 udako
euskal
unibertsitatea

ENERGIA

IRUINEA 1978



Banco de Vizcaya
BABESTUTAKO ARGITARAPENA

EDICION PATROCINADA POR EL
Banco de Vizcaya

ENERGIA

Prestatzailea: Elhuyar

ENERGIA

- 1.- ENERGIAREN FISIKA
- 2.- ENERGIA NATURAN
- 3.- ENERGI-ITURRI EZ KONBENTZIONALAK
- 4.- ENERGIA ETA LANA
- 5.- ELEKTRA ENERGIAREN SORKUNTZA ETA GARRAIOA
- 6.-ENERGI FLUXUA GIZARTE INDUSTRIAL BATETAN

ENERGIAREN FISIKA

L. Bandres

ENERGIAREN FISIKA

1. ENERGIA MEKANIKOA: Definizioa

Unitateak

Kontserbazioaren hastapena(k)

2. POTENTZIA: Definizioa eta unitateak

3. ENERGIA KONTZEPTUAREN BILAKAERA

4. ENERGIA ETA POTENTZIAREN PROBLEMA

E N E R G I A R E N F I S I K A

ENERGIA MEKANIKOA ETA POTENTZIA

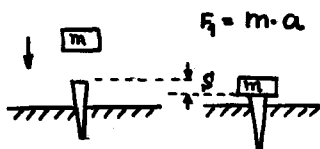
Christian Huygens (1629 - 1695), fisikari holandarraren lanetan gaur "energia kinetiko" deitzen den kontzeptuarekin erlazionaturik dagoen kontzeptu bat azaldu zen lehen aldiz.

"De motu corporum ex percussione" izeneko bere azkeneko lanean, guztiz elastikoak ziren bi esferen elkar talkari buruz zera esaten zuen: "... beren masak bider abiaduraren karratuaren batura konstantea zen talka baino lehen eta gero". Konstante irauten zuen magnitude honi, hots, Leibniz filosofo eta zientzilaria alemanak, 1695. urtean "vis viva" izena eman zion.

"Vis viva" horren kontserbakuntzaren hastapena erabiltzeko zegoen zailtasuna zera zen, bere erabilgarritasuna talka guztiz elastikoen alorrean hedatzen zela eta talka gertatu baino lehen ez zegoela mediorik elastiko ala ezeiastiko izango zen jakiteko, hau da, talka elastikoa izango zen jakiteko "vis viva"-ren kontserbakuntza ikusi behar zela eta beraz "a posteriori" jakingo zitekeela. Hau dela eta, hastapen hau ez zen oso emankorra izan.

XVIII. mendearen hasieran Newton-en hiru legeak ezarriak ziren; halaz eta guztiz ere, Galileok planteatu zuen problemak irauten zuen Honek bere "Bi zientzia berri" (Hirugarren eguna) liburuan zera esaten zuen: "Gorputz bat kubito edo bi altxatzen badugu eta gero material baten gainean eror dadin uzten badugu, bere oldarra dela eta, bere pisuak bakarrik egin dezakeenaz gainetiko presio berri eta handiago bat egin dezakela, argi dago; efekto hori nahiz gorputzaren pisuari nahiz abiadurari dagokio, eta beraz handiago izango da altuera handiago izan ahala. Kolpearen kalitate eta intentsitateetik gorputzaren abiadura gutti gorabehera ezagu dezakegu. Baina esaniezadazue, jaunak: lau kubito altuera batetik bloke bat taket baten gainean erortzen bada eta lurrean lau hatz sartzen badu, esate batetarako, altuera bi kubito-koa izango balitz taketa askoz guttiago sartuko luke eta oraindik guttiago altuera kubito batekoa izango balitz. Ez al da hala?

Problema honi Newton-en legeak aplikatuz zera izango genuke:



$$F \cdot s = m \cdot a \cdot s$$

Baina

$$a \cdot s = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2}$$

I / ...

Beraz,

$$F_1 \cdot s = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

eta $v_2 = 0$ denez gero, numerikoki

$$F_1 \cdot s = \frac{1}{2} m v_1^2$$

Hau da masa bat eta beti eragozpen indar berdina bat kontrajartzen duen oztopo bat hartuta, taketak betetzen duen distantzia eta "vis viva" arau erakoak dira.

Baina bide honetatik jarraitu ordez eman dezagun gaur egunean "lana" bezala ezagutzen den kontzeptuaren definizioa.

Demagun C makur baten gainetik A zatiki bat $\vec{F}$ indar batez eramaten dugula, dt denbora oso labur batetan zatikia A-tik A-raino joango da eta $d\vec{r}$ desplazamendua $\vec{AA'}$ izango da: $d\vec{r} = \vec{AA'}$.

Desplazamendu horretan $\vec{F}$ indarrak egin duen lana definizioz haxe izango da:

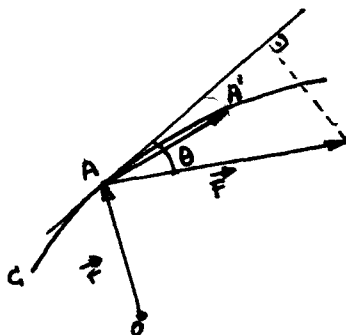
$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{r} = F \cdot ds \cdot \cos \theta$$

Definizio hori dela eta, ezarrita dauden hiru sistemetako unitateak atera eraz ditzakegu:

C.G.S. : ergio = dina x cm

M.K.S. : joule = newton x m

Teknikoa: kJm = kgf x m



Erabili behar dugun beste kontzeptu bat potentzia dugu, hots, lana egitean dagoen abiadura. Gure kasutan haxe izango litzateke

$$P = \frac{dW}{dt}$$

Noski bere unitateak hauk dira:

C.G.S. : ergio / seg.

M.K.S. : joule / seg. = watt

Teknikoa: kJm / seg.

Maiz erabiltzen diren eta hauekin zerikusi handia duten beste unitateak hauk dira:

Potentzia : Kilowatt = Kw = 1000 w

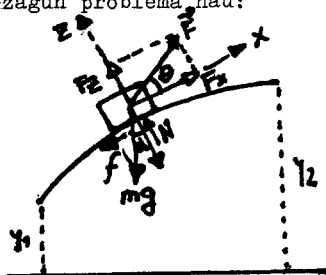
Z.P. (zaldi potentzia) = 75 $\frac{\text{kgm}}{\text{seg.}}$

Lana : Kw-h (kilowatt-ordu) = 3,6x10 joule

Edozein makina edo sistema batetan, gehien interesatzen zaiguna bere potentzia da, hau da, eskatzen diogun lana zenbat abiaduraz egin deza-

keen. Noria bat higitzen duen zaldi batek ponpa batek adina ur atera, dezake, baina zaldiak, ur kopuru hori ateratzeko egun oso bat behar duen bitartean ponpak ordubetea atera dezake.

Orain lana eta potentziaren kontzeptuak gogoratu eta gero planteatu dezagun problema hau:



m masa duen gorputz bat y posizio batetik y_2 -raino $\vec{F}$ indar batez eramango dugu azal baten gainetik. Azal horren eta gorputzaren artean $\vec{F}$ marruskadur indarra azalduko da. Lurraren grabitate eremuaren barruan gaude. Hori lortzean $\vec{F}$ indarrez egin den lana nola xahutu da?

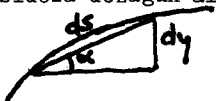
Irudia ikusita eta azalaren gainetik ds desplazamendu guztiz ttiki bat egitean zera daukagu: Z ardatzekiko gorputza orekan dago, beraz launak egiten dion N erreakzioa $mg \cos \alpha - F_z$ izango da. Ez da horrela gertatzen X ardatzekiko, honetan ez dago orekarik eta Newton-en bigarren legearen arauera

$$F_x - mg \sin \alpha - f = ma = m \frac{dv}{dt}$$

ds desplazamendua egiteko gorputzak dt denbora beharko du. Lehenengo ekuazio hori ds batez biderkatu eta berrordenaturik haxe dugu:

$$F_x ds = mg \sin \alpha ds + m \frac{dv}{dt} \cdot ds + f ds$$

Kontsidera dezagun alboko irudia, hortik



$$ds \cdot \sin \alpha = dy$$

$$\vec{F} \cdot d\vec{s} = F_x ds = mg dy + m v dv + \vec{f} \cdot d\vec{s}$$

beraz

Integratuz

$$\int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{s} = (mg y_2 - mg y_1) + \left(\frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 \right) + \int_1^2 \vec{f} \cdot d\vec{s} \quad (*)$$

Lehenengo aldean kanpotik $\vec{F}$ indarrez egin dugun lana ikusten da eta bigarren aldeko terminoetan zer bilakatu zaigun, hau da, egin dugun lan hori "mgy" itxurako termino baten ugaltzen. $\frac{1}{2} m v^2$ itxurako beste termino baten ugaltzen da marruskadur indarrak egiten duen lana gaitzeko behar dena bihurtu zaigu. Termino horiei definizioz "energia" esaten zaie, mgy "grabitate energia potentziala" eta $\frac{1}{2} m v^2$ "energia kinetiko".

Gure kasoan, gorputza orain 2 puntutik 1 punturaino berez joango balitz lana emango liguke, hau da, lana itzuliko liguke. Oraindik gehiago; sistema honen marruskadura zero izango balitz eta abiaduren baldintzek berdin iraungo balute, bueltatuko liguken lana guk lehen eman dioguna izango litzateke. Beraz, sistema bati lan bat ematen diogunean, lan horren zati bat marruskadura dela eta, galdu egiten da eta bestea energia bezala metatuta gelditzen da; sistema horri lan bat eska diezaiokegu eta berak eman egingo digu bere energia ttikia-gotuz. Hau da, sistema edo gorputz baten energia nolabait sistema edo gorputz horrek lan egiteko duen ahalmena da.

Erabili dugun F indar horrek marruskadura eta pisua ez ezik, edozein naturakoa izan daiteke, hau kontutan hartuak izan diren arren bereziki.

(*) formularen emaitza esperientziaren bidez egiazta dezakegu eta "Energia mekanikoaren kontserbakuntzaren hastapena" da: "Gorputz bati egiten zaion lana, energia potentzial, eta kinetiko, bai eta marruskaduraren kontra gorputzak egiten duen lan bilakatzen da". Hau horrela da, zeren horretarako energien definizioak egokitu bait ditugu.

Sistema batzutan marruskaduraren kontra egin behar da lan bat eta hori galdu egiten da, hots, sistematik atera egiten da, honelako sistema bat "irionkorra" da, eman zaion lanaren kopuru bat ez bait du metatu irion edo galdu baizik. Aldiz, beste sistemetan (idealki) hori ez da gertatzen eta "kontserbakorrak" deitzen zaioe. Hauentzat kontserbakuntzaren hastapenak era errazago bat hartzen du, ematen zaion lana sistemaren energia potentzial nahiz kinetikoaren aldakuntza bihurtzen zaigu.

Kontserbakorra den sistema bat kanpoarekin harremanik gabea bada, hots, isolatuta badago, orduan $\Delta E_k + \Delta E_p = 0$, eta hau kontserbakuntzaren hastapenaren kaso berezi bat da. Kaso hau Lagrange-n "Mécanique analytique"-n 1788. urtean azaldu zen lehenengoz.

Mekanikaren alorrean ere kontsideratu ez ditugun beste energia potentzial batzuk ba daude (energia potentzial elastikoa, adibidez) eta kinetikoa (bira energia kinetikoa). Energia kontserbakuntzaren hastapena erabiltzean guzti hau kontutan hartu behar dira.

ENERGIA KONTSEPTUAREN EBOLUZIOA

Energia mekanikoaren kontzeptua, hots, lan mekaniko bat egiteko ahalmena, oso lanabes ona izan da eta da zenbait problema askatzeko, bere kontserbakuntzaren hastapenaren bidez. Beraz ez da harritzekoa kontzeptu hau mekanikaren alorretik beste alor batzutara pasatu izana, eta

elektromagnetismoaren alorrera bereziki. Elektromagnetismoaren alorrean zatikien gainean indarrak azaltzen zaizkigu, indar hauen balioak zatikien elkar posizioen arau erakoak dira, hau dela eta "energia potentzial elektrikoa" definitua izan zen, hau definitzeko ere egiten zen lana erabili behar zen; orduan energi kontserbakuntzaren hastapena hedatu zen indar elektromagnetikoen efektuak kontutan hartzeko. Beraz, hau horrela izanik, energi kontserbakuntzaren hastapena horrela geldituko litzateke:

"Sistema baten gainean kanpotik egiten den lana horrela bilakatzen da: sistemaren energia potentzial osoaren (grabitatorioa, elastikoa eta elektromagnetikoa) ugalpen, energia kinetiko osoaren (translaziokoa eta birakoa) ugalpen eta sistemaren marruskadura gainditzeko lan.

Benetan, energiaren gaurko esangura 1807. urtetik honera dator, hau Michael Faraday-ren korronte elektrikoen, magnetikaren eta argiaren arteko erlazio lanetan azaldu zen. Beraz, konzeptu hau, energiarena, hain zuzen, teoria desberdinen artean (elektromagnetika eta mekanika) lokarri bezala azaltzen zaigu.

XIX. mendearen hasieran fenomeno termikoek mekanikoekin eta elektromagnetikoekin erlazionatuta egon behar dutela hasten da pentsatzen. 1840. urtea baino lehenagoko denbora begiratzen badugu, energia kontserbakuntzaren hastapen orokor bat ezartzeko saiakerak ikusiko ditugu, maiatz saiakera horik guztiz bortxatuak ziren. Gogora gaitzeen garai hartako Kalorikoaren teoria erabat nagusi zela bero problemak aztertzeko. Halaz guztiz ere 1799. urtean Rumford Konteak kalorikoaren izaera dudamudan jarri zuen. Geroago, David, Mayer, Joule eta besteen lanak zirela medio eta 1850 eta 1860 bitartean beroaren eta lanaren arteko erlazioa argi eta garbi gelditu zen. Beroa energia mota bat da eta beraz, beste mota batzutara bilakagarria. Garai horretan ere zenbait determinazio egin ondoren baliokide numerikoak aurkituak izan ziren. Esate batetarako 1850. urtean Joulek unitate mekaniko eta termikoen arteko erlazio bat aurkitu zuen: 4,15 joule/kaloria (gaur egun onhartzen dugun balioa 4,184 joule/kaloria da)

Piskanaka piskanaka energi kontserbakuntzaren hastapen orokorraren alde zientzilaria gehiago zegoen. Horien artean Hermann Von Helmholtz fisikari eta fisiologo alemana dugu. Honek hastapenaren erabilkortasuna alor desberdinetan (mekanika, beroa, elektrika, magnetika, kimika-fisika eta astronomia) matematikoki demostratu zuen eta bide batez, lehen adierazten ez ziren fenomeno batzuk adierazi zituen, bai eta errazki egiazta daitezkeen erlazio berri batzuk aurkitu ere. Hauk direla eta zientzilaria guztiek nahi eta nahi ez hastapen hau onhartu egin zuten. Hau 1860. urtean gertatzen zen gutti gorabehera. Benetan Mayer-ek esan

zuena egia bilakatuta zegoen:energia kontserbakuntzaren hastapena zientzia guztien artean erlazio orokor bat da.Galileo eta Newton-en garaitik zientziaren batasunaren alde eman izan den urrats handiena izan da hau.

1860.urtetik honera hau erabat onhartua izan bada ere eta guk egu-nero fenomeno askotan erabiltzen badugu ere, kontzeptu bezala izan zuen iraunpena ez zen oso luzea izan.1905. urtean Einstein-ek erlati-bitateari buruz argitaratu zuen bere lehenengo lana.Zenbait urte lehe - nago ere elektroi baten masa abiadurarekin arauera ugaldtu behar zuela pentsatua zen,beraz,indar determinatu batek higitzen ari den elektroi bati ematen dion azelerazioa ttikiago izango da bere abiadura handia-go izan ahala.Masaren ugaltzen hau 1902.urtean Kaufmann-ek esperimental-ki lortu eta neurtu zuen.Horretarako nukleo irradiatzaille batek emitit-zen zituen abiadura handiko elektroiak (izpiak) eremu elektriko eta magnetikoz desbideratu zituen.

Einstein-ek bere erlatibitate murriztuaren teorian besteen artean ondorio batetara heldu zen,hots,zatiki baten masa hau dela

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

m_0 ≠ geldirik dagoeneko masa

m = masa erlatibista

v = zatikiaren abiadura

c = argiaren "

Ondorio hau guztiz iraultzailea zen.Higitzen ari den zatiki batek geldi dagoeneko molekula kopuru berdina izango du,beraz,ez du masa han-diagorik izango!.Masa handiago izango balitz,masaren bidez ez liteke materiaren kopurua neur eta bide batez masaren kontserbakuntzaren has-tapena gezurra izango litzatéke.

Egin dezagun $\frac{v}{c} = \beta$

$$m = m_0 (1 - \beta^2)^{-1/2} = 1 + \frac{\beta^2}{2} + \frac{3}{16} \beta^4 + \dots \approx m_0 (1 + \frac{\beta^2}{2}) = m_0 (1 + \frac{v^2}{2c^2}) = m_0 + \frac{1}{2} m_0 \frac{v^2}{c^2}$$

Hemendik

$$\Delta m = m - m_0 = \frac{\frac{1}{2} m_0 v^2}{c^2} = \frac{\text{Energia kinetikoa}}{c^2}$$

Beraz, gorputz bati energia kinetikoa ematen badiogu bere masa $\frac{E_k}{c^2}$ ugaldtu egiten da, hau da, energiak masa duela esan dezakegu edo masa dela,edo masa bezala azaltzen dela.Esakun guzti horik baliokideak di-ra.Alderantziz ere pentsa daiteke,hau da, zatiki material batek bere masaren parte bat gal dezakela dagokion energia kopurua emanaz.Eta ho-
6/...

rrrela dela esperimentalki nahiz teorikoki ikusi izan da, esate bate-
tarako: elektroi eta positroi bat elkar konbina dezakete eta γ irradia-
zio bat azalduko da. Ateria desagertu egiten da eta energia huts eta
libre azaltzen. Zenbait erreakzio nuklearretan beste horrenbeste ger-
tatzen da. Einstein-ek 1905-ean zera esaten zuen: "Gorputz batek ΔE
energia irradiazio eratan ematen badu, bere masa $\frac{\Delta E}{c^2}$ ttikiago egingo
da ... Gorputz baten masa gorputzak metatua duen energiaren neurketa
bat da, energia ΔE batetan aldatzen bada masa $\frac{\Delta E}{(3 \cdot 10^{10})^2}$ aldatuko da,
energia ergiotan eta masa gramotan neurtuta"

Energia-masa bilakatze hau kontutan harturik energi kontserbakun-
tzaren hastapena berriz ikusi behar dugu. Sistemaren masa guztiak po-
tentzialki energia iturri bezala kontsideratzen baditugu, bakoitzari
geldirik dagoenean m_0 masa bat ba dagokio ezereztatzean $m_0 c^2$ energia
kopurua emango digute, eta zera esan dezakegu:

Sistema itxi batetan energi kopuru osoa, hau da, masari dagokiona
($\Sigma m_0 c^2$) gehi beste motak (ΣE) konstante da.

$$\Sigma (m_0 c^2 + E) = \text{konstante}$$

Lege hau masa kontserbakuntzarena da, horrela idatz daiteke

$$\Sigma (m_0 + \frac{E}{c^2}) = \text{konstante}'$$

Einstein-ek zioen bezala: "Erlatibitate aurreko Fisikak bi oinha-
rriko kontserbakuntza hastapen zituen: energiarena eta masarena, biek
elkar zer ikusirik gabe. Erlatibitate toeriaren bidez biak hastapen ba-
kar batetan urtu dira".

Azkenik eta Fisika aitzina joatean guk daukagun energia kontseptua-
ren aurka dagoen beste aurkikuntza bat azaltzen da. Guretzat eta orain
arte energiak zerbait kontinua izan behar zuen eta zen, gaur egun ordea
Planck-en hipotesian oinarriturik, Einstein-en eta besteen lanak dire-
la medio, energia kuantizatuta dagoela frogatu izan da, hots, ez dela
kontinua. Alderdi hau Fisika Kuantikoaren alorrean estudiatzen da.

Beraz, nahiz eta oinharrian energiaren kontzeptua baliagarria bada
ere, historiaren zehar hedakuntza eta zehaztasun batzuk izan ditu, guz-
ti hauek bere hasierako apaltasunetik atera dute. Guk ez dakigu datorren
mendekoentzat energia zer izango den, baina badakigu, eta hori zoritza-
rrez oso angiz, problema energetiko baten aurrean aurkitzen garela, hots,
lana ekoizteko medioen beharrean.

ENERGIA ETA POTENTZIAKON PROBLEMA

Gizonak lan bat egin behar duenean, hasieran bere indarrez egin zuen gero animalien indarrez baliatu zen eta azkenik naturan aurkitzen diren energi iturriak erabili ditu. Energia hau iturri konbentzionaletan eta ezkonbentzionaletan dago.

Jende gehiago bizi maila altuago batetara irixtean, energia gehiago xahutzen da, hau dela eta egunez egun metatuta zegoen energia gehiago ezáreztzen ari gara, beraz nahi eta nahi ez energi iturri berri batzuk aurkitu behar ditugu eta orain arte erabiltzen ez direnak martxan jarri behar ditugu.

Orain munduan dagoen energia konbentzionalaren kopurua bakarrik begiratuko dugu. Gai honi buruz lan asko egin da eta zehazki erantzuna ematea bere tan zaila da, hainbeste iritzi desberdin erabili dira eta;

Hemen emango ditugun numeroak orokorrak izango dira, hots, maximoak hau da, beren barruan ez daude ezagutzen diren iturriak bakarrik, itxaroten direnak ere kontutan hartuta daude.

Numero horik eman baino lehen alor honetan erabiltzen diren beste unitate batzuk emango ditugu:

T.E.C. : Ikatz Tonelada Baliokidea; unitate hau definitzeko oinharri bezala harrikatza hartzen da, honek bataz beste 7000 Kcal/kg du. T.E.C. bat zera izango litzateke: Bero kemen horretako harrikatz tonelada bat erretzean askatzwn den energi kopurua. Baliokidetasun bezala hau ematen dugu:

$$1000 \text{ Kw-h} = 0,353 \text{ T.E.C.}$$

Munduko energia osoaz mintzatzen ari garenean beste unitate batzuk ere erabili ohi dira; esate batetarako : S, Eguzki Urtea, hots, Eguzkitik lurrerraino , urte betean etortzen den energi kopurua

$$S = 65 \times 10 \quad \text{T.E.C.}$$

Eguzki Urtetik beste Unitate batzuk atera ditzakegu: M, Eguzki Hila-betea; D, Eguzki Eguna eta H, Eguzki Ordua

$$M = \frac{S}{12}$$

$$D = \frac{S}{365}$$

$$H = \frac{S}{8760}$$

Maiz, lan anglosajoietan bereziki, Q deitzen den unitatea erabiltzen da $Q = 10^{18}$ B.T.U. (I B.T.U = 0,252 Kcal), bai eta era bere mi-larena hau da, 10^{15} B.T. U., honek "Quad" izena hartzen du.

$$1 \text{ } Q = 10^{18} \text{ B.T.U.} = 2,52 \times 10^{17} \text{ kcal} = 36 \times 10^9 \text{ T.E.C.} = 4,85 \text{ H}$$

Unitate hauk ikusi ondoren ikus ditzagun dagoen energiaren numeroak

	<u>Energia</u> (10^9 T.E.C.)	<u>Orotiko portzentaia</u>
Ikatzak	8.460	44,74
Petrolioia	330	1,74
Gas naturala	180	0,95
Uranioa	9.940	52,27
Oroa	18.910	100,-

Ikatzen eta uranioaren erreserbak gutti gorabehera berdinak dira eta bien artean oroaren 97% baino gehiago da. Gainontzekoa hidrokarburuak dira.

Hemen hauetaz gainera energia hidraulikoaren balioa aipatu behar dugu : $2,42 \times 10^9$ T.E.C., energia hau urtero berrituz egiten da.

Esan ditugun numeroak errekurso konbentzionalenak ziren, baina ez-konbentzionalak ere ba dira, halaz guztiz ere, urteko kopuru finito bat izango dira eta epe erdi batetan beren garrantzia ez da oso handia izango.

Gaur egun herri desarroilatuenak duten kontsumo maila munduko herri guztiek lortuko balute eta munduko biztanle kopurua gaur egungoa baino hosi eta hamar aldiz gehiagoren artean orekatuko balitz, urtean gasta-tuko litzatekeen energia gaurkoa baino 25 eta 50 aldiz gehiagoren artekoa izango litzateke. Hau horrela denez gero, munduak duen energiaren erreserba oso ttikia da, eta beraz dauzkagun errekurtsu konbentzionalak nahi eta nahi ez ondo administratu behar ditugu bitartean beste sistemak haz daitezzen.

Energiaren problemarekin guztiz lotuta dagoen beste problema bat potentziarena da. Lehen esan dugun bezala potentzia lan egitearen abia-dura da, eta beraz, energia kontsumoarena. Hori dela eta, energiaren

kontsumoa erregularra ez denez gero, ez soilik urtearen zehar, egunean ere ordu desberdinetan asko aldatzen bait da pentsa dezagun zenbat energia kontsumituko den neguko astegun batetan arratsaldeko seirak inguruan eta udako jai egun batetan, adibidez) erabiliko den energia iturri sistemak eskakizun guztiei erantzun egoki bat eman behar die, horregatik sistema intermitenteak (eguzki energia, adibidez) energia metatze sistema egoki batez osatu behar dira eta zoritxarrez energi metatze sistemak oraindik ez daude oso aurreratuta.

ENERGIA NATURAN

K. Zalbide

ENERGIA NATURAN

SARRERA

ENERGI FLUXUA: eguzkitiko energia
energia geotermikoa
itsasaldien energia

ERREGAI FOSILAK: ikatza

petrolio eta gasa
energia nuklearra

ENERGI ITURRI ALDAKORRAK

- ENERGI-UNITATEEN ARTEKO PROPORTZIOAK -

	J	BTU	KKAL	KWH	TEC	TOE	Q (KINTILIOI)
1 J	1	$0,948 \cdot 10^{-3}$	$0,239 \cdot 10^{-3}$	$278 \cdot 10^{-9}$	$34,1 \cdot 10^{-12}$	$23,9 \cdot 10^{-12}$	$0,948 \cdot 10^{-21}$
1 BTU	$1,055 \cdot 10^3$	1	0,252	$293 \cdot 10^{-6}$	$36 \cdot 10^{-9}$	$25,2 \cdot 10^{-9}$	10^{-18}
1 KKAL	$4,18 \cdot 10^3$	3,97	1	$1,163 \cdot 10^{-3}$	$143 \cdot 10^{-9}$	$100 \cdot 10^{-9}$	$3,97 \cdot 10^{-18}$
1 KWH	$3,6 \cdot 10^6$	$3,41 \cdot 10^3$	859	1	$123 \cdot 10^{-6}$	$86 \cdot 10^{-6}$	$3,41 \cdot 10^{-15}$
1 TEC	$29,3 \cdot 10^9$	$27,8 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^6$	$8,14 \cdot 10^3$	1	0,7	$27,8 \cdot 10^{-12}$
1 TOE	$4,18 \cdot 10^9$	$39,7 \cdot 10^6$	$10 \cdot 10^6$	$11,6 \cdot 10^3$	1,43	1	$39,7 \cdot 10^{-12}$
1 Q	$1,055 \cdot 10^{21}$	10^{18}	$250 \cdot 10^{15}$	$293 \cdot 10^{15}$	$36 \cdot 10^9$	$25,2 \cdot 10^9$	1

1978/1/1 geroztik, kaloria oinharritzko energi unitate bezala ez erabiltzea erabaki zen, bere ordez Joule unitatea onhartuz.

Beraz , 1 MJ (Megajoule) = 1 milioi J

1 GJ (Gigajoule) = 1 mila milioi J

1 TJ (Terajoule) = 1 bilioi J

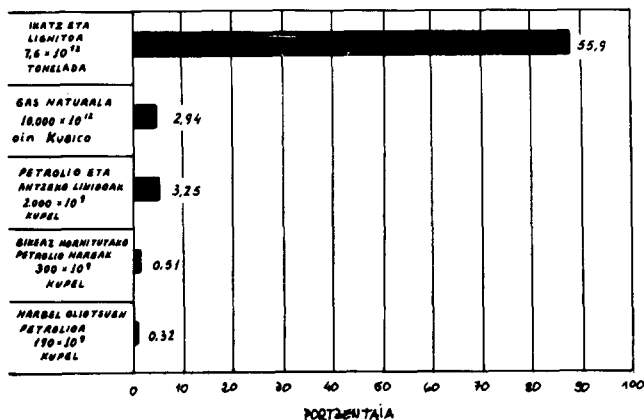
ENERGIA NATURAN

Energia lurraren ezalera inguratzen duen medioa etengabe zehar-
katzen ari da. Hau dela ta, gure lur hau aldaketa jarrai batetan aur-
kitzen da.

Energi-iturri guztien artean denetan inportanteena eguzkitiko
energia dugu. Honekin batera lur barrutik datorkiguna, eta itsasaldi-
en energia. Azken hau lurraren, hilargiaren eta eguzkiaren arteko sis-
tema grabitatorioak sortarazitakoa dugu.

Ezaguna da munduan aurkitzen diren substantzia guztiak a_2 ele-
mentu kimikoz osatuta daudela. Badira beste batzuk ere, baina azken
hauk denak erradioaktiboak dira.

Elementu hauek materia osatzen dute. Materia honen zati txiki bat
besterik ez da organismo bizidunek osatzen dutena. Eta hauk ditugu,
bestalde, eguzkitiko erradiakzioa atzeman eta prozesu kimiko batzue-
(fotosintesia) metatzen dutena. Jakina da zein inportantea den meta-
tze hau. Hau gabe ez litzateke berriro oxigenorik airera itsuliko, e.e.a.
Baina metatze honek badu beste arrazoi inportanterik ere, inoiz gu-
txitan aipatuta izan dena. Hau, erregai fosilei dagokiona da. Badaki-
gu gaur egun erretzen diren ikatz, petrolio, gas eta beste erregai
fosilak duela miloika urte sortuak direla. Baina nola gertatu zen
hori? Landareek biologikoki metatzen duten energiaren oxidaziozko
askatzea eta berriro metatzen dutena ia-ia parekoak dira. Halaz ere,
miloika urtetan zehar, organismo bizidunen zatiki txiki-txiki bat
oxidazio egoeran lurperatuta gelditu zen. Bestalde, organismo hauk
erabat desintegratu gabe gelditu ziren, gaur egun hain erabiliak di-
ren erregai fosilak sortaraziz.



Goiko irudi honek hasieran genituen erregai fosilen erreserba totalen balio energetikoa adierazten digu. Unitate bezala 10 kwh a sukeratua izan da. Hau honela, ikatza eta lignitoa (biak batera) $55,9 \times 10^{15}$ kwh energia metatzen zuten munduko energiaren 88,8% osatuz.

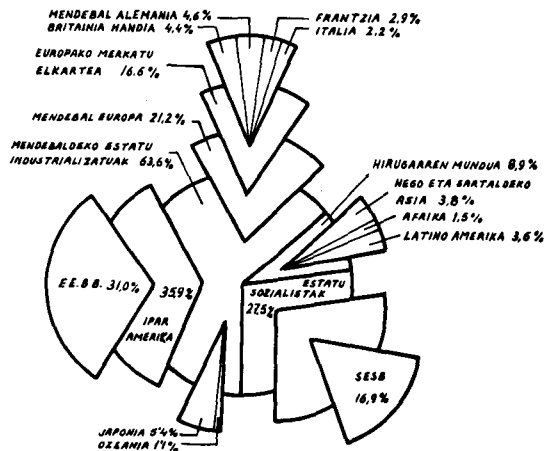
Egun erabiltzen den energiaren zati hau erregai fosil hauek betetzen dute. Gau eta egun ari gara erregai hau erretzen, pentsatu gabe neski erregai horik berriro ezingo ditugula sortarazi epe labur batetan. Gutxi gorabehera, erregai fosil guztiak erretzeko epea 1300 urtetakoa izango da, Ziklo honetan, intentsitate handieneko epea (hau da, hasierako 10% eta bukaerako beste 10% kontatu gabe) 300 bat urtetakoa izango da.

Honek segidan galdera bat egitera bultzatzen gaitu: zerk eskainiko digu bihar egunean beharrezko izango dugun energia?

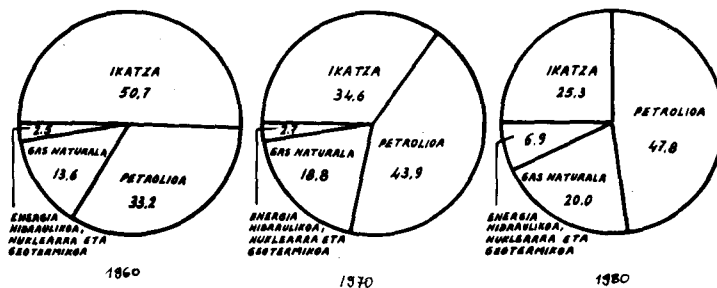
Hasiera batetan energia nuklearrean pentsatu zen. Baina posible da aurrerantzean beste askozaz ugariago batetan salatzea: eguzkitiko energia. Badirudi epe labur batetan fusiozko energia ere komertzialki erabiltzeko gai izango garela.

Posibilitate hauk egiaztatzen badira, gaurko hazkunde industriala beste ehunka urtetan mantentzeko ahalmena izango dugu. Baina hazkunde industriala ez du energiak bakarrik mugatzen. Beharrezkoak dira horretarako besteren artean lehengaiez gainera, lekua eta oreka

1970ko Mundu guztiko energi kontsumoa, estatuz estatu banatuta.



Energi iturri desberdinen inportantzia urtez urte.



ekologikoa mantentzea. Azken urteetan jasan dugun hazkunde exponen-
tziala ezingo da luzarero agoantatu.

Ikus dezagun nola banatu eta banatuko den energi-iturri desber-
dinen produkzioa. Unitatea, hemen, mila milioi Tec dugu:

	1970	1985	2000
		Pronostikoa	Hipotesia
	%	%	%
Ikatzia	2,415 (34,5)	3,20 (21)	4,6 (15)
Petrolioia	2,685 (42,5)	7,05 (46,5)	13,8-10,9 (46,5-36,5)
Gasa	1,215 (18)	3,45 (20)	5,3-6,9 (17,5-23)
Elektrizitatea	0,385 (5)	2,25 (12,5)	6,3-7,6 (21-25,5)
Fisiotik lor- tzen dena	0,028 (0,4)	1,42 (9,5)	5,6-6,9 (19-23)
Guztira	6,7 (100)	15,95 (100)	30 (100)

Emaitzak gonbaratuz, 1970 tik 1985 arte produkzio-indizea 6%
handituko da eta 1985 etik 2000 ra 4,3%.

Ginebran egindako bilera internazionalen ondoko balio hauk
azaldu ziren:

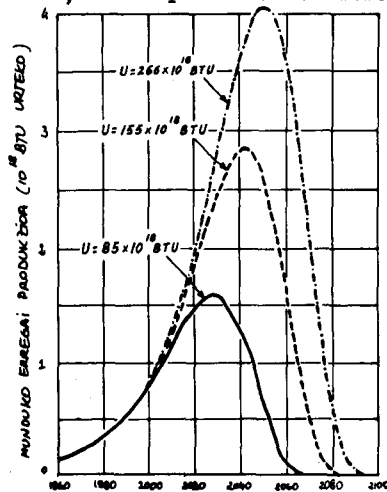
Gaur egun, guztira ditugun erregai fosilen kopurua (aurkituak eta
oraingorik aurkitzeko direnak) 1,5 etik 15 biloi Tec artean jotzen di-
ra. Erregai hauen lortzeak gaur egun errentablea izan behar zuen in-
forme henetan sartzeko. Ondoren egindako beste kalkulu batek balio
hau 4 bilioi Tec adinakoa dela suposatzen du. Balio hau munduan dau-
den erregai fosilen erreserba totalaren 1% litzateke, erregai fosil
gustiak klorofilara itzuliko liratekeela eta eguratzeko oxigena
klorofilaren fotosintesiaren ondorio dela kalkulatu.

Praktikan erabiltzeko gai den erregaiaren 82% ikatzia da, 4%
bakarrik petrolioak eta gasak osatuz. Beste guztia lignitoak, harbel
oliotsuak eta turbak osatzen du.

Honen banaketa munduan zehar ondoko taulan agertzen den erakoa
da:

	Petrolio	Gasa	Harbel oliotsuak	Ikatza
Iparramerika	0,28	0,32	2,5	21
Mendebal Europa	0,08	0,18	--	4
Japonia	0,00	0,00	--	0
beste herri industrializatuak	0,01	0,05	--	3
Ekialde Europa	0,47	0,64	--	72
Hego Amerika	0,2	0,08	--	0
Ekialde hurbila eta Erdiekialdea	2,63	0,48	--	0
Afrika	0,14	0,05	--	0
Hegomendebal Asia	0,08	0,05	--	2
Trina	0,12	0,02	--	23
munduko erreserbak(1)	4,01	1,87	4,1	125
berdina baina 10 Tec etan	144	67	148	4590
" " 10 tonel.petrolio	100	47	103	3125
Munduko produkzioa (1970) (2)	0,11	0,05	0	0,07
(1) / (2)	40	40	-	2000

Azken urte hauetan lan bat baino lan gehiago agertu da gai honi buruz. Hauetako bat Elliot eta Turner ena dugu. Huen iritziz, munduko erregai fosilen produkzioa honela banatuko da, kontutan hartuz ikatza izango dugula petrolio eta gas produkzioaren beherapena betekete duena. Honela, ondoko produkzio-denbora kurbak lortzen dira.



Azter dezagun zehazkiago energi-fluxua lurraren azalera inguratzeko duen medioan zehar. Energi-fluxua bereziki, hiru iturritatik dator kio lur azalerari:

- eguzkitiko erradiazioa
- energi termikoa (lur barrutik datorrena)
- itsasaldien energia (lur-hilargi-Eguzki sistemaren energi zinetiko eta potentzialetik sortua).

Lortzen diren datuak zehatzak ez badira ere, gure kasurako nahikoak dira, hurbilketa handikoak direnez gero,

Has gaitezen lehenik eguzkitik dator kigun erradiazioa aztertzen. Sartzen den fluxua eguzki konstantearen bidez adierazten da. Konstante hau honela definitzen da: Eguzki eta lurraren erdibidean izpiei perpendikular zuzenduta dagoen eta unitate bateko azalera duen superfizie baten zehar pasatzen den batzbesteko eguzkitiko energi fluxua. Unitate bat baino gehiago daude, baina normal ki Langley tan adierazten da ($1 \text{ Langley} = 1 \text{ Kal/cm}^2$). minutu

Orain arte egindako kalkuluek balio honetara eramane gaituzte: $1.395 \text{ kilowatt/m}^2$. Beraz, hemendik aurrera kalkuluek errazak ditugu. Lurrak eguzkiari agertzen dion planoak $1.275 \cdot 10^{14} \text{ m}^2$ dituen ez gero, hemen jasotako energia guztia $1.73 \cdot 10^{17} \text{ watt}$ da.

EGUZKITIKO ENERGIA

Sarritan entzun dugu etorkizuneko energia eguzkitiko energia izan daitekeela. Bestalde, aspalditik ari dira zenbait pertsona edo erakunde, inoren laguntzarik gabe, eguzkitiko energia transformatzeko tresna berriak asmatzen. Halaz ere, egun ditugun teknikak programa zabal bati ekiteko nahikoak izanik ere, ez dira errentableak.

Energi-iturri hau oso gutxi aztertua izan da. Datu falta dago, eta bide honetatik jaso daitekeen energia denboran zehar aldakorra denez gero, metatu beharra izango da sobran gelditzen dena. Eta hau oraindik erresolbitu gabeko problema dugu.

Ikus dezagun zer egin den gaur arte. Muntatu diren zentra leak trikiak izan dira. Batzuk ura berotzeko, beste batzuk, berriz, sateliteetan energia elektrikoa sortzeko. Azken hauek zelula fotovoltai koen

bidez funtzionatzen dute. Baina guzti hauk ez dira ezer energia-mota hau eguneroko bizitzan erabili nahi badugu. Zentraleak, errentableak izateko, gutti gorabehera, 1000 Mw ekoak beharko lukete izan. Eta lehen esan dugunez, eguzkitiko erradiazioa leku berdineran egun osoz heltzen eaz denez gero, ikaragarritzko energi-kopuruak metatu beharko lirateke.

Eguzkitiko energia biltzeko leku aproposenak basamortuak ditugu Ekuatorretik 35° baino gehiago aldentuta ez badaude. Berdin da Ekuatorretik ipar ala hegoaldera izatea. Leku hauek, beraz, ondokoak lirateke:

- Saharatik, Arabia zeharkatuz, Pertsiaiko itsasgolkoraino heltzen dena.
- EE.BB. tako hegomendebaldea
- Trileko iparraldean aurkitzen den Atacama basamortua
- Austzaliako eskualde zentrala

Eskualde hauek urtero 3000-4000 eguzki-ordu jasotzen dituzte, eta azalera horizontal batetan egunero intziditzen duen bero-kopuruak 300 eta 650 kaloria/cm² artean oszilatzen du.

Bi balio hauek urteko maximo eta minimoak adierazten dituzte. Neguko minimoa 300 kaloria dira. Halaz ere, eguneko 24 ordutan banatuta batazbesteko potentzi-dentsitatea 145 watt/m² ateratzen da.

Lehen esplikatu genuen zer den eguzki-konstantea. Baina eguzkiak ez du beti intentsitate berdinez energia emititzen. Zorionez, gure eguzkia oso konstantea da (badirudi bere aldaketa-faktorea ez dela inoiz 2 tik pasa). Azken urteotan egindako neurketek esker, ondoko taula kalkulatu da:

Eguzki-intentsitatea / eguzki konstantea erlazioaren aldaketa urtetan zehar. (Balio guztiak hilabete bakoitzeko 22an jasoak izan dira)

Hilabetea	intentsitate erlatiboa	Hilabetea	intentsitate erlatiboa
Urtarrila	1,030	Uztaila	0,969
Otsaila	1,021	Abuztua	0,979
Martxoa	1,006	Iraila	0,995
Apirila	0,988	Urria	1,013
Maiatza	0,973	Azaroa	1,027
Ekaina	0,967	Abendua	1,033

Eguzkitiko energia hau aprobetxatzeko ditugun bideak gaur egun hiru dira. Hiru bide hauek aukera daitezke gaur egun 1000 Mw eko zentrala bat eraikitzeke. Halaz ere, gaur egun dugun teknika ez da nahikoa instalazio hauek ekonomikoki errentable bilakatzeko.

Sistema guzti hauen errendimenduak 10-30% artean kokatzen dira. Beraz, 1000 Mw eko zentrala bat eraikitzeke 10000 eta 3300 Mw termiko lortuko beharko lirатеke. Energia guzti hau lortzeko behar diren km² kalkulatzeko baditugu, zera ikusten dugu: errendimendu txarre-neko sistema aukeratzeko badugu, 10% ekoa hain zuzen, 70 km² lurralde beharko dugu. Beraz, ideia bat emateko, USAn urtean gastatzen den energia elektriko guztia 350.000 Mw jasotzeko nahikoak lirатеke 24.500 km². Eredu hau Arizona basamortuko hamarren bat baino gutxiago da.

Bigarren puntua, energia termikoa genuen. Hau gradiente termikoa-ri esker neurtua izan da. Gradiente termikoak zera adierazten du: tenperaturaren gehiagotzea sakontasunarekiko. Lurbarruan aurkitzen diren materialeen eroatasun termikoak ere kontutan hartu dira. Milaka neurketa egin ondoren, balio honetara heldu da: 0.063 watt/m²

Lurraren azalera 510×10^{12} m² dela pentsatuz, energi-fluxu totala 32×10^{12} watt dela suposa dezakegu. Bestalde, bolkan eta iturri berotatik irteten den beroa bestearren 1% dela jo dezakegu. Beraz, $0,3 \cdot 10^{12}$ watt gehiago.

ENERGIA GEOTERMIKOA EDO TERMIKOA HUTS-HUTSEAN

Energia hau, lur-barruan denboraldi batetan metatuta dagoen beroa kanporatuz lortzen da. Beroa bolkan edo urberoko iturrietatik

irteten da. Orain arte zenbait iturri bolkaniko aprobetxatzen dira. Italian aurkitzen den Larderello eskualdean, 1904. urtetik hona gel-ditu gabe zentrale geotermiko batek funtzionatzen du, egun 370 Mw produzituz. Beste bi leku nagusiak, energia geotermikoa lortzeko, Californiako iparraldean eta Zelanda Berriko Wairakein aurkitzen diren geiserak dira. Californiako geiserren produkzioa 1960. urtean hasi zen, 12,5 Mw produzituz. 1969 rako 82 Mw etara heldu zen produkzioa, 1973 400 Mw etara helduz. Wairakeiko zentralea 1958 jarri zen funtzionamenduan, eta 290 Mw eko kapazitatea du, bera izanik iturri honek eskain lezakeen guztia kontsideratua.

Donald E. White jaunak, US Geological Survey ko langilea bera, munduko eskualde termal inportanteenetan metatutako energia 4×10^{20} joule adinekoa dela dio. Konbertsio faktorea 25% kontsideratuz, produzi daitekeen energia elektrikoa 10^{10} jouletakoa litzateke, edota, beste unitate batzutan, 3 miloi Mw-urtetako.

Energia hau ahigarria da. Beraz, epe batetarako kalkuluak egin behar dira. 50 urtetan erabiliko balitz, urteko batazbesteko produkzioa 60000 Mw ekoa litzateke, itsasaldien energiarekin gonbaragarria dena.

Itsasaldien energia azkenerako utzi dugu. Bere balioa 3.10 watt dela pentsatu da.

Honela, bada, guztira datorkigun energia 173.035×10^{12} watt adinakoa dugu. Eta bakoitzaren eragina guztiarekiko kalkulatzan badugu zera ikusiko dugu.

-eguzkitiko energiak 99.98% suposatzen du, edota, beste era batera esanez, eguzkiak eskaintzen digun energia 5000 aldiz handiago dela, beste energia guztiak batera baino.

Beraz, eguzkitiko energia nagusia dela ezin dugu zalantzan jarri. Halaz ere, lurrera heltzen den energia guztia ez da hemen gelditzen.

Ikus dezagun nola banatzen den lurrera heltzen den energia guztiaren 30% gutti gorabehera (52.000×10^{12} watt) berriro espaziora isladatua da, uhin motzeko erradiazio gisan. Beste 47% (81000×10^{12} watt) eguratsak eta lurraren azalerak (lur eta itsaso) absorbitzen du, segidan berotan bilakatuz. Gelditzen den 23% (40000×10^{12} watt) uraren lurrintetarik erauntsiak eta zirkulazioak bere zikloa betetzean absorbi-

tzen du. Guzti honen zatiki txiki batek (370×10^{12} watt) eguratseko eta ozeanoetako konbekzio eta zirkulazioak sortzen ditu. Ozeanoetako olatuak sortzeko behar den energia ere zatiki horretan aurkitzen da. Energia guzti hau azkenik berotan bilakatzen da. Olatuena ere bai, noski, zeren eta olatuak igurtzieragatik makaltzen dira eta igurtziera berak sortzen du.

Hau itsasoari buruz. Lurrean, berriz, landareak ditugu, eta hauek ere energia bereganatzen dute. Halaz ere, hauek jasotzen duten energia kopurua oso txikia da besteekin gonbaratuz: $40 \cdot 10^{12}$ watt. Energia hau, lehen esan dugunez, fotosintesia gerta dadin erabiltzen dute landareek. Fotosintesiak karbonoa hostoan atxikitzen du eta eguzkitiko energia karbono hidratoen eran metatzen du. Oxigenoa ere askatzen du, eta hostoa usteltzen denean, energia askatzen du. Epe labur batetan (urtebete bat edo bi), bi prozesu hauen arteko oreka ia-ia perfektua da. Halaz ere, sortutako materia organikoaren zati txiki bat leku zingiratsuetan gelditzen da; eta leku hauek oxigeno gutxi dutenez gero, materia ez da deskonposatzen, edota, berdina da, energia ez da erabat agortzen.

Duela 600 milioi urtetatik hona, materia organikoaren zati bat area-lohi eta lokatz-geruza lodien azpian lurperatuta gelditu zen. Hauk dira gaur eguneko erregai fosilak: ikatza, gasa, petrolioa, harbel-bituminotsuak. Gaur egun ere prozesu honek jarraitzen du; baina hain motela izanik, ez gara ohartzen.

Industrializazioak gogor jaitsi arazi ditu erregai hauen erre-serbak. Azken 110 urte hauetan, ikatzaaren kontsumoa aurreko 7 mendeetako kontsumoa baino 19 aldiz handiagoa izan da. Kontsumo honen neurriaz hobeto jabetzeko, beste datu hau eman dezakegu: 1940 tik gaur arte kontsumitutako ikatza eta hasieratik 1940 artekoa ia ia berdina da. Hitzetatik zenbakitara pasaz, 1860 tik 1970 arte 133.000 milioi tonelada gastatu ziren. 1860 baino lehenago gastatutako ikatza guztia 7 milioi tonelada izan ziren.

Petrolioa eta antzeko produktuak 1880. urtetik hasi ziren seriooki gastatzen. Geroztik, produkzioa ia exponentziala izan da. 1890 eta

1970 urteen artean, urteko batz besteko ugaltza 6,94%koa izan da. 1969. urterarte erabilitako produkzioa 227.000 milioi kupel petrolio izan ziren. Eta hemen, berriro ere, beste datu interesante bat. 1857 tik 1959 arte gastatutako petrolio kopurua eta 1959 tik 1969 artekoa ia berdina dira. Ikusten dugu diferentzia, 102 urte 10 urteren aurka.

Bestalde ikatza eta petrolioa konparatuz, beste ondorio batzuk ateratu ditzakegu. 1900 arte petrolioaren kontsumoa oso txikia izan zen ikatzarekin konparatuz. Baina ordutik hona kontuak gogor aldatu dira. 1968. urtean, petrolioak eskaintzen zuen energiaren kontsumo guztia-
ren 60% a. Petrolioarekin batera gas naturala eta gas likidoak kont-
tatzen baditugu, hauen erabilpena 70% arte igoten da. Urte horretan, EE.BB. tan produzitutako energia guztiaren 73% petrolioak eskaintzen zuen, eta 23% berriz ikatzak.

Honela, bada, zera esan dezakegu: industrian erabiltzen den energiaren kontsumo totala hamar urteroko bikoizten dela. Beraz, etorkizuna nahiko garbi dago. Erregai fosilen kopurua finja izanik (hurrengo urte hauetan naturak ez bait ditu berriro ez petrolio putzuak, ez eta ikatz meatoki handiak sortuko), honela jarraituz berak deuseztatzen goaz epe labur batetan.

Erregai fosil baten explotazio-zikloak ondoko ibilbidea jarraitzen du. Hasieran, 0 tik irten eta exponentzialki handitzen da bere kontsumoa. Ondoren, lasaitu egiten da bere kurba, erregaiak ez bait da hain erraz bilatzen edota zailagoa delako bera lortzea. Kurba bat edo zenbait maximo pasa ondoren, berriro poliki poliki jaisten hasten da 0 arte.

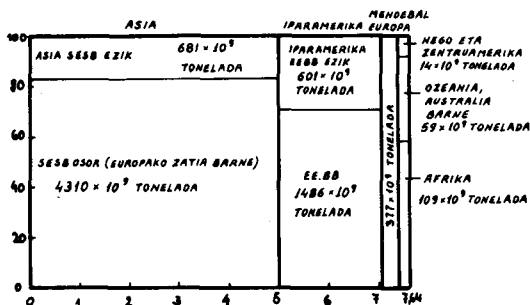
Iraganeko produkzio indizeak ezagunak eta etorkizuneko indizeak elkartzeko badira eta hasiera batetan gastatu zen kopurua ahal den zorroztan kalkulatu bada, erregaiaren explotazio-epa gutxi gorabehera kalkulatu ahal izango dugu. Ikatzen kalkulua egitea nahiko erraza izan da, zeren eta ikatza eremu zabalean estratifikatuta bait dago.

Azken urteetan egin den ikerketa serioenetako batek zera dio: erabiltzeko gai den ikatza dagoen guztiaren 50% da. Galdetuko duzue

zer nahi duen esan "erabiltzeko" hitz honek. Edozein ikatz-meatz e ez da errentablea. Honetarako, ikatzaren meadarrak guttienez 35 omko lodiera behar du izan, eta 1,8 km ko sakontasua baino gorago aurkitu.

Averitt jaunaren ikerketa honek zera dio: hasierako kontsumoa 7,6 bilioi toneladakoa izan zela suposatuz, eta pentsatuz oraingo produkzioa (3000 milioi tonelada urteko) ez dela hiru aldiz baino gehiagotan bikoiztuko, produkzio maximoa 2100 eta 2150. urteen artean lortzea espero da. Kontutan hartu gabe hasierako eta bukaerako 10% produzitzeko behar izan eta beharko den denbora, tarteko 80% a 300 bat urtetan produzituko da, 2000 eta 2300 urteen artean hain zuzen.

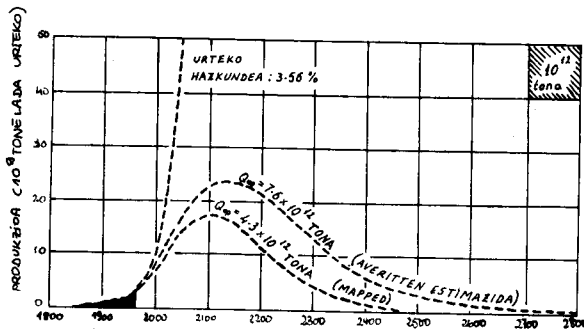
Iturri honek dioenez, erreserbak honela banatuko lirateke:



Koadroen funtzionamendua esplikatzeko argiena adibide bat izaten denez gero, guk ere beste hainbat egingo dugu. Bertan agertzen diren balioek, erabiltzeko gai diren ikatz-erreserbak adierazten dituzte (totalaren 50%) lehen blokean, Asian, 5×10^{12} tonelada ikatz aurkitzen dira erabiltzeko posible direnak. Guzti honetatik, SESB k 36% a bere

lyrraldetan gordetzen ditu, beste guztia Asiako beste herrien artean banatzen delarik.

Iturri berari kasu egiten badiogu, berak eskaintzen digun grafi-koa oso interesgarria da:



Bertan munduko ikatz produkzioa kalkulatzeko da, egungo erreserbak eta produkzio-indizeak kontutan hartuta. Goiko kurbak produkzioaren etorkizuna adierazten digu, erreserbak $7,6 \times 10^{12}$ toneladatar iritsiko balira. Azpikoak, berriz, erreserbak $4,3 \times 10^{12}$ tonelada bakarrik balira. Badago hirugarren kurba bat, grafikoko goikalderaino heltzen dena. Bera litzateke produkzio-kurba egungo produkzio indizeari (3,56% urtero) eutsiko bagenio. Beltzez agertzen den hasierak, 1870etik gaur arte kontsumitutako ikatza adierazi nahi du.

Munduko produkzioa urtero handitzen aritu den bitartean, Europa-koa, berriz, gutxitzen aritu da. 1958an 1735 milioi tonelada

1971	2180
1972	2220
1973	2230
1974	2260

beraz, urteko ugaltza 1,7%koa izan da. Epe berdinean, Alemaniak 148,8 milioi toneladatik 92,4 milioitara jaitsi zuen bere produkzioa,

edota, portzentaiatan adieraziz, -2,8% jaitsiera. Europako beste herri-
ek gehiago jaitsi dute oraindik produkzioa:

Britainia Handia	-3,6%
Frantzia	-5,9%
Belgika	-7,2%
Holanda	erabat, zeren bere ikatza meak itxi bait dugu.

Bukatu baino lehen, ikus dezagun zer dion beste informe batek, Hubbert-enak. Honen eritziz, badugu oraindik nahiko ikatz beste 125 urtetarako, baina, hori bai, oraingo gastuari eutsiz. Hementxe datza informe honen gakoa, zeren hurrengo urtetan gauzak gogor aldatuko bait dira. Kontutan hartu behar dugu egun ikatzak energi gastu guztiaren heren bat baizik ez duela eskaintzen. Beste guztia, edo hobe esan, ia beste guztia petrolio eta gasaren bidez lortzen da. Ikatza, petrolio eta gasaren ordeaz erabiltzen hasten garenean, ikatzaren gastua gutxienez hiru aldiz handiagoa izango da. Produkzioaren handitze hau seriozki aztertu behar da, energi-iturri baten grafikoa kalkulatzeko. Hau da Elliot eta Turner jaunek egin zutena, eta beren emaitza azpian ikus dezakegu:

Hau egia bada, ikatzaren bukaera 2040. urtearen inguruan gertatuko litzateke, hau da, hemendik 65 urtetara gutxi gorabehera.

Ikusten dugu iturri desberdinen balioak elkarrengandik zein urrun dauden. Halaz ere, badira oraindik pesimistagoak. Tristeena zera da: grafiko pesimistenak hiruzpalau urte egindakoak direla. Honen adibide garbia Brennan dugu: Vtarr jaunaren azterketetan oinharrituz hara zer ondoriotu zuen: bere eritziz, ikatzaren produkzio maximoa 2000. urtean gertatuko zela. Baina ez da bera bakarrik. Ikus ditzagun azken urte hauetako azterketen emaitzak:

Ikatz-produkzio maximoa gertatuko den urtea

<u>Iturria</u>	<u>Urtea</u>	<u>Komentarioa</u>
Chase Manhattan Bank	2033	Informe originalak
Brennan	2000	Suposatutako energi-eskakizunaren hazkundera 2000. urtean geldituko da
Linden	2010	ez du suposatzen meatzeko teknologia bat batean aldatuko denik
Elliot eta Turner	2040	kontutan harturik ikatzak petrolioa ordezkatzeko duela
Linden	2052	munduan dagoen ikatz guztia gastatuz
Linden	2073	Suposa daitekeen muga sinetskor maximoa

Generalean nahiko produkzio bat lortzeko zailtasun edo oztopo logistikoak erresolbituak izan direla suposatuz egin dira kalkuluak

Erabili diren unitateak hauk dira:

$$1Q = 1.10^{16} \text{ BTU} \approx 10^{21} \text{ Joule} \approx 3.10^{14} \text{ kwh}$$

Brennan en iritziz, munduko erregai fosilen erreserba totalak 40Q dira gutxi gorabehera, eta 1970 etik 2000 raino 20 Q energia gastatuko ditugu. Honela, munduan energi kontsumo maximoa 2000. urtea lortuko litzateke.

Azken kalkuluak Linden jaunari sor dizkiogu. Ikatza lortzeko teknikak aldatuko ez direla onhartzen badugu, maximoa 2100 urtean gertatuko da. Baina teknikak behar hainbat aurreratzeko gai izateraino, 2050 urtera helduko ginateke, eta balio hau Elliot eta Turner-ek lortutakoarekin ados dator. Lehengo eta oraingo balioen batz bestekoa egi-

naz 2025 urtea irtetzen zaigu.Halaz ere, hobe da sinestea ez dugula ikatzik izango 2010 urtetik aurrera.

Analisi hauek zera pentsarazten digutē: minimotzat 25 eta maximotzat 50 urteko epea jo dezakegu gure gaurko energi iturriak beste berri batzutara aldatzeko.

Ikusi ditugu gizon hauek kalkulaturako balioak.Serioak izanik halaz ere optimistatzat jo behar ditugu.Eta hau ez exaktuak ez direlako beste honengatik baizik:

Oztopoak ikatza lortzean datza.Hemen agertzen den esplikazioa D.B. Thompsonen aurkeztutako informe batetik hartua dago.Posible al da mende honen bukaerako behar hainbat ikatz-meatzere irekitzea?. Pentsa dezagun USA erabat ikatzetara pasatzen dela.Egun 5600 meatzere ditugu USAK.Hauen produkzioa 603 milioi tonelada ikatz izan da, urte batetan noski.Beraz, meatzere bakoitzak 0,1 milioi tonelada produzitzen dituela suposatuko dugu.1985,urtean,3 bilioi tonelada ikatz beharko dira energi kontsumoa berdintzeko.Beraz,5 aldiz meatzere gehiago beharko dira merkatua asetzeko.Baina meatzere pertsonala behar dute,beste edozein lantegik bezala.Behar hauei erantzuteko,128000 langiletatik milioi batetara ugaltu beharko litzateke langile kopurua.Ez dirudi itxuragabea denik 2000 urterako guzti hau bikoiztu beharko dela suposatzea.Hau dena azpitik jota.Honela ,56000 meatzere ireki beharko lirateke 2000.urterako,edota,azken finean berdina dena, egunero 5 meatzere berri EE.BB.etan bakarrik.Baina egoera honetan logikoa da,baita ere,meatzere giganteak izatea.Demagun meatzere hauek gaurkoak baino hamar aldiz handiagoak izango direla.Halaz ere,honelako bat bi egunero irekitzea ez da txantxetakoa.

Badira beste datu interesante batzuk, adibidez, 3 urte behar dira meatzere bat martxan jartzeko eta 3-5 urte berriz meatzere txikia baino sakona bada.

Azken urte hauetan saiakuntza asko egin dira,ikatzaren energia gas eran meatzere bertatik ateratzeko.Hau da,lurpean bertan gasifikatu ikatza.Asko aztertu da,baina emaitzak negatiboak izan dira.Ikatzari su araztea posible da,baina suak bere surrentan duena bakarrik erretzen

du, bainera oso poliki joanaz. Produzitutako gasa ateratzeko (hidrogeno eta karbono monoxidoaren nahasketa bat), aire korrante gogor bat puztu behar da. Honen ondorioa argi dago zein izango den: irtendako gasak nitrogeno portzentaia gogor bat du. Kalitate bajuko gasa, bere balio kalofirikoa 86 BTU/oin kubiko bait da (gas naturalarena 1000 da)

Bada beste problema bat, greenhouse efektua izendatzen dena. Honek CO₂ ren efektuak lurrarekiko kalkulatzeko dihardu. Baina hau ez da gure gaia. Esan dezagun, bakarrik, egun ezagutzen dugun erregai fosilen erreserba bukatzean (2040. urtea), mundu honetako tenperatura 12 gradutan igongo dela, kalkuluak ez badira gaizki egin. Honen ondorioak zeintzu izan daitezkeen erabat ezezaguna da.

PETROLIOA

Lehen esplikatu dugu noia sortzen den petrolioa. Agian interesantea izan daiteke ezagutzea zein eratan aurkitzen den petrolioa lurpean.

Petrolioa areak, kararriak edo areharria kutsatuz aurki daiteke eta egoera horretan duen tenperatura eta presioa ere aldaerak dira. Presioa 175 kg/cm² raino hel daiteke, eta 150°C adineko tenperaturaren aurkitu ere. Petrolioa eta gas hobiak adin desberdinetako arroketan aurkitu dira (lehen harokoetatik hirugarren harokoetaraino)

Petrolioa normalean ur gazizko geruza baten eta hidrokarburo gaseosoen artean kokatzen da. Guri beti erakutsi diguten poltsa formahori ez da normalena anormalena baizik. Baina petrolioa, inon aurkitzez gero, lur-barrenaren estrukturan eten batetan aurkituko da. Hobi honek bere azpia iragazkaitza izan behar du, urik eta petroliorik, bertatik ihesi e z dadin joan. Honela, leku ezagunenak hauk dira: antikleak, failak, Petrolioa, bere ibilbidean ez badu leku iragazkaitzik aurkitzen, kanpora ateratzen da; halakoetan asfalto-kapak sortzen ditu bere osagai gaseosoa galdu ondoren.

Hobiak sakonera desberdinetan aurkitzen dira, Hobi batzuk bilatzeko 15000 metro zulatu behar izan dira, baina normalena 7000 m tatak gora aurkitzen da. Hain zuzen, gaurko hobi errentableenak ez dira 7000 metroko sakonerara isisten. Hobi hauen luzera, noski, bere posizioaren

araberakoa da. Ekialdeko eta Saharako hobiak kilometro askotako luzerak dituzte.

Lehen, jendea petrolio bila hasi zenean problema handi batekin topatu zen. Orduko tresnak ez ziren nahikoak hobi hauk bilatzeko. Pentsa dezagun hobi lodienak ez dituela 30m baino gehiago, eta bera 8000-10000 m sakontasunean aurki daitekeela.

Petrolio erreserbak kalkulatzera, gaur egun bide errentable batez lortzeko gai garenak bakarrik hartzen dira kontutan.

Gasa, berriz, metro kubikotan adierazten da, egoera (presio eta temperatura) normalean kalkulatz.

Petrolioaren erreserben kalkulu bat egitea ez da bat ere erraza izaten. Hau zergatik da, erregai hau bolumen txikitik eremu laburretan edozein sakoneratan eta poltzetan bilduta aurkitzen delako. Sakonera, lehen esan dugunez, erabat aldakorra da—ehunka metro batzutatik 8 kilometrora arte—. Halaz ere, batzuen iritziz kalkuluak nahiko zehatzak dira. Azterketa asko egin da, bereziki lur jakineko batzutan. Eta hemendik jasotako informazioa generalizatuz, lur barnea berdintsua baina hain aztertutak izan ez diren lurraldeen erreserbak suposatu dira.

Petrolio lortzeko munduan dagoen lurralderik desarroilatua EE.BB. ak dira, Alaska eta Hawai kanpo utziz. Ez da munduko desarroilatua bakarrik, baizik eta produktiboena ere bai. Azterketa asko egin da produkzioaren desarroiloa ezagutzeko eta, bide batez, erreserbak neurtzeko.

Metodo hauetako bat ondoko printzipioan oinarritzen da: eskualde batetan aurkitzen den petrolio-hobien kopurua finitua da. Miaketa surrera doan eran, sakonera txikienean dauden hobiak aurkitzen dira, ondoren sakonagoak eta zailagoak aurkituz. Idorokunde bakoitzarekin petrolio-hobi ezezagunen kopurua unitate gabeko hobiak sakonagoak aldenduagoak eta izkutuagoak izaten dira. Honegatik, petrolio-kopuru bat aurkitzeko aktibitatea geroz eta handiagoa da; edota beste era batera esanda, aktibitate berdinez geroz eta petrolio gutxiago aurkitzen da.

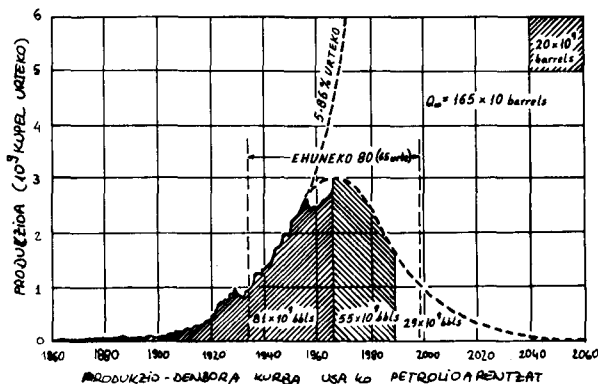
Gaur egun aurkitzen diren ia hobi guztiak lurra zulatuz lortzen

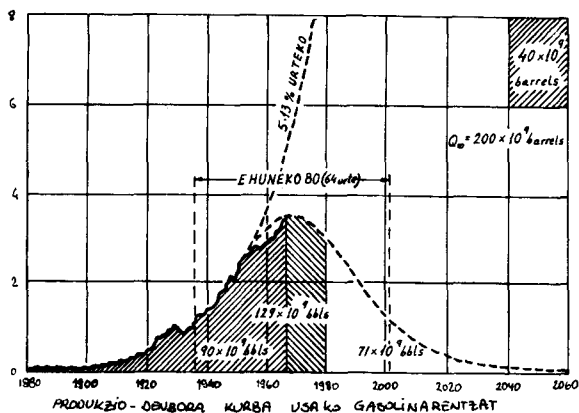
dira.1945.urteetik hona, EE.BB.tan estatistika serio batzuk daramatzate petrolio hobi "baliagarri" bat bilatzeko egin behar diren prospekzioei buruz.Petrolio-hobi bat "baliagarritzat" jotzeko,honek gutxienez milioi bat upela(edota antzeko kopurua gasean) eskaini behar ditu.

Urte bateko idorokundeak konfirmatzeko,beste sei urte pasa behar dute.1945 ean 26 prospekzio egin behar izan ziren hobi errentable bat bilatzeko .1963.urtean,kopuru hau 65 era igona zen.

Problema beste era batetara ere planteatu daiteke,hots:zulatutako oin bakoitzeko ea zenbat petrolio lortzen den.Honela,1860 eta 1920.urteen artean, petrolio oraindik erraz lor zitekeenean,proportzioa 194 upela oin bakoitzeko izan zen.1920 eta 1928.urteen artean proportzio 167 ra jaitsi zen.1928 eta 1938.urteen artean, Tomas mendebaldeko hobia aurkitua izan zela eta, 276 upelataraino igon zen.Geroztik, proportzioa bat-baten jaitsi zen eta gainera ia iraunkor jarraitzen du 35 upelatan.Ez dugu ahaztu behar, kopurua denetan txiki-ena izan arren, teknika aurreratuenak erabiliz gertatzen dela hori.

48 Estatuetan 1965 arte egindako idorokundeak 136.000 milioi upela eskaini zituzten.Datu hauetatik,suposatu den erreserba totala 165.000 milioi upelatakoa izanik,honek 82% jadanik aurkitua izan dela adierazten digu.

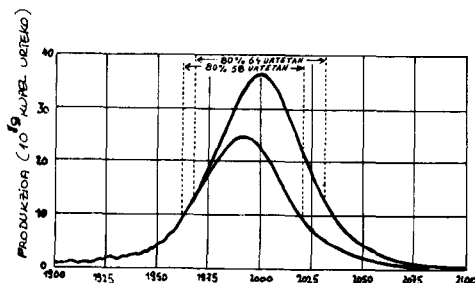




Gasari dagokionez, orain arte 6500 oin kubiko lortu dira petrolio-upela bakoitzeko. Kontutan harturik zenbat upela gelditzen diren. gas kopuru totala 1.075 bilioi oin kubiko izango dela suposa dezakegu. Erreserbak eta kontsumoa elkartuz, ondorio honetara heltzen gara: EE.BB. etako petrolioaren produkzio maximoa oraingo hau dela. Gasarena, berriz, badirudi 1980. urtean lortuko dela.

Munduko produkzio totalari buruz jendea ez dator bat. Diferentziak handi xamarrek dira: 1,35 eta 2,1 bilioi upela. Bigarren ba-

balio hau egiazkotzat emanez,produkzioaren maximoa 2000.urtearen inguruan lortuko litzateke.Tarteko 80% gastatzeko,berriz, 58 edo 64 urte pasako dira, lehen ala bigarren balioa erabiliz.

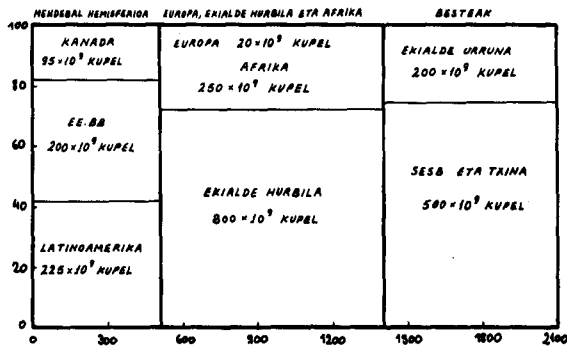


Energi-konferentziaren txostenari kasu egiten badiogu,oraindik gelditzen diren erregai-fosilen erreserbak 730.000 milioi tonelada petrolio adinekoak dira.Balio hau S.I. unitateetara pasatzen badugu,31.923 milioi tera joule lortzen ditugu.Zifra honetatik 15.111 (hau da,ia erdia) ikatzari dagokio,3957 petrolioari,1933 gas naturalari eta 10922 (hau da,heren bat baino gehiago) harbel eta harea oliotsuei (bituminotsuei)

Ikus dezagun zer gertatuko den etorkizunean.1900 eta 1974 artean,energi-kontsumo metatua 5600 milioi terajoule izan zen,eta hemendik aurrera bataz beste urteko ugaltzea 4,8% izango dela suposatuz,mende honen azken laurdenean 12.500 milioi terajoule gastatuko dira, edota, berdina dena, egungo erreserben 2 bosten kontsumituko dira.

Datuok,berez,lasaitzeko egokiak ez badira ere,errealitatea oraindik ilunagoa agertzen zaigu.Ikatza da, agian,lasaitasun handienekoa; zeren eta,oraingoz asko egonik,gehiago bilatzeko probabilitate handiak daude.Hidrokarburoekin,berriz, alderantziz gertatzen da.Konprobatutako erreserbak ^{hauk} ~~beste~~ lirateke: 91000 milioi tonelada petrolio,eta 52.500.000 milioi metro kubiko gas naturala.Hau egia balitz, egungo kontsumoari eutsiz,ez gehiago eta ez gutxiago,37 edo 38 urtetarako erregai dugu.Tokioko kongresuan,berriz,beste balio ^{hauk} aur-

keztu ziren: 80000 tik 100.0000 milioi tonelada petrolio(80.000 milioi tonelada erreserba probableak kontutan hartzen ez badira eta 100.000 milioi bestela), Ikusten denez, ez dago diferentzia han dirik.Diferentziak gasari buruz sortu ziren,Tokion emandako balioa 85.000.000 milioi metro kubikotakoa izan bait zen.Halaz ere, badi-rudi azken balio hau bestea baino gehiago hurbiltzen zaiola erre-alitateari.



Hemen eman diren balioetan ez dira oraindik aurkitzeko dauden petrolio eta gas hobiak kontutan hartu.Ez da batere erraza honi bu-ruz zifrarik ematea.Badirudi halaz ere,petrolio totala gaurko erre-serbak hiruzpalau aldiz baino gutxiago izango dela eta gasa,berriz ez da gaur ezagutzen duguna baino 5 aldiz gehiago aurkituko.

Etorkizun honetaz kezkatuak,zenbait estatutan beren energi-hor-nidura akatzera zuzentzen ari dira.Adibide bat, SESB dugu.

Halaz ere, miaketa ez da alde batera utzi behar.Hildo honetatik doa gaur egun hain seriozki tratatzen den itsasmiaketa.Egun ditugun teknikak ur-azpian zuloak irekitzeko nahiko aurreratuak dira.Tekni-koek diotenez,1980.urtean petrolio-produkzioaren zati inportante bat urpean aurkitzen diren hobietatik lortuko da.Oraingoz 300 metro baino sakonera ttikiagoko uretan lan egiten den arren, 1990.urtera-

ko 3000 metro urpean lan egiteko tekniken jabe izango gara.

Epe luzerako kontuak oso argi egon ez arren, epe laburrerako gauzak ondo doaz.1975.ean Ekofisk eta Forties hobiak martxan jarri ziren,orobat hain inportanteak ez diren Argyll eta Auk ere.Bestalde,beste hobi inportante batzuk aurkitu dira Brasil, Meeiko eta Grezian.

Orotara, hauek eta beste leku berri batzuk batean bilduta,badi-rudi urtero 450 bat milioi tonelada petrolio eskaintzeko gai izango direla 1980.urtetik aurrera.Ipar itsasoak,berak bakarrik, 200 milioi eskaintzeko ahalmena izango duela diote.Alaskak,75 milioi;Txinak 100 milioi eta Brasilek 50 milioi.

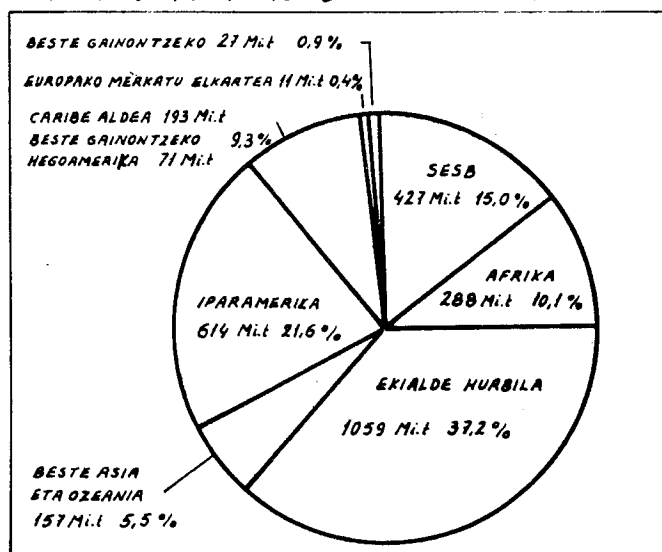
Aipatua dugu lehen Tokion emandako balioa.Beste iturri bati ekiten badiogu,zera irakurtzen dugu:1974,urtean segurutzat jotzen ziren erreserbak 97.300 milioi toneladatan kalkulatu ziren.Talde berdinak 1970.urteko erreserbak 74.000 toneladatan jo ondoren,ondoko lau urtetan 23000 milioi tonelada aurkitu ziren,hau da, 7% ko ugaltzen bat. Bestalde, historian zehar petrolioari buruz egin diren kalkulu guztiak azpitik joak zirela ikusi dugu ondoren.Adibide gisa,1920.an USA-ko departamendu ofizialak munduko erreserbak 7150 milioi toneladata-ra heltzen zirela adierazi zuen.Hau egia izan balitz,1960 an ez genuen petrolio gehiagorik izango.Erru guztia ez da geologo horiena bakarrik izan; har dezagun kontutan,petrolio geroztik zertxobait garestitu egin dela eta honek lehen errentable ez ziren hainbat eta hainbat hobi erabilgarri bilakatu dituela.

1975 eko petrolio-produkzioa 2700 milioi toneladatara iritsi zen. Aurreko urteekin gonbaratzen badugu, balio hau lortuko ditugu:

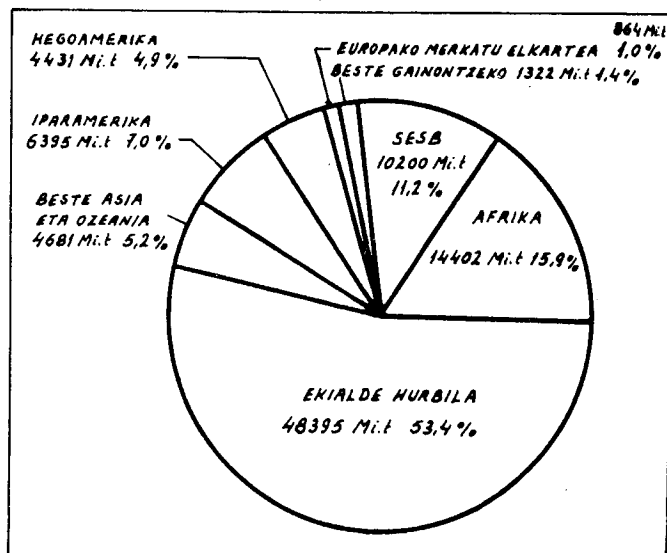
1970	+ 9,4%
1971	+ 5,8%
1972	+ 5%
1973	+ 9,3%
1974	+ 0,8%
1975	- 6%

Lehen esana dugu zenbatekoak diren munduan seguru ditugun petrolio erreserbak (iturri honek dioenez, noski). Beraz, 1975. urtean gastaturiko petrolio-kopurua, gutti gorabehera, erreserba guztien 3% dugu 1973 tik 1974 arte berriz, 7000 milioi tonelada petrolio aurkitu ziren munduan zehar. Honela, oraingoz urteko gastuak betetzeko adina baino gehiago ari da lortzen, honela petrolioaren iraupenaren jomuga luzatuz. Dena dela, egoera ez da liluratzekoa. Petrolio gehiagorik aurkituko ez balitz ere, eta urtetik urtera orain arteko 5% gastu ugaltzen mantenduko, egungo petrolio erreserbek beste 21 urte iraungo lukete.

MUNDUKO PETROLIO PRODUKZIOA (1973)



PETROLIO ERRESERBA SEGURUAK (1973)



Lehen aipatu ditugu Ipar itsasoan duela denbora gutxi aurkitutako hobiak. Guretzat hain hurbila denez gero, ikus dezagun hobi haueu egoera:

Jo dezagun 1000 milioi metro kubiko gasen bero-ahalmena milioi bat tonelada petroliorena adinakoa dela. Honela kalkulatuz, 1975 arte aurkitutako petrolio eta gasaren kopurua 5.300 milioi tonelada "petrolio" adinakoa zen. Kopuru hau honela banatzen zen: 3000 milioi tonelada petrolio eta 2,2 bilioi metro kubiko gas. Hobi hauk, gehienbat, Ingalaterra eta Noruegiari dagozkien itsasotan aurkitzen dira. Holandari eta Dinamarkari (2,4%) ere zertxobait tokatzen zaie. Hobi hau Europako inportanteena izanik (bertan aurkitzen den gasa Europa guztiko 50% da, eta petrolio, berriz, 90%), munduan zehar dauden beste hobiekin gonbaratuz ezer gutti dira. Egun munduan dauden erreserba guztien 4,4-5% bakarrik. Oraingoz egin diren proiektuak jarraitzen badira, 1980. urtean 150-200 milioi tonelada petrolio eta 100.000 milioi metro kubiko gas atera beharko omen dira hobi hauetatik. 1985. urterako, berriz, produkzioa 250 milioi tonelada petrolio eta 1300 milioi metro kubiko gas izatera helduko dela suposatzen da. Hau honela bada, 1980an Europako energi-kontsumoaren 15% lortuko litzateke, eta 1985. an, berriz, 20%

Alaskako hobiak ere, Europako hauekin batera azken urte hauetan idoro diren inportanteenetakoak dira. Bertako erreserbak 3000-6000 milioi tonelada petrolio dira. Har dezagun kontutuan USA guztiko egungo erreserbak 5000 milioi tonelada direla, eta hemendik kontuk atera. Alaskako produkzioa eta Europakoa momentu honetan berdintsua izanik, Alaskakoak gainditzen dio: 100-150 milioi tonelada petrolio

Kanadako iparraldean ere, badirudi hobi inportante batzuk aurkituak izan direla Mackenzie hibiaren bukaeran. Halaz ere, Alaskan sortu zen problema berdina planteatzen da hemen ere: hots, bertan lortutako petrolioaren garraioa. Alaskatik zetorren pipelinearen eraikitzearen aurka ekologistek ez bait ditu ahaztu.

Hego Amerikan, betidaniko hobietatik aparte, Ecuador, Peru eta Kolonbian aurkitu dira hobi berriak. Guztira 6000 milioi tonelada petrolio biltzen omen dituzte.

Baina orain arte aipatu ditugun guztiok ez dira ezer azken urteotan SESB ean aurkitzen ari diren hobiekin gonbaratzen baditugu. Beren erreserbak oraingoz kalkula ezinak dira. Lekua, berriz, Kaspio itsasoko sortaldea, Baikal itsasoko sartaldea, Komi eskualde autonomoa (Uchtan) eta, denetan inportanteena, Siberia sortaldeko Tjumen eskualdea. Bakar-bakarrik azken eskualde honetako petrolio-erreserbak 40000-50000 milioi tonelada inguru kalkulatzeko dira. Beraz, ekialde hurbil eta erdiekialan aurkitzen den bezainbat. Halaz ere, guzti hori ezin omen daiteke oraingoz erabil. Gaurko teknika 6000 milioi tonelada bakarrik lortzeko gai omen da. Bestalde, SESB bera bakarrik ez omen da gai petrolio hori lortzeko eta Japoniarekin tratatu hasi zen kooperazioan lan egiteko. Dena dela, badirudi ez direla ezertara heldu.

Azkenik hor gelditzen zaigu beste eremu bat, oraindik martxan jarri gabea baina oso inportantea. Eremua Asiaren hego-mendebaldean aurkitzen da, Kiutsu uhartetik Singapur artean hain zuzen. Hobi hauen jabetasuna Formosa, Vietnam, Japonia eta Txina artean ari dira eztabaidatzen.

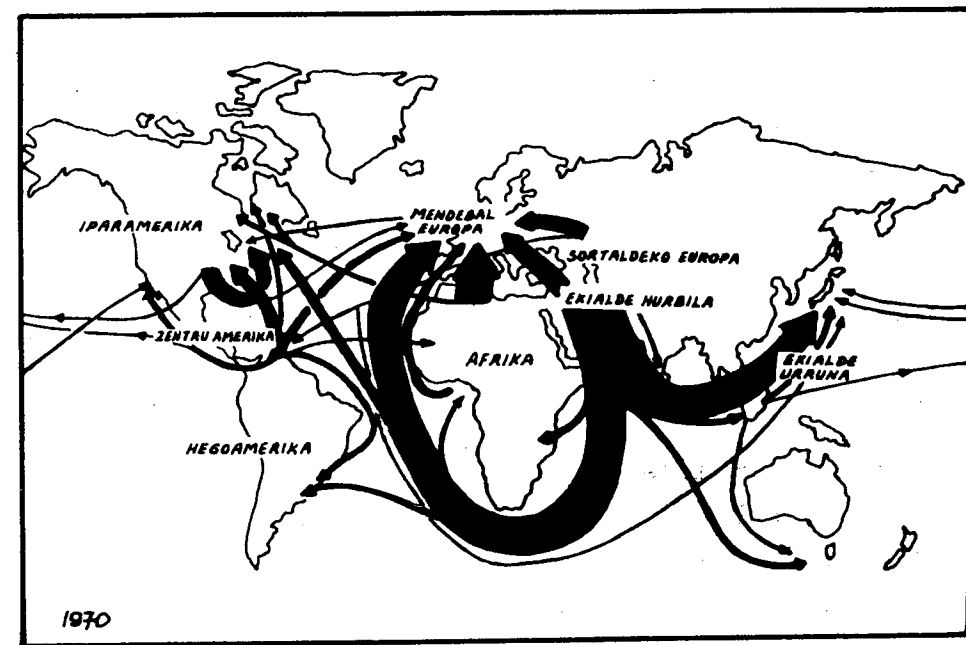
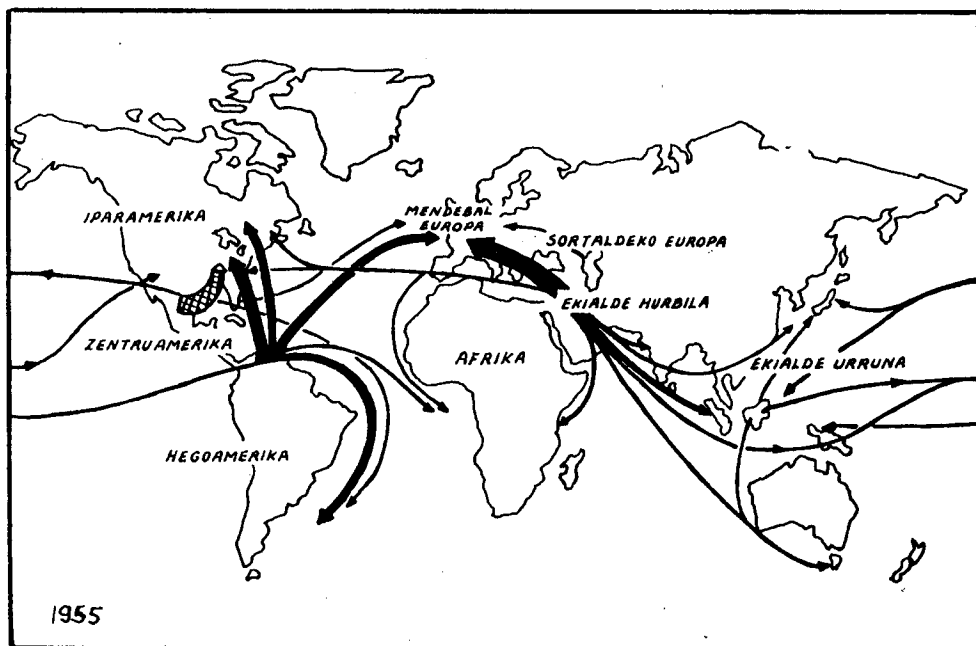
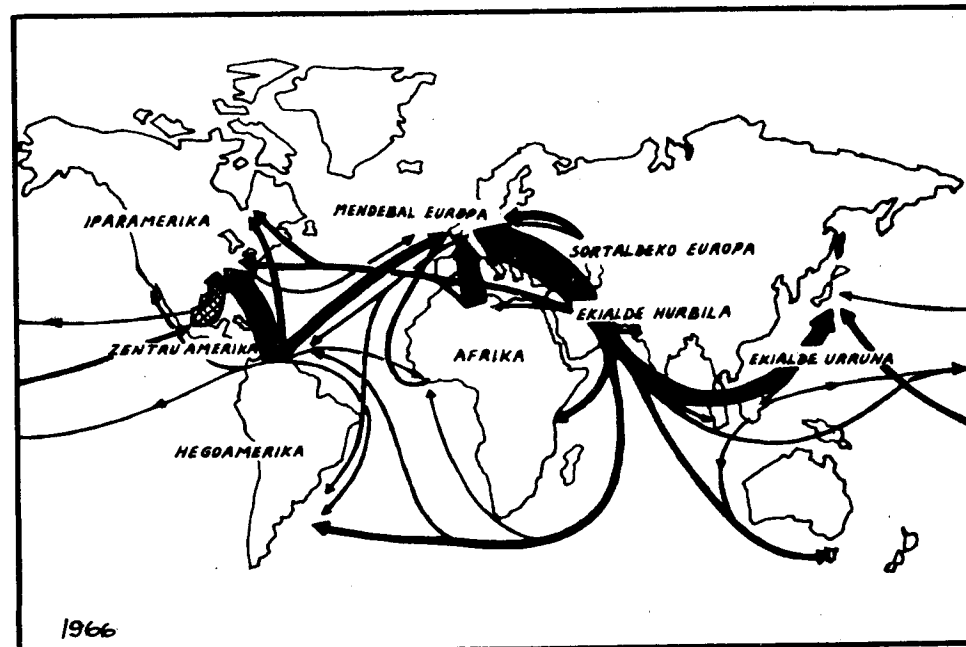
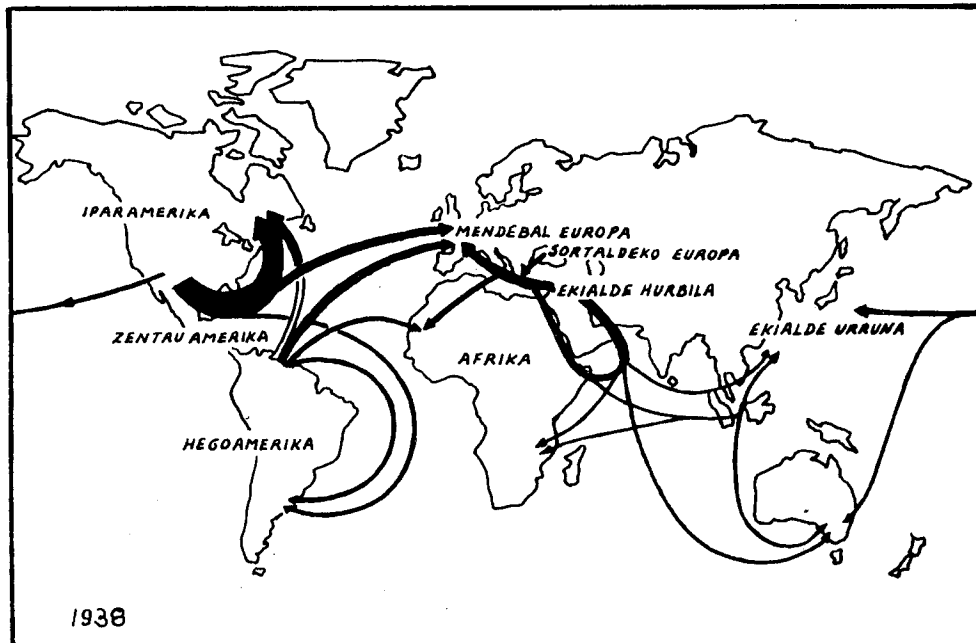
Asmorik bada, 1980. urterako hobi berritan, bereziki Ipar itsasoan, Alaskan, Txinan, Malaysian, Brasilen, Mexikon, Egeoan eta Zairen 450 bat milioi tonelada petrolio lortzeko.

Orain arte aipatutako guzti honek ez gaitu liluratu behar, gaur oraindik produkzio nagusia inguru bitan bait datza: Mediterraneoaren hegoaldean eta Persiako golkoa. Horitaz gain orain aurkitu berriak diren hobietan inguru honetan baino hamar aldiz gehiago kostatzen da petrolio kanporatzea.

Hainbat datu irakurtzen ari gara. Halaz ere, ikus ditzagun taula batetan bilduta orain arte aipatutako zenbait argibide:

	LORKETA		KONTSUMOA			SALDOA	
	1970	1980	1970	1980	1985	1970	1980
MENDEBAL EUROPA	20	170	667	1225	1400	-647	-1055
SEIEN ELKARTEA	13	90	414	715	830	-401	- 625
BDERATZIEN "	13	--	534	940	1170	-521	--
IPAR AMERIKA	590	775	771	1165	1350	-181	-390
JAPONIA	--	--	191	435	620	-191	-435
HEGO AMERIKA	266	325	115	225	310	-151	100
AFRIKA	270	500	55	100	120	215	400
EKIALDE EUROPA	400	700	340	750	1000	60	-50
BESTE HERRIALDEAK	806	--	213	520	700	593	--
HAUETATIK EKIALDE HURBIL ETA ERDI- EKIALDEAN	750	1830	160	300	--	590	1530
∞ GUZTIRA	2352	4400	2352	4400	5500	--	--
AFRIKA, EKIALDE HURBIL ETA ERDI EKIALDEAK	1020	2330	215	400	--	805	1930
HONETATIK MENDEBAL EUROPA, IPAR AMERIKA ETA JAPONIAK	610	945	1629	2825	3370,	-1019	-1880

balio guzti hauek milio toneladatan emanak datoz



ENERGIA NUKLEARRA

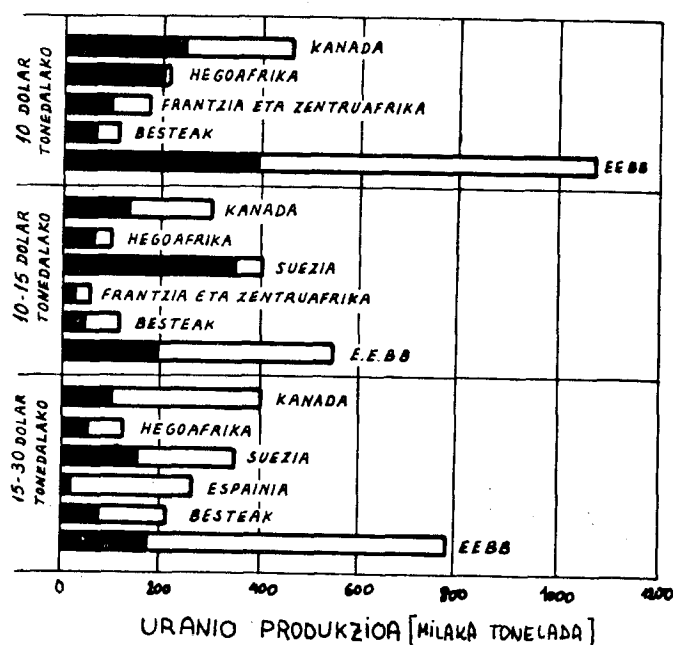
Energia mota honetaz hitzegitean, ez dugu ahaztu behar bi eratakoa izan daitekeela: fisiozkoa eta fusiozkoa.

Fisiozko elementu astunen zatiketan oinarritzen da, eta denetan ezagunena uranioa dugu.

Fusioa, berriz, elementu arinen konbinaketan, honetarako praktikoena deuterioa izanik. Uranio 235a oso isotopo arraroa dugu, baina bera da espezie atomiko bakarra egoera normal xamarrean fisioatzeko gai dena. 100.000 uranio atomotatik, 6 uranio atomo 234 izaten dira, 711 uranio 235 eta 99.283 uranio 238. Beraz, energia nuklearraren produkzioa uranio 235 ak mugatuko balu, erregai nuklearren haroa oso laburra litzateke.

Gaur egun martxan jarriak diren ia zentrale nuklear guztiak uranio 235 a erabiltzen dute erregaitzat. USA ko AEC ek dioenez 1970 eta 1980 artean USAk 206.000 tonelada uranio oxidoa (U_3O_8) erabiliko ditu, munduko kontsumoa (herri komunistak kenduz) 430.000 toneladakoa izanik epe berean.

AEC komisioren azken informe batek egun USA n bertan lor daitekeen uranio oxidoa (librako 8 dolarretan) 243.000 tonelada direla dio. Beste informe batek, berriz, munduko erreserbak kalkulatzeko, baina librako 10 dolarretan pagatuz. Erreserba hauk 840.000 toneladataraino heltzen dira. Informe berak 1985 erako miloi bat toneladatarako erreserbak bilatu beharko direla estimatzen du, etorkizuneko beharrak bete nahi badira.



Garvi dago oraindik meatze gehiago aurkitzeko egoeran gaudela, Halaz ere, erreserbak ez dira hasieran pentsatu ziren hainbatekoak zentrale hauekin jarraituz mende bukaerako azkenetan ginateke, oraintsu Australian aurkitu den meatze inportantea ere kontutan hartuz. Problema hau konpondu nahirik, zentrale autobirtsorgarriak asmatu dira. Egun honetan aurreratuen Frantzia dugu, segidan bere SUPER-FENIX zentralea martxan jartzekotan izanik. Beste estatuak 1985 erako gai izango direla dirudi.

Zentrale hauekin, uranio 238 gramo batez $8,1 \cdot 10^{10}$ joule bero lor daiteke. Energi kopuru hau 2,7 tonelada ikatzek edota 1,9 tonelada petroliok eskain dezaketen hainbatekoa da.

Munduan dagoen uranioa guztia, petrolio bezala, ez da erreserba bakar batetan sartzen. Beti galditzen da garestiago den eta horregatik oraindik errentable ez den beste kopuru bat. Erreserba hauk aparte uzten dira, Chattanooga-koa bezala. Eskualde honetan dagoena ez da uranio-rea, harbel beltza baizik. Harbel hau Devoriano harokoa da, eta Apalache-tako mendebal muturrean eta Tennessee ekialdean lur-gainean aurkitzen da. Baina lur-azpian ere aurkitzen da hain zuzen ere lurgainean baina eremu askoz zabalgo batetan. Eremu honek Tennessee, Kentucky, Ohio, Indiana eta Illinois en ia lurralde osoak besarkatzen ditu. Tennesseeko ekialdean, harbel honek 5 metroko lodiera du, eta tonelada bakoitzeko 60 gr. uranio lor daitezke. Uranio kopuru hori 162 tonelada ikatz olio-tsu, edota, 822 upela petrolio haineko energia du. Arrokaaren dentsitatea 2,5 tonelada/m² izanik, 5 metro altuera duen zutabe batek, 12,5 tonelada pisatuko luke, eta bere uranio kopurua 750 gramotakoa litzateke. Azaleko metro koadro bakoitzeko harbel honen energia 2000 tonelada ikatz edota 10000 upela petrolio adinakoa litzateke. Pentsatuz uranioa ez dela erabat libratuko, jo dezagun 50% probetxatzen dela. Halaz ere 1000 Tonelada ikatz edo 5000 upela petrolio berdintzeko nahikoa litzateke.

Lehen petrolio kalkulatzerakoan erabili dugun iturri berdina erabiliz, USAn dauden 1,5 bilioi tonelada ikatz eta 250000 milioi upela petrolioaren enrgia berdintzeko nahikoak dira Chattanooga-ko 1500 km. Eta 50 km nahikoak lirateke petrolioaren energia berdintzeko. Gasa eta harbel oliotsuak ere gehitzen baditugu, nahikoak dira horko 2000 km. Eta

eremu hau Tennessee ren 2% besterik ez da.

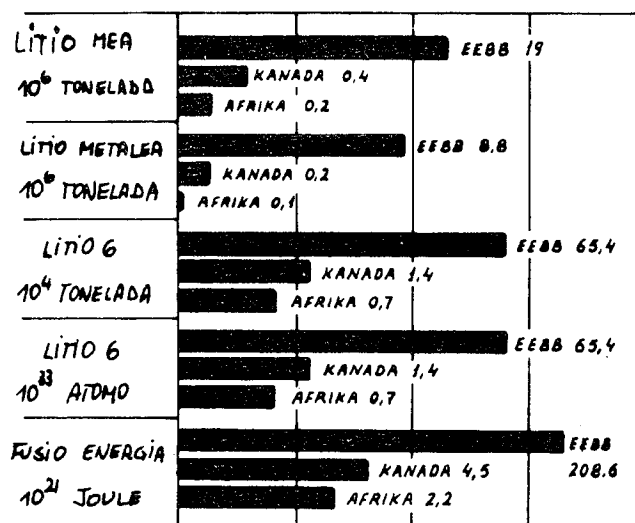
Bestalde, badira neurri honetako beste zenbait meatze munduan zehar, hau ez baita bakarra.

Energia nuklearrak hitzegiten hasi garenean, aipatu dugu nola energia hau bi motatan banatzen zen. Orain bigarren motari ekingo diogu, fusioari hain zuzen.

AEC komisioko David J. Rose jauna, fusio kontrolatuaren perspektibak aztertzerakoan, ondoko eritzia heldu zen: fusiozko erreakzio guztien artean egokiena denterio-tritio erreakzioa zela.

Denterioa oso ugaria dugu naturan (atomo bat 6700 atomo hidrogenoren artean). Bestalde, deuterioa bereiztea ez litzateke ezer kostatuko ondoren berak eskiniko lukeen enrgiarekin gonbaratzen badugu. Tritioa, berriz, oso urria da. Gehiago lortu nahi badugu, litio 6 eta litio 7 bombardatuz lortu beharko da. Baina hemen ere lehengo problema berdinarekin topatzen gara: Litio 6a litio guztiaren 7,4% besterik ez da.

Kontutan hartuz ozeanoetako hidrogenoa ia infinitu delamdeuterioarekin ez dugu problemarik aurkitzen. Bestalde, oso erraz lor daiteke. Litioa, berriz pegmatita izeneko arroketatik eta laku gazietaletatik lortzen da. USA, KANADA eta Afrikan aurkitutako litio meatzeen errekurtsioak 9,1 milioi tonelada litio arruntak dira. Guk behar dugun litioa guztiaren 7,42% denez gero, 67500 toneladatara helduko litzateke honen kopurua. Atomo bakoitzak $3,19 \times 10^{-12}$ joule eskaintzen ditueenez gero, guztira 215×10^{21} joule lortuko genituzke, munduan zehar dauden erregai fosilen balio energetikoa bera hain zuzen.



MUNDUKO LITIO ERRESERBA TOTALAK

Guzti hau deuterio-tritio erreakzioari buruz. Lehenik esplikatu dugu, bera bait dugu fusiozko erreakzio errazena. Martxan jartzeko behar den tenperatura ez da oso handia. Halaz ere oraindik ez dugu tenperatura horri-tara heltzeko ahalmenik.

Bada bigarren erreakzio mota bat, inoiz lortzeko posibilitaterik bada askoz etorkizun sendoago bat izango duena: Deuterio-deuterio erreakzioa. Erreakzio honetan kontsumitutako atomo bakoitzak $7,94 \times 10^{-13}$ joule produzitzen ditu. Ur metro kubiko baten gutxi gorabehera 10^{25} deuterio atomo aurkitzen dira. Atomo guzti hauen masa 34,4 gramotara heltzen da eta fusiozko energia potentziala $7,94 \times 10^{12}$ joule adina-koa da. Energia hau ikatzak eta petrolioak sor lezaketen energiarekin gonbaratuz, berdintzeko 300 tonelada ikatz eta 1500 upela petrolio beharrezko izango direla ikusiko dugu.

Kilometro kubiko batek 10^9 metro kubiko dituelarik, bolumen honetatik sor daitekeen energia 300.000 milioi tonelada ikatz edota 1,5 bilioi upela petroliok sor lezaketen adinakoa da.

Ozeanoen bolumen totala gutxi gorabehera 1500 milioi kilometro kubiko da. Hasierako deuterio kontzentrazioa 1% jaisteko adina deuterio aterako bagenu, fusioz sortutako energia beste erregai fosil guztiek batera sortutako energia baino 500000 aldiz gehiago izango litza-teke.

ENERGIA HIDRAULIKOA

Energia hau eguzkitik datorkigu, harrigarri badirudi ere. Ez dezagun ahaztu ura mendietatik etor dadin lehendik euri, elur edota beste mila modutan bertan eroria izan behar duela. Eta hau, bete-betean, uraren zikloan sartzen da; hots, lurruntze, kondentsatze eta itzulketan.

Urtean zehar 500000 kilometro kubiko ur lurruntzen dira. Ez da kopuru handia, munduko ur guztiarekin gonbaratzen badugu: 1500 milioi kilometro kubiko. Ur lurrunduaren jatorria bikoitza da: ozeanoak (ur guztiaren 97,3%) eta kontinenteak (guztiaren 2,7%). Eguratsean aurkitzen den ur-kopurua oso txikia da: guztiaren 0,0001%.

500000 km^3 hauetatik 430000 km^3 ozeanoetatik lurruntzen dira, gelditzen diren 70000 km^3 kontinenteetatik lurrunduz.

Guzti hau lurrunketari dagokionez. Baina, zenbat itzultzen da be-

berriro kontinenteetara?. Euriak, kontinenteetan 110000 km^3 ur biltzen dute, beste guztia, 390000 km^3 , itsasoetan eroriz.

Beraz, balantzea gure alde dugu. Urtero 70000 km^3 galtzen ditugu lurrunketaz eta 110000 km^3 jasotzen euri itxuran. Honek garbi adierazten digu urtero 40000 km^3 ur berriro itsasoetara itzultzen direla. Bestalde, kopuru honen zati handiena, guretzat, erabil ezina da. Uholdeak, lurrean gelditzen den ura, e.a. ez dira guretzat energia hidraulikoa sortzeko baliagarriak. Gehienez 14000 km^3 erabiliko genituzke, dena ondo antolatuta balego. Kopuru hau da hibaletan nahiko iraunkor mantentzen den ur fluxua.

Fluxu hau hiru bidez erregulatzen da:

- lurrazpiko urtegietatik (11000 km^3)
- gizonak eginiko urtegietatik (1840^3 km)
- lakuetatik (260 km^3)

Gizonak bildutako 1840 km^3 ur honela banatzen dira:

560 km^3	Asian
490 km^3	Iparamerikan
400 km^3	Afrikan
200 km^3	Europar
160 km^3	Hegoamerikan
30 km^3	Australian

Ez dirudi posible denik gaur egun ur kopurua askoz handiagoak era honetan metatzea, beraziki oraindik industrializatu gabe dardden herrietan. Eta hau frogatzeko datu bat nahikoa dugu. Urte bateko km^3 baten erregulatzea urtegi baten bidez 100 bat milioi dolar kostatzen da gutxi gorabehera. Bestalde, honelako urtegi batetan urak ez du urtebete bat baino gehiago irauten, herri hauk lehorte luzeen aurka inolako laguntzarik geldituz.

Baina guretzat bada beste puntu inportanteago bat, eta hau energia elektrikoaren produkzioa da. Sistema garbi bat dugu, ez baita kutsadurarik sortzen.

Bere potentziale teorikoa kalkulatzekoan, urteko batazbesteko

auri-kopurua behar dugu kontutan hartu.

Orain arte egindako kalkuluak oso desberdinak izan dira, kriterioak ere diferenteak izan direnez gero. Halaz ere, gutxi gorabehera bi balio hauen artean koka dezakegu:

$$2 \times 10^9 \text{ Tec} \quad \text{eta} \quad 5 \times 10^9 \text{ Tec}$$

Guretzat ezagunago den beste unitate batera, kwh, pasa nahi badugu, nahikoa dugu

$$100 \text{ kwh} = 0,353 \text{ Tec}$$

dela jakitea.

Energia lortzeko era honen alderdi txarra, gastu handikoa dela dugu. Merkatuelektriko inportante eta ur-kopuru dexenteak dituzten herri industrializatueta, energia hidraulikoak bere inportantzia du.

Oraindik badaude energia hidraulikoak lortzeko leku egokiak. Hauek elektrizitatea gogor gastatzen den lekuetatik urrun aurkitzen dira, garraioak prezioak egonez. Kasu hauetan, egokiena beren inguruan merkatuak sortzea litzateke.

Honekin batera bil ditzakegu itsasoen altuera diferentziak probetxatuz funtzionatzen duten zentralee. Beren urtegiak itsasoaren maximo eta minimoetan bete eta uzten dira, potentzia maximoa lor dadin. Bere kapazitate potentziala bi eta 20000 Mw artekoa izango dela kalkulatu da. Halaz ere, itsasaldien energia potentziala 64.000 milioi watt adina da, eta hau ez da uraren energia potentziale guztiaren 2% besterik. Orain arte zentrale bat bakarrik eraiki da; La Rauceko estuarioan. Bere potentzia, 1966 ean martxan jartzerakoan, 240 Mwkoa zen. Orain 320 Mw era igotzeko asmotan dabil eraiki zuen konpainia.

ENERGIA EOLIKOA:

Energia eolikoa ere eguzkitiko energiatik datorkigu. Eguratsa berotzean, airearen dentsitatea aldatu egiten da, presio-diferentziak sortuz. Presio-diferentzia hauk dira aire-korronteak sortarazten dituztenak.

Fenomeno hauen bidez lortzen den eguzkitiko energiaren kontzentrazioa ez da oso handia, kasu erabat arraroetan ezik. Kasu hauk enbatak di-

tugu. Bestalde, korrante hauen erritmo eta ibilbide aldakorra da, erabiltze industrialak oztokatuz.

Aintzina, energia hau txalupak eta itsasontziak garraiatzeko erabiltzen zen. Gaur egun, sistema honen erabilpena etxe urrunetan energia produzitzea da.

Halaz ere, poliki-poliki geroz eta zentrale handiagoak eraikitzen ari dira. Oraingoz proban jartzen dira, beren konportamendu erreala ezagutzeko. Bestalde, zentrale handi bat eraikitzeak ez du esan nahi energia prezio baxugo batetan lortuko denik.

Beste energi-mota bezala, energi eolikoa ere oso zaila da kalkulatzeko. Zehatz ezin badugu esan ere, $0,5 \times 10^{12}$ eta $1,5 \times 10^{12}$ Tec etan situa dezakegu. Beraz, energia hau eguzkitiko energiaren 1% besterik ez da.

ENERGI-ITURRI EZ KONBENTZIONALAK

X. Larrea

ENERGI-ITURRI EZ KONBENTZIONALAK

EGUZKITIKO ENERGIA INDIREKTOA:haizea

olatuen energia

ENERGIA GEOTERMIKOA

EGUZKITIKO ENERGIA:teoria eta energia hori

lortzeko bide desberdinak

Eguzkitiko energia indirektoa:haizea

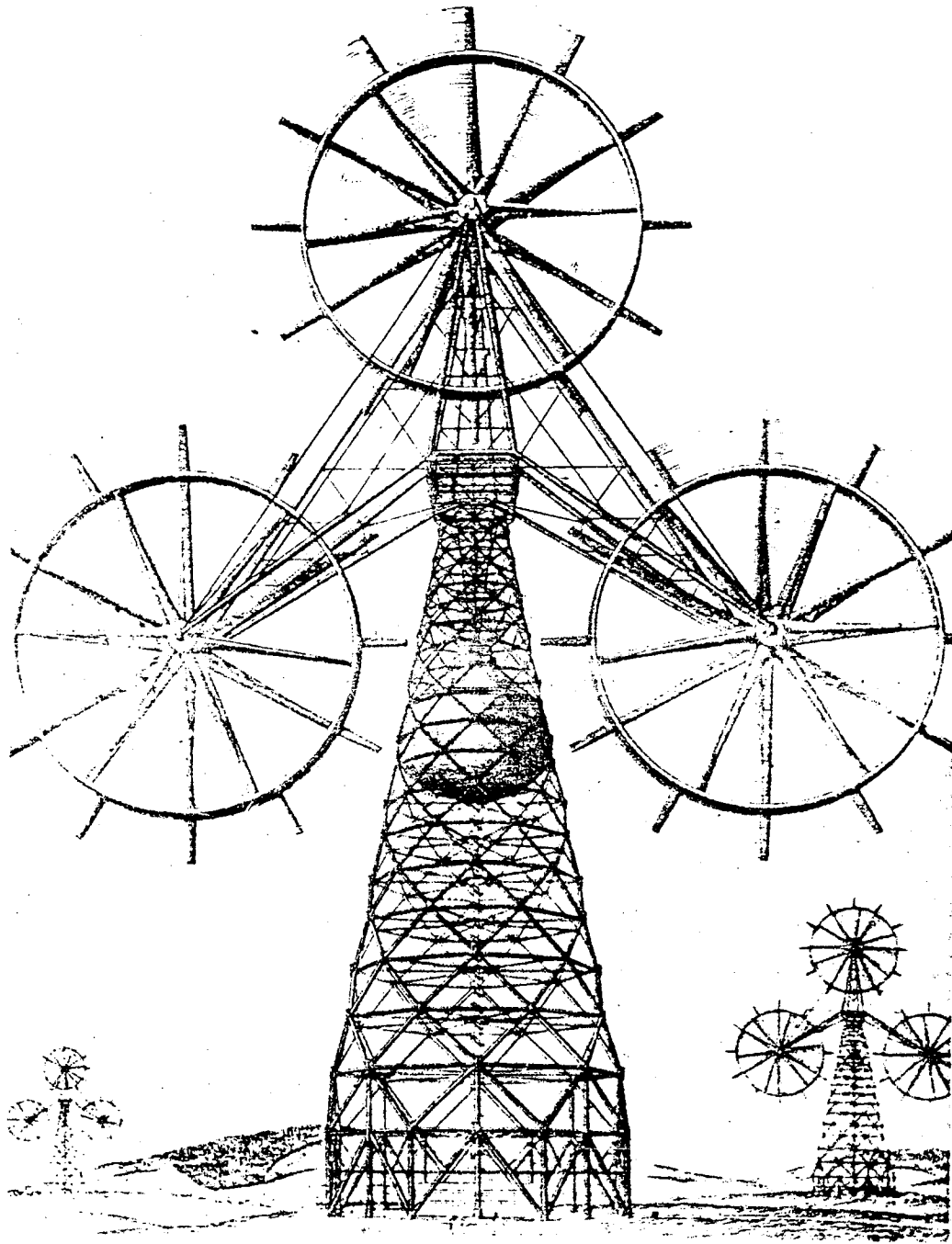
Ura eta haizea, eguzki argiaren ekintza zuzenaren ondorioz sortzen dira; energia potentzialaren ugaltzea bat dira, hau da, energia masaren higidura bertikalaz sortzen dira, inungo aldaketa kimikorik gabe.

Eguzkiak uraren lurruntzea dakar eta ur honek, berriz ere lurrratzean, energia potentzial handiago bat du. Itsasoratzean aldiz, energia mekaniko edo zinetikoan bihurtzen da (beroa, bigarren mailako eragin bat besterik ez da).

Haizea, eguzkiaren energia hartzerakoan sortzen diren gradiente horizontal ezberdinen ondorioa da. Honek haize beroaren higidura bertikala dakar eta hutsune hori betetzeko haize hotzagoaren lekuz aldatzea.

Urak eta haizeak posibilitate interesgarriak eskaintzen dituzte energiaren metatze lanean. Izan ere, eguzki argia (fotoiak) eta elektrika (elektroi higidura) ezin zuzenki metaturiko fenomeno dinamikoak baitira. Lehenengoz, beste energia eratan bihurtu behar dira: hidrogenoa produzituz, bateria kimikoak kargatuz... edo eta energia mekaniko bihurtuz.

Ikus ditzagun orain energia eolikoaren lorpenetarako zentral berrien perspektibak. Haizearen energia mekaniko ala elektriko bihurtzen da, horretarako haize errota erabiliz. Gaur egungo estatuen energia nazionalerako presupostuetan ez du zati txiki bat besterik hartzen energia eolikoak. Zenbait larretan ur-ponpak eragiteko edo leku urrutiratuetako etxeetan besterik ez da erabiltzen. 1975.ean USAn ba omen ziren halako 150000 makina.



1. Irudia

Aintzina, haizearen energia oso erabilia izan zen. XVIII-gn mendearen bukaeran, holandesek, ba zituzten 20 KWh-tako 20.000 haize errota. Egun, ezin liteke energia kopuru hori lurrun zentral baterenarekin konpara, baina energia kontsideragarri bat izan zen garai hartan.

Geroxeago eta Dinamarkan, haizeak eraginiko 200 MW energia kapazitatea lortu zen, eta urteko (1910) 500×10^6 KWh.

Petrolioaren prezio beherak ikertzapen guztien atzerakada ekarri bazuen ere, zenbait herrialdetan jarraitu zitzaion bide experimental batetatik teknika berriaren desarroiloari.

1931. ean 100 KW-etako sorkailu batek egin zuen nahiko lan Sovietar Errepublikan, eta 1941-1945 tartean 1,2 MW-etako beste batek funtzionatu zuen USAn. Azken experimentu interesgarria Beauce-n (Frantzia) izan zen: "errotor"ak 3 "aspa" zituen eta 30,3m. diametro. 1MW lortu zen eta aspa bat apurtzeak bertan behera uztea ekarri zuen.

Experientziak erakusten duenez, errota haundien diseinoak, instalazio txikitik aurkitzerik ez diren problemak erakartzen ditu: frekuentzi beheko bibradurak aspetan eta zenbait torsio esfortzu egituretan. Sistema haundi hauen errendimendua 80% izan zen (hel zitekeen kopuru maximoarekiko). Errendimendua emendatzeko, ardatz berean eta aurkako direkzioetan biratuz bi aspa montatzen dira, (atzeko aspa aurrekotik dator kion haizeaz higitzen da).

Zihurrenez proiekturik interesgarriena, bigarren gudarrietik lehenagokoa da eta Honnef-i dagokio hain zuzen, Alemanian. 1. argazkia proiektatu ziren dorreetarik bat eskaintzen digu. Dorreak 5 gurpil izango zituen eta 300 metro altuera. Dorre altuok abantaila handikoak dira, gorago haizearen abiadura handiagoa baita. Gurpil bakoitzaren diametroak 160 metrotakoa behar zuen izan. Haizearen 15 m/g abiadurarako pentsatu ziren. Abiadura garaiagoz, 3 gurpiletako unitate batek horizontalki egingo zukeen bira. 3 gurpiletako unitate batek 75 Mw produzitu zezakeela pentsatzen zen. Eskala txikitako zenbait modelo abiatu zen eta 50m-tako gurpilak ere prestatu ziren baina 1942.eko bonbaktaketa

batek txikitu egin zuen zentrala. Proiektu hartako gidariek, egun eta 1973.eko 15 milioe dolare-z 120 Mw lor litezkela baieztatzen dute.

Electricité de France-k (energiarentzako enpresa nazionalak), 1962. arte 1 Mw-etako zentral jardunez gero, haize bidez sorturikako elektrikaren kostua ikertu zuen eta bere ondorioak zerak izan ziren: Kwh bakoitzeko 5 bider garestiago zela haizearen bidez lortutakoa (orduko energia konbentzionalarekin konparatuz eta petrolioaren prezio behera kontutan hartuz).

Heronemus-ek USA-n sistema bat proposatu du berriki. Estazio kopuru haundi baten eraikintza eskatzen du eta Honnef-en diseinoan bezala 113 metrotako dorreak, 73 metro diametroko 3 gurpilekoak erabiliko lituzke. Estazio bakoitzak 2 Mw emango lituzke eta 900000 dolare balioko luke estazio bakoitzeko. Kostaldetik kanporako estazioak, plataforma kontinentalean kokatutakoak, 14000 izango lirateke.

Experientzia praktikorik ez dugunez gero, Heronemus-en proiektuari buruz aritzea espekulazio hutsa dateke. Honako sistemaren arrakasta haize iturri potentzialek mugatuko lukete soilik: USA-rentzat, $1,5 \times 10^{12}$ kwh-ko elektra energia potentziala estimatu da; egungo eskaeraren 80%, hain zuzen.

Ikus dezagun orain zenbat energia eoliko den probetxugarri eta zer neurritan bihur daiteken energia hori, energia mekaniko edo elektriko.

Energia zinetikoa, E, honakoa da: $E = \frac{1}{2} m V^2$

Non V haizearen abiadura baita eta m, haize errota antzeko sorkailu baten aspen biraketak garbi dezakeen azalera trabesatzen duen aire masa, m honela defini daiteke:

$$m = \rho \cdot A \cdot V$$

ρ , airearen dentsitatea da

Ez da posible haizearen energia guztia erabilgarri bihurtzea. Marruskadurak zerora eramango luke ahizearen abiadura sorkailuan barne eta makina gelditu egingo litzateke. Betz-ek, zenbait burutapen teorikoz-gero, bihurpen maximo proportzioa $\frac{16}{27}$ zela erakarri zuen.

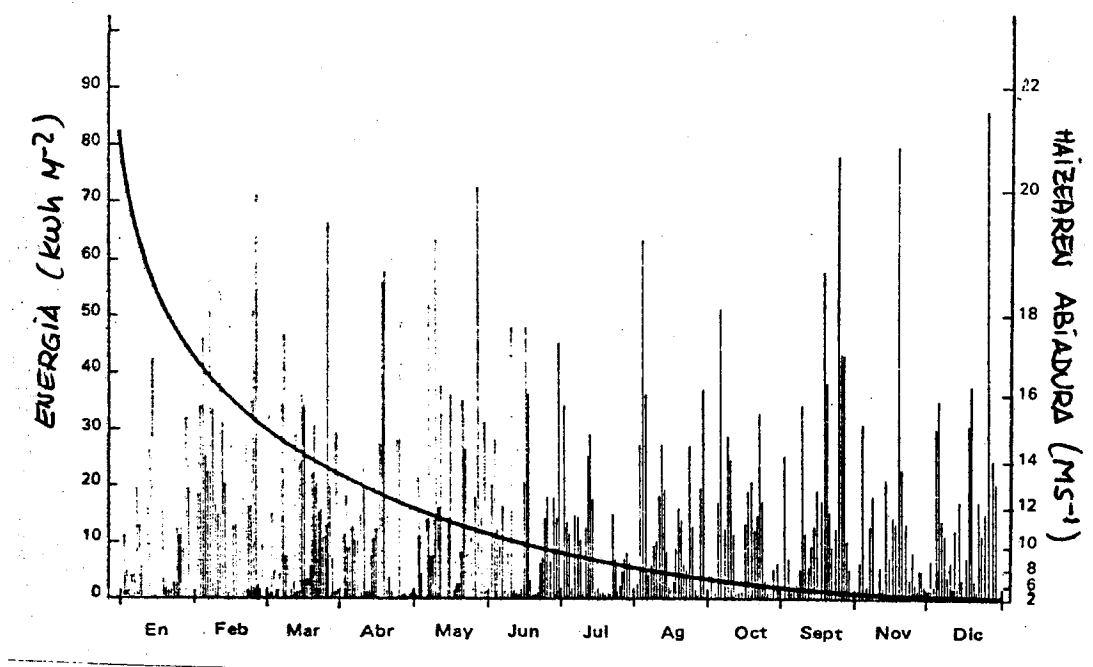
Praktikan, energia eolikoa, areometroen bidez neurtzen da. Energia eolikoa, P , honako formulaz lotzen zaio haizearen abiadurari:

$$P = 0,37 \left(\frac{V}{10} \right)^3$$

P , KW/m^2 -tan dator emana (haizearen direkzioarekiko azalera normala kontsideratuz), eta v , m/seg -tan.

Interesgarria da potentzia edo energia bihurtgarria haizearen abiadurarekiko dela ohartzea. Honela, haizearen abiadura 20%-z beheratuko balitz, potentziaren beherapena 50% izango litzateke eta abiadura, egunez egun eta sasoi sasoi aldakorra da oso.

Faraman-eko faroan (Frantzia) hartutako abiadura neurriak hurrengo irudian datoz:



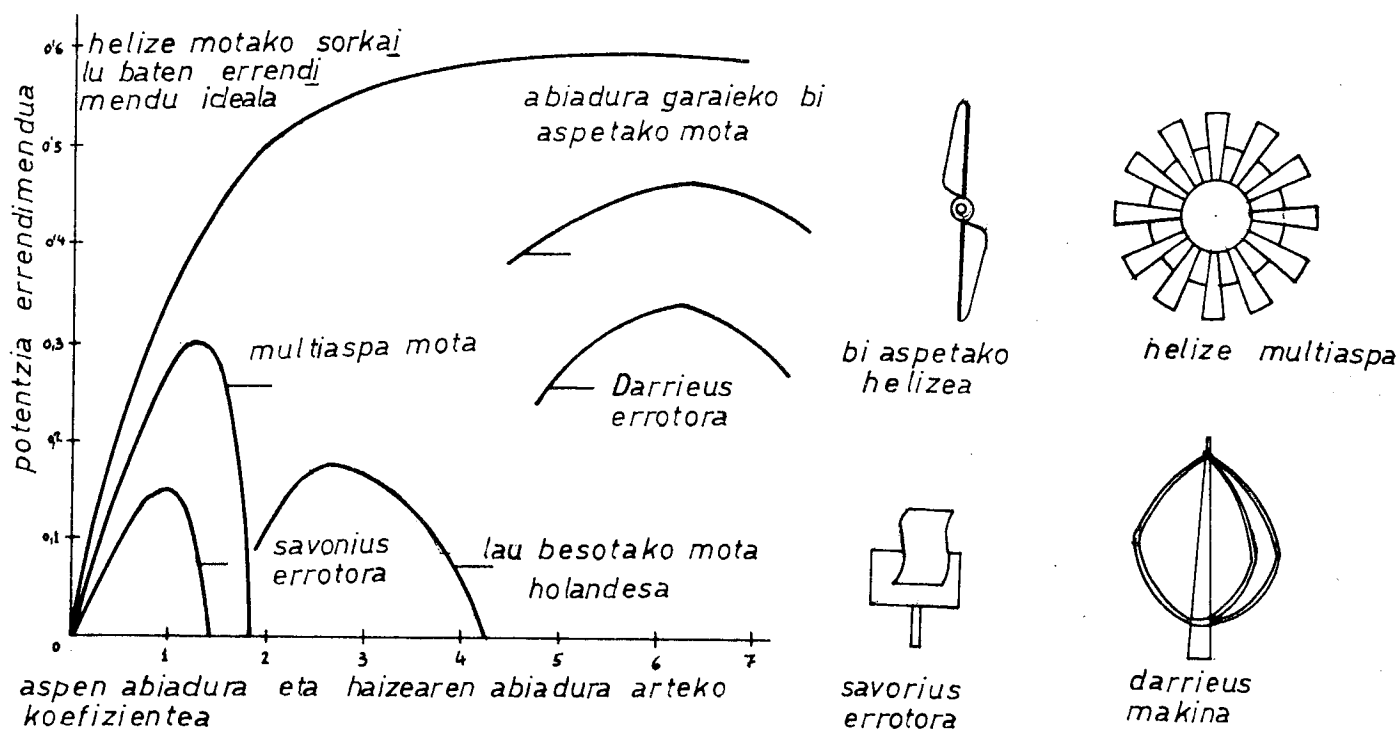
2. Irudia

Kasu nonetan, haizearen bataz besteko energia, 15Kwh/m^2 da eguneko.

Irudiak, haizearen abiaduraren iraupen makurra erakusten du. Energia maila bat aukeratuz gero, zenbat egunetan aurki daitekeen maila hori goragoko edo beheragoko energiako haizea adierazten du. Har deza-

gun 15 Kwh/m^2 exenplu gisa. Makurraz topo egiteko laugarren hilabete-terarte joan behar dugu. Honek zera adierazi nahi du: 3,4 edo 5 hilabetez (3×30 edo 4×30 edo 5×30 egunez gutxi gora behera), haizearen energia maila horrekin parekatzekoa ba dela. Beraz, egun hoietan erabiliz gero, egun hoiek guztietan lortuko litzateke delako energi kopurua.

Haize-sorkailu baten errendimendua, motorraren diseinoaren arauetarakoa da batez ere. Baina zer ikusi haundia du biraketa abiadurak. Aspa mutur baten abiadura eta haizearenak duten erlazioaz baliatzen gara hurrengo irudian



haizez eragindako makina tipikoen funtzionamendua zenbait haizepilu

3. Irudia

4. Irudia

Lehenengo irudiari dogozkion makinak bigarrenean datoz. Ondorio bat atera daiteke garbi eta zera da, bi aspetako helizea dela emaitza onenak ematen dituen sistema. Honela uler daiteke zenbait urte dela egindako sistemak bi edo hiru aspetakoak izatea.

Praktikan, ezinezko bihurtzen da abiadura guztitarako errendimendu beraz funtzionatu duen haize sorkailurik egitea. Batetik, bada haize abiadura minimo bat, non honetatik behera lan eginez gero energia sortzea ez baita posible, igurzketa galerak direla medio. Bestetik berriz haizearen abiadura maximo batetatik gora, bataz besteko abiaduratik gora adibidez, iraunkor mantentzen da lortutako energia, horretarako erroter-aren abiadura orekatuz. Honela, diseinatzailleak aukeratutako abiaduratik gora balitz haizearen abiadura, erroter-aren aspak tolestu egingo lirатеke, haizearekin aurrez aurre egingo luken azalera efektiboa urrituz. Beraz, lortzen den energia frakzioa gutxiagotu egiten da, haizearen abiadura aukeratutakoa baino haundiago egiten den orotan.

Azkenik, eta 30m/seg. inguruan, erroter-a jaso ere egiten da, makinarri gaitzik etor ez dakion. Haizeak eragindako sorkailu baten errendimendu totala, taula honetan ageri da:

	Total erabilgarriaren porzentaia	Maximo bihurgarriaren porzentaia
Energia eoliko totala	100%	
Bihurpen maximo teorikoa	60%	100%
Sistemaren errendimendua (0,60) aukeraturiko abiaduran (erroter-aren errendimendua 0,75, transmisio ekipoa 0,80)	36%	60%
Abiadura espektro totalean integratutako energia (0,08-0,2 errendimendua)	3-7%	5-12%

Haizearen abiadura medioetan lor daiteke bakarrik sistemaren errendimendu optimo bat eta lortutako energiak V^3 -ren arauerako

lege bat jarraitzen du. Lanerako margen optimoa, berezia egokitzen zaio aukeratutako makina bakoitzari. Gure exenpluan 10-12 m/seg. izango litzateke egokiena, eta 14 m/seg litzateke abiadura orekatua, goragoko abiaduretan ere mantenduko litzatekena. Errotor-aren sofistikazioaren arabera, 70% eta 85% bitarteko energia bihur daiteke. Energia honetatik 20% transmisio mekanismoetan galduko litzateke, hau da errotr-aren ardatza eta elektra sorkailua biltzen dituen bidean. Haizearen abiadura guztietan bihurpenerako erabilgarri den energia kopurua, haize abiaduraren iraupenaren arauerakoa da. Exploata daitezkeen abiaduretan, 8 eta 20% artekoa da errendimendua. Hortaz, bada, haizeak eragindako sorkailu batez osatutako sistemak, 3-7%-ko errendimendua hel dezake.

Gure exenpluan, sorkailuak 10 egun inguru egingo luke lan urte oso batez.

Faraman-en, baldintza faboragarri guztien behean, 5500 Kwh/m²-tik 6% bihur daiteke soilik, hau da, 330 Kwh/m²

Bihurpen errendimendua haizearen kalitatea delakoaren mendeko dago: haize egonkoi, iraunkor bat, kasu ideala da, baina ez da praktikan horrelakorik aurkitzen. Abiadura aldakorretako haizea aldiz, edonork ezagutu dezake. Frantzia adibidez, Atlantiko alderako kostaldeak potentzial onagoa du mediterraneo aldekoa baino. Izan ere Mistral irregular eta sendoak, ezin erabilizko mailak sortzen bait ditu energia potentzialaren makurrean.

Haizearen potentziala, altuera eta tokiaren arauera estimatu nahi dugunean, zenbait erizpide orokorrez baliatu daitezke.

Lehenik, tokia garrantzitsua da, haizearen abiadura lurraren inguruan, etxe, zuhaitz eta abarrek izugarri mugatzen bait dute.

Haizearen abiadura haundituz doa gora jotzen dugun eran; ugalpen erlazioa berdina da ia leku guztietan. Beraz, altuera bati dagokion abiadura ezagutuz gero, berehala lor daiteke beste altuera bati dagokiona. Har dezagun exenplutzat Pariseko Eiffel dorrea. Goian, 316 metrotara, haizearen arteko energia 3200 Kwh/m² litzateke, baina 20 metrotara, 210 Kwh/m² izango litzateke herstu herstuan.

Haizearen isuria atmosferan zenbait parametreri loturik agertzen da ere. Hemen esandakoak 20 metrotako altuerari dagozkio:

- a) Energia eolikoari hobeto egokitzen zaizkion lekuak, kostaldean kokatutakoak dira. 1Km barren aldera haizearen abiadura motelagoa da, eta 5 km barrenagoko inguru baldintzak, barren aldeko lautadei dagozkienak dira. Kostaldeko balio medioa 2400 Kwh/m^2 da urteko, 4000 ere iritsi daiteke zenbait mendigain agerietan.
- b) Tokirik hoberenetan bigarrenagoa, mendiena da. Balio medioa 1600 Kwh/m^2 da urteko. Frantzian, Pirinioetako 490 m altuerako leku batetan, 7000 unitate neurtu dira.
- c) Lautadei dagokien energia eolikoaren mailarik beherena. Bertan balioak kostaldean baino 3 edo 4 aldiz txikiagoak dira. Promedio tipia urteko 750 kwh/m^2 da.
- d) Lurralde ekuatorial hezeetan, ez da energia eolikorik, ez hondartza, ez kostalde, ez mendietan ere.
- e) Energia eoliko bihurtzeko kopurua ona da klima lehor edo berotetan, bai eta epel eta hotzetan ere.
- f) Lurralde bero eta haizetsuetan berriz, haizaldi eta zikloien maiztasunak eragotz ere egin dezake energia eolikoaren erabilpena.

Analisis honen bukaera baino lehen, beste zenbait ezaugarri ere har dezagun kontutan:

- energia eoliko sistemak zaratatsuak dira bere funtzionakera: zenbait km-tatik ere entzun daiteke unitate haundi bat.
- pisua baino altuera gehiago dute erlatiboki. Sistema haundietarako 110 kg/kw estimatu izan dira.
- zabalero haundia behar dute: diametroz 1m eta 3m arteko helizeekin, 30 eta 300 watt arteko potentzia lortzen da (balio tipikoak)
- egungo sistemek mantenimendu lana eskatzen dute noski, eta ez dira guztiz fidagarri. Baina, hegazkintzak helege gaian bereziki jasan duen surrerapenak, garbi erakusten du beste gai hurbil honetan ere desarroilorako presupostu egoki batzuk lor dezaketela

fidagarritasun standard batetara iristea.

- eskala txiki batetan, Kw batzu artean, 1975-eko azoka prezioak 1 eta 20 dolare artekoak ziren watt bakoitzeko. Preziorik haundiena sistema oso fidagarri eta bizi luzekoei ematen zaie; Prezio hauk baina, dorre eta instalazio kostuak kanpo dira hartuak.
- Eskala haunditan, Vermont-en (USA) 1944. ean lan egin zuen 1 Mw-tako sistemak, 700 dolare/kw balioko zukeen 1973.eko preziotan. Produktzio haundiagoak, elektrika konbentzionalarenaz alderatzerainoko prezio beherapena ekarriko luke.
- eguzki energia bere era guztietan (eolikoan ere bai) ezkutsatzaille da, berriztagarri eta erregaien garraioa eta kontsumoa baztertu egiten ditu.
- bere irregularitatea dela eta, energia eolikoak metatzeko kapazitatea eskatzen du.

Metatze egokia, haizeak eraginiko sorkailu baten eta elektrika metatze sistema baten konbinaketak dakar (sistema hidroelektriko bat, bateria elektrokimiko bat). Aire konprimatuz haunditu daiteke ere energia eolikoaren potentziala, ur ponpaketak hidroelektrika metatzea errazten duen bezala.

Oharra: Aire konprimatuaren teknikaz arituko gara orain. Gas konprimatu batek P_1 -tik P_2 -rako presio aldaketa jasaten duenean, egindako lan ideala hau da:

$$E = \frac{b}{a} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^a - 1 \right]$$

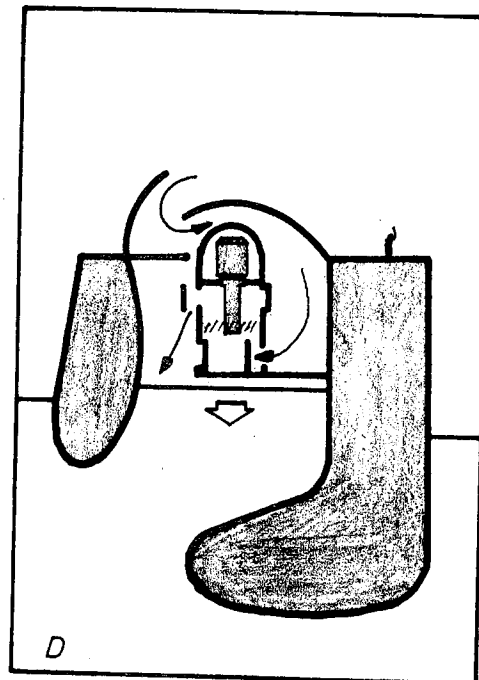
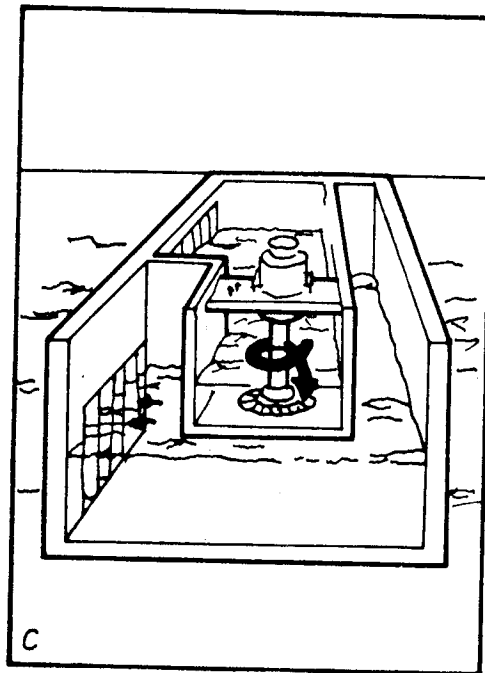
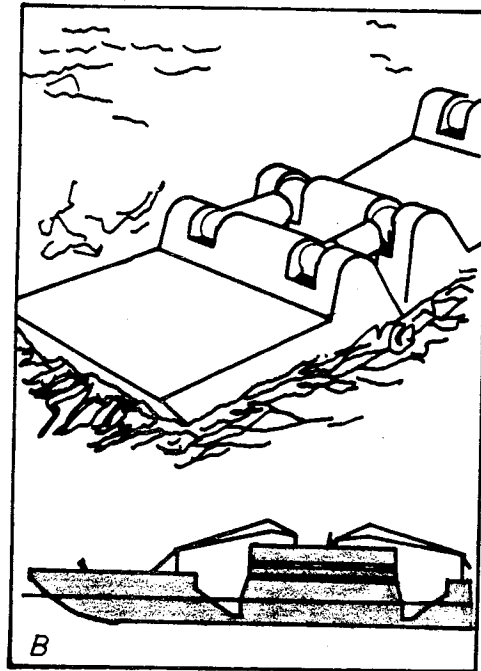
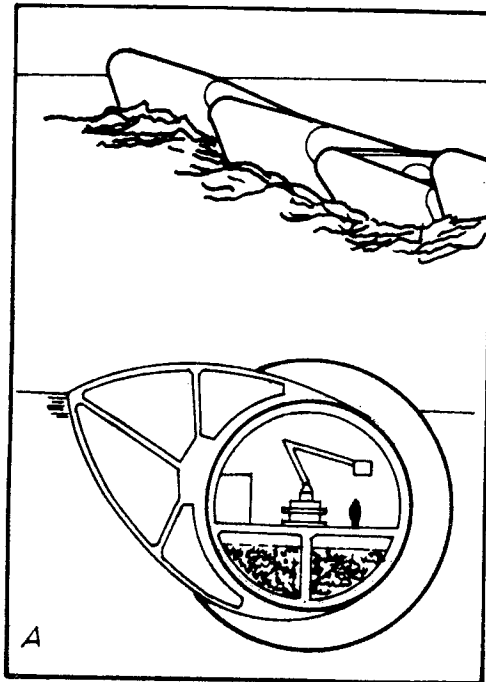
b = gasaren hasierako tenperaturaren arauetako konstante bat

a = gas tipoaren arauetako konstantea

Aire konprimatuzko sistema baten ebaluaketa zenbait egin izan da berriki. Konpresio koefizientea 8:1 izan zen. 20 kwh metatzeko (USAko etxe baten kontsumo medioa) 0,1 dolare prezioa aurkitu da kwh bakoitzeko. Horretarako, 217 m³-tako eta diametroz 7,4 metrotako ontzia behar harko litzateke. Suezian ere 20 Mw kapazitateko eta 25 bar presioko sistema bat izan zen lanean, orain zenbait urte.

Olatuen energia

Olatuen energiaz baliatzeko desarroilatu diren tresna nagusienak, Britainia Haundian gauzatu den programa nazional bati dagozkionak dira: "Salter buiak", "Cockerell baltsak", Hydraulics Research Station-en "Artezgailua" eta "Ur oszilante zutabea". Salter eta Cockerell-en makinak berdinak dira funtsean, irteera primarioa elementu batek bestearekiko duen batez besteko higiduraz lortzen baita. Higidura erlatibo hau energia primario bihurtzea, zenbait prozesu mekaniko, elektriko eta hidraulikoen bidez lortzen da. Sistema bakoitzak irentsi ala indargetu egiten du higidura erlatiboa, eta errendimendu garaienetara jotzeko, indargetura hori olatuen ezaugarrietara loturik behar du, hau da, altuera, maiztasun eta direkzio aldakor eta berezietara. Honela sistemaren parametroen optimizazio problema batetan murgiltzen gara eta uhinaldien aldakortasunaz gain errendimendu egokiak aurkitu behar ditugu.



olatuen energiaz baliatzen diren makina batzu
 a/ salter buiak . b/ cockerell-en baltsak . c/ "hydraulics research
 station" delakoaren artezgailua . d/ ur oszillante zutabea

Irudia

Salter-ek, berak "bua burutsu" derizkion batzurekin, sistema aurreratu bat lortu du jadanik. Itsas egoera, uhinen higidura, berrelikadura kate batetan prozesatzen da. Lehen informazioak, buien posizio berezi bat eskatzen badu, hurrengo unekoak, itsas egoera ezberdinaren ezaugarriak eskuratuko ditu, eta aurreko informazioarekin konparatuz itsasoak jasan duen aldaketaren arauera posizio berri bat eskatuko dio tresneriari, honela indargetura indarraren taxuketa egokia lor dadin. Salter eta Cockerell-en saiakuntzaren ondorioz pentsa daiteke, energiaren lorketarako efikazia ez dela mugatasun problema bat.

Metodo honi ere zuzenki loturik agertzen den arazo larria, uhinen abiadura, maiztasun eta anplitude motelari dagokiona da. Abiadura txikiak, elektroa makinak eta hidraulikoak haundiak izan daitezen eskatzen du. Aipatutako beste puntuak kontutan hartuz, sorkailu elektrikoak eraikitzeke diru inbertsio eta problema latzak sortzen ditu. Energiaren sorketa efikaz batek higidura garaiak eta ahalik eta konstanteenak eskatzen ditu.

Mota honetako arazoak ezin gaindituzkoak direnik ezin da esan. Engranai bidez emenda daitezke abiadurak. Pasu hidrauliko bat era-biltzeak leun dezake irteera primarioaren aldarkortasuna, non eta metatze lanak betetzen baditu.

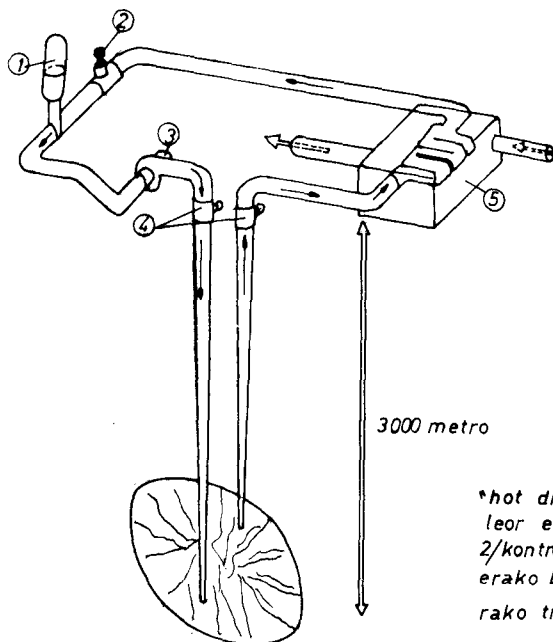
Artezagailuak eta zutabe oszilanteak desarroilo lehen epean daude oraindik ere. Energia bihurtze lanak errazagoak dirudite. Ohizko turbinen erara, abiadura beherako eta oso haundiak direnez ere, uraren presioa elektroa indar bihurtzeko erabil daitezke, nahiz eta ezin diren elektrikaren zabaltze lineetara zuzenean lotu.

Lurraren beroa eta bere posibilitate energetikoak

Lurrari darion beroa oso difusoa da eta watio hamarren bat baino gutxiago balio du metro karratu bakoitzeko. Ezin da beraz bero hau energia iturri berriztagaitzat jo. Halabaina, bero honen isuriak denboraldi luzeetan zehar, berotu egiten du lur azala, tenperatura goratuz. Zenbait tokitan bero hori nabarmenago ageri da eta haitz eta ur 200°C-etako tenperaturara jasotzen ditu. Komertzialki ere

hasiak dira bero honetaz lan egiten. Baldintzarik zuzenenak, lur-azala faila batek zeharkatzen duen lurraldetan betetzen dira, lurrikaretarako joera duten herrietan. European, zena hoietatik hurrun gaude, eta bero isuria eta temperatura gradienteak normalak dira. Halere, ba da zenbait faila berezi barneko urak kanporatzen uzten dituenik edo eta lurraren masak ematen dion beroari esker berotutako ur poltsarik. Arazoa zera da: batetik sakontasun handietaraino murgildu beharra eta ur beroaren kopurua eta temperatura bestetik.

Ur bero depositoak ur iragazkorren artean kokatzen dira, jalkierazko barrunbeetan. Uren tenperaturak, 60°C eta 80°C artekoak, etxeetako bero zerbitzutarako baliagarri bihur daitezke, baina ez dute elektra sorkailutarako baliorik. Parisen, Villeneuve-la Garenne, ba da etxebizitza oso bat honako sistemari jarraituz urtean 3500 Tn fuel aurreratzen dituen.



hot dry rock experimentua (haitz leor eta beroa) 1/expansio depositoa. 2/kontrolako balbula. 3/ponpa. 4/hertsierako balbulak. 5/bero transferentziako tresneria.

Harri eta haitz lehorretatik beroa hartzeko ez da metodo praktikorik. Taratulu batez zulo bat egin behar litzateke harri iragazkaitzean zena beroetara iritsi arte. Zulaketaren basean ura sartuz ur hau ponpa baten bidez barrenera eta gero berriz ere azalera ekarri beharko litzateke. Nuevo Mejico-n, Los Alamos-en, teknika hau egi-aztatzeko saieretan dabil jendea. Bero geotermikoaren etorkizuna horrelako saiakuntzetan oinarrituko litzateke, harri beroak lur azaleratik gertu eta lurbira osoan baitira zabaldurik.

Itsasaldiei buruz

Itsasaldiei dagokien energia lur, ilargi eta eguzki arteko elkar-ekintzen ondorioa da. Ur txikitako kostaldetan, elkarrekintza hauek uren igoera dakarte, marea gora, alegia. Ur hauek, beren igoeran, enbaltsatu egin daitezke, gero turbinaren bati ekin diezaioten. Ba dira horretarako kostalde bereziak. Britainia Handiko Severn-eko estua-ria da esenpluetarik bitxia. Hegoko Gales eta Iparraldeko Corwall-eko kostek, ura estuario gero eta herstuago batetara bultzatzen du-te, uraren presioa goratuz.

Zenbait proiektu aurkeztua da dagoeneko. 1977 egindako proiektu batek, 5.10^6 Tn ikatz aurreratzea erraztuko luke, elektro indarrareki-ko baliokidetasun batez.

Honelako ur masa batek sistema erresonante baten erara jotuko luke. Itsasaldiaren uhina estuarioan barna gora datorrenean, herstatu egiten da eta hormekin errebotatzen. Aurrekalderako eta errebotetzko olatu hau biltzen direnean, marearen energiaren amplifikatze bat ger-tatzen da. Severn-en berindartze eragin hau gertatzen dela jakina da. Haize, uhin eta itsasaldiak, problema bera agertzen dute: itsas bare eta haizerik gabeko egun asko sor daitezkeela aldika, eta energiak kondizio hoietan etenaldiak jasan behar izango lituzkela. Alde hone-tatik, itsasaldi eta uhinek lirateke indarrik segurrenak.

Ur tropikaletako tenperatura diferentziak

Zenbait tropikaldeko kostaldetan, azaleko ur beroaren azpian beste ur hotzagoko geruzak estaltzen dira. Toki batzutan, 1500 metro-tatik azalera bitartean 17°C -etako ezberdintasuna soma daiteke. Ia ia mugarik gabeko masa zabal hauetan askagai dagoen energia izugarria da teorian. 1930.ekoa da lehen saioa eta La Habana-n burutu zen berai Geroztik ere berritu dira ekintza hauk.

Jarraitzen den zikloa hau da: azaleko ur epela hutsean lurruntzen da. Lurrun hau, beheko urek hoztutako kondentsatore batek zupatzen du. Kondentsatorerako bidean bereziki diseinatutako elektro sorkailu baten turbina zeharkatzen du lurrunak. Indar eragilea azaleko 28°C -ko eta kondentsatoreko 8°C -ko lurrun presio diferentziak sortzen du.

Herri egokietan, itsas energia termikoaren garrantzia hidroelektrikaren parekoa izan daiteke, errendimendu mailan. Toki berezien eskezia da halere oztoporik haundiena.

Siberia inguruetan ere atzeman diote bestelako posibilitateren bati. Siberiako kostaldetan, neguan, 35°C edo 40°C diferentzia omen dago airea eta izotz geruza azpiko ur artean. Oraindik espekulazio mailan hitzegin behar da gai honetaz.

Eguzkitiko energiaz

Ikuspuntu tekniko huts batetatik, eguzkitiko energiak nahikoa du bere burua biharko eguneko munduko eskaera energetiko guztiak asetzeko. 1972. ean munduko energia kontsumoa 56×10^{12} kwh izan zen: hau da, basamortu batetako 22000 km^2 azalera batetan urte oso batez jasotako eguzki energia. Hortaz, lurrak absorbatzen duen eguzki irradiazioa munduko energia kontsumoa baino 20000 bider haundiagoa da. Lurrak, alegia, 18^{16} kwh absorbatzen du urtero.

Azpimarra dezagun halere, aurreko konparaketa ez dela guztiz zuzena. Kontsumoak, berogailu, elektro eragile, garraio ... etabar hartzen ditu barne. Absortzioa aldiz, totala da, landu gabekoa, eta energia kopurua erabiltzeko tresneriaren, bihurtgailuen errendimendua eta sistema metatzaileen errendimendua ere hartu behar dira kontutan

Bihurgailu prometa garrien errendimendu teoriko eta praktikoa ezagunak ditugu eta zaila dateke erabat alda daitezen hurrengo urtean. Honela, eta 50% prezisio inguruan ipini daitezke 20 eta 30% eguzki-beroaren bihurpen errendimenduak. Eguzki elektrika aldiz, beste bihurpen mota baten ondorio da eta bertan, 10% eman daiteke errendimendu hurbiltzat. Energia hau gero metatua izango denez, 20% galerak kalkulatu behar dira metatze eta berbihurpen lanetarako.

Bihurpen errendimendua, metatze galerak eta leku ezproduktiboak kontutan hartzen direnean, munduko energia behar guztiak asetzeko hartuko litzatekeen azalera 220.000 km^2 izango litzateke. Hau da, irradiazio ezbihurtu baliokideak hartuko lukeen azalera baino 10 bider haundiagoa.

Esan dezagun bide batez Europar deserturik ez denez gero, eta bertako eguzki energia ahulagoa denez (1100 kWh/m^2) bere energia beharrak betetzeko (munduko $1/6$) 85000 km^2 beharko litzatekeela. Irlandako osoa, alegia. Ingalaterrak eta Alemaniak adibidez, beren lurretatik 10% beharko litzateke hortaratu (10% errendimenduz). Honelako zabaleak aurki daitezke baina nekazaritzarako egokitutako lurak ezabatzeko arrisku biziak. Halere, Eguzki kolektorez estalitako teilatu, ola, bide, trenbide, fabrika etabarrek segurtatuko lukete kopuru horren lorpena.

Energiaren garraioak distantzia luzetara egiten denean potentzia galera haundiak dakartza eta transmisio lineen mantenu eta eraikuntzak gastu izugarriak leharzke. Eguzki energia leku guztietan baita go eta bidezko kopuruetan egon ere, nahiago da banaketa arazoetan sartu gabe, bihurgailuak erabiltzearen inguruan ipintzea.

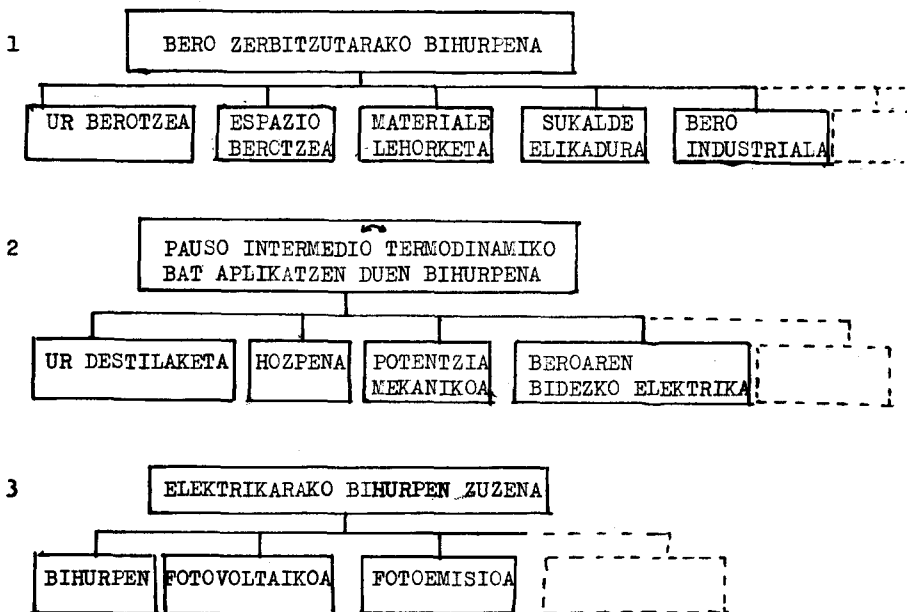
Eskala txikiko bihurpen sistemak teillatuetan edo eta etxe inguruetan egokituko lirateke beraz. Beste zenbait sistema zentralizatuak gizarte oso batetarako emango luke indarra.

Eguzki energia zentralak, industriaren beharretara zuzenduko lirateke.

Energia estazio zenbait izango litzateke hiri eta erabiltzaile industrial haundien beharrei loturik.

Eguzki energia bihurtzeko sistemen sailkapena

Ikerketa lanak orduz ordu doazenez aurrera eta elementu berrien sorkeraren berri izatea askotan gauza larria denez gero, honako sailkapen baten mugak bixtan dira. Jo dezagun baina zilegitzat honela ekitea.



1.-Eguzki irradiapena bero bihurtzeko sistemen oinharri fisikoa

Prozesu nagusia "berotegi" eraginean oinharritzen dena da. Berotegietan, klima hotzetan ere, lor daiteke landareen haztea. Horretarako, eguzki argiaren erabilpen hobeago bat da eskatzen dena.

1. Irudian safra belztu batek eguzkiaren argia absorbatzen du, Xafla gainean beira arruntez egindako beste xafla bat dago ezarritik. Xafla beltzak, tenperatura igotzen denean, bero termiko ugaltzen du argi infragorri eran emititzen du. Absorbatzaile

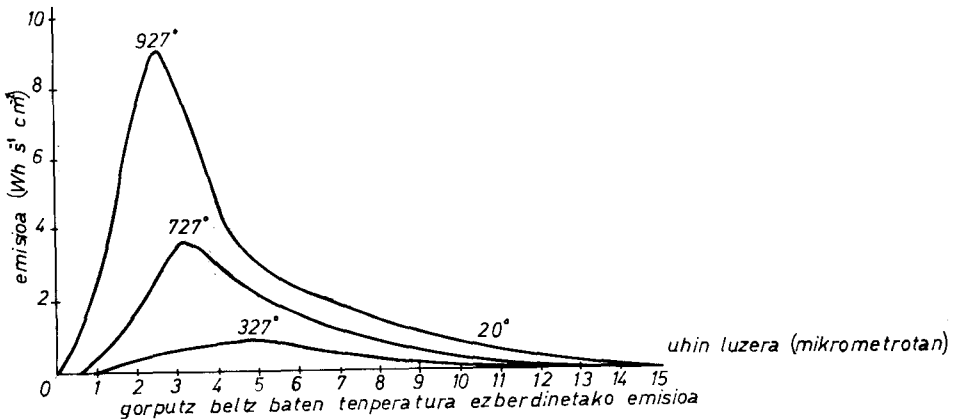
