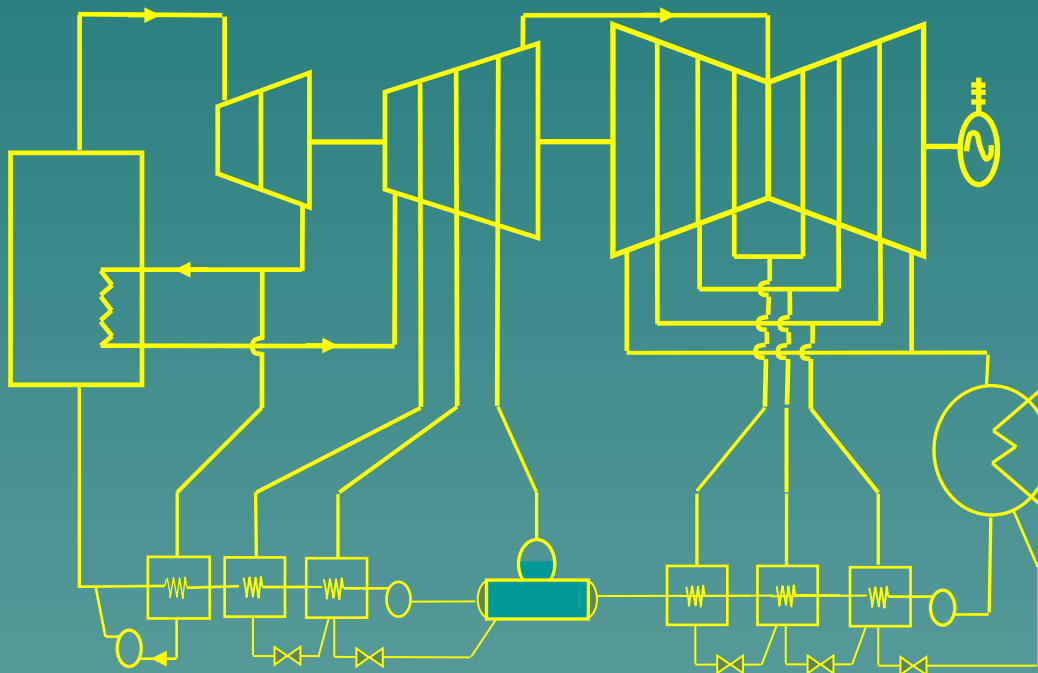


Gainazal-aurreberogailua lurrun-tranparekin



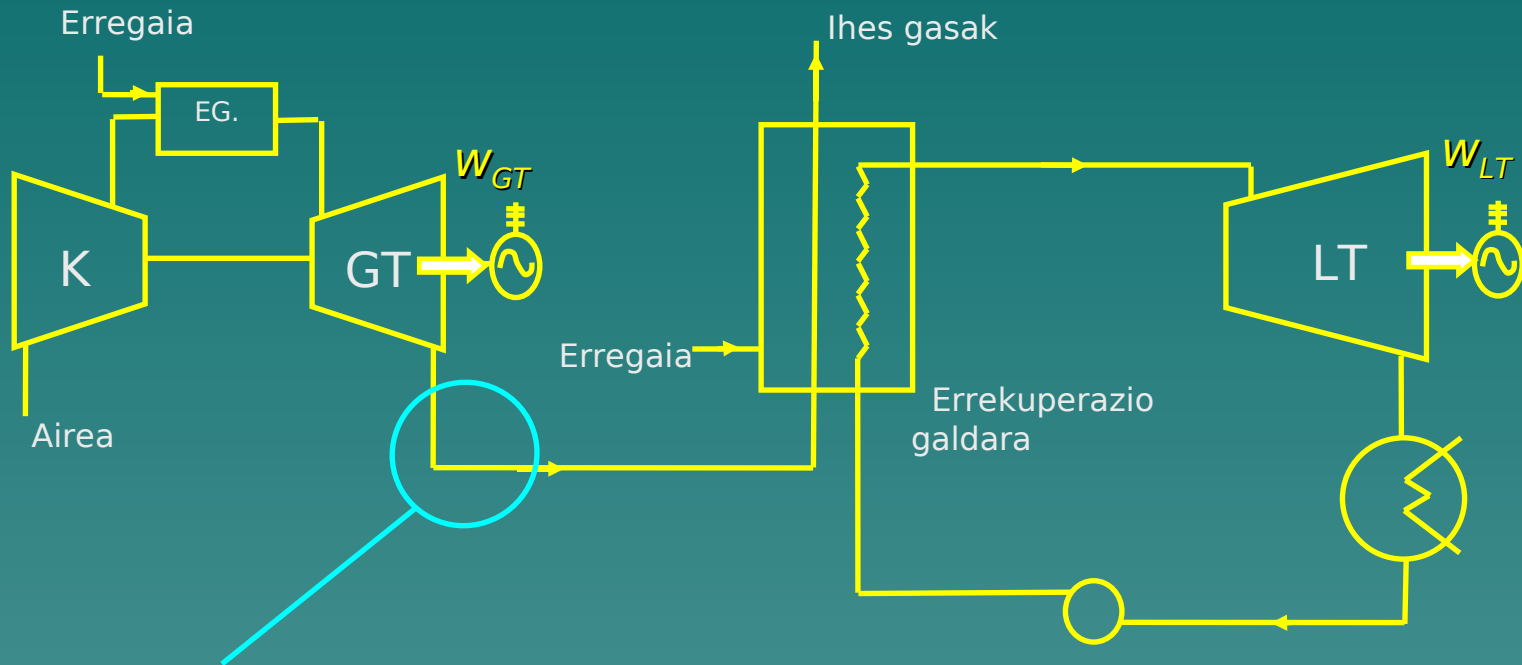
Zentral konbentzionala

- ◆ Zentral termiko konbentzionala \Rightarrow 7÷9 aurreberogailu (1 irekia)
- ◆ Irekia presio atmosferikoa baino handiagoko puntuan kokaturik \rightarrow gasak ateratzeko
- ◆ Bestelako funtzioak:
 - Desgasifikatzea
 - Lurrun-galerak birjarri



Ziklo konbinatua

$$\eta = (w_{GT} + w_{LT}) / (q_{EG} + q_{Err.G})$$



Ihesako gasen $T \uparrow \uparrow$

Gehiegizko aire $\uparrow \uparrow \rightarrow$ errekarri gisa errekerazio galdara

Lurruna sortu lurrin zikloan erabiltzeko

Etekinak

Ziklo sinplea $\rightarrow \eta = 35 - 38 \%$

Birberotzerekin $\rightarrow \eta = 38 - 42 \%$

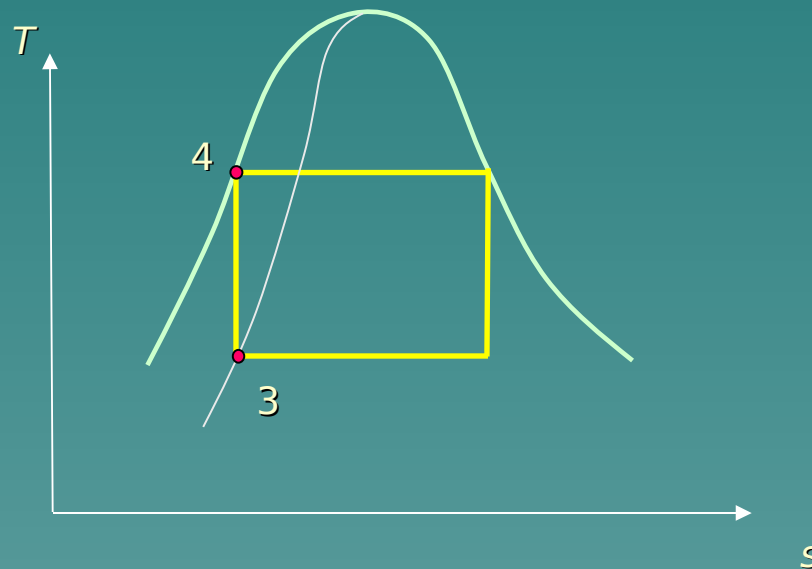
Birberotzearekin eta birsorketarekin $\rightarrow \eta = 42 - 48 \%$

Ziko konbinatua $\rightarrow \eta = 55 - 60 \%$

Lurrun hezearen konpresioa

Lurrun hezearen konpresio isentropikoa (3-4 prozesua) ez da bideragarria:

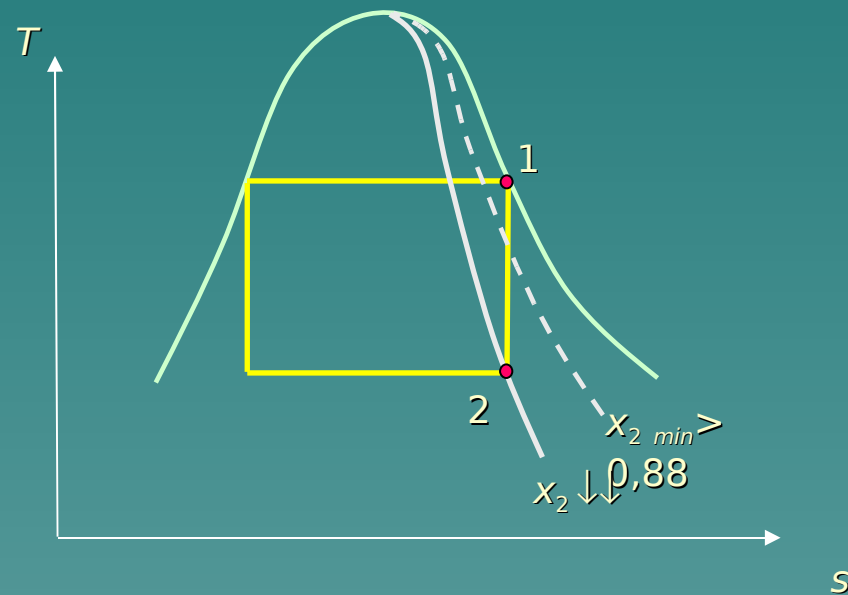
- Nahaste bifasikoa konprimitzeko, konpresorearen diseinu konplikatua da
- Konprimitze-lana \uparrow



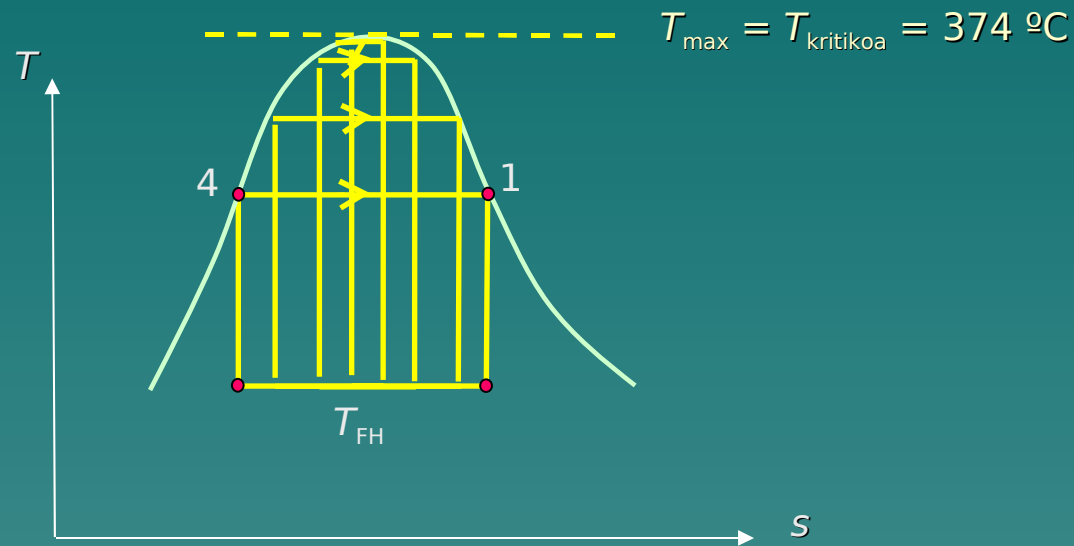
Titulu baxuegia

Lurrun ase lehorraren zabalkuntza isentropikoa (1-2) → irteerako titulua baxuegia:

- $\eta_{ST} \downarrow$
- alabeen higadura (likido-tanten talkak)



Zikloaren T_{\max} -ren muga



$$T_{\max} < T_{\text{KH}_2\text{O}} (374 \text{ }^{\circ}\text{C}) \quad \Rightarrow \quad T_{\max} < 1 - T_{\text{FH}} / (374 + 273)$$

irizpide fisikokimikoak

- ◆ Liskatasuna ↓
- ◆ Ez solidifikatu

Mantentze-irizpideak

- ◆ Lubrikanteekiko nahastezina
- ◆ Kimikoki geldoa
- ◆ Korrosiorik ez

Ekonomia irizpideak

- ◆ Merkea
- ◆ Eskuragarria
- ◆ Lurrintze bero sor handia
- ◆ guneen tenperaturei dagozkien asetasun-presio onargarriak

Ziurtasun-irizpideak

- ◆ Ez toxikoa
- ◆ Lehergaitza
- ◆ Suhartezina
- ◆ Narritagaitza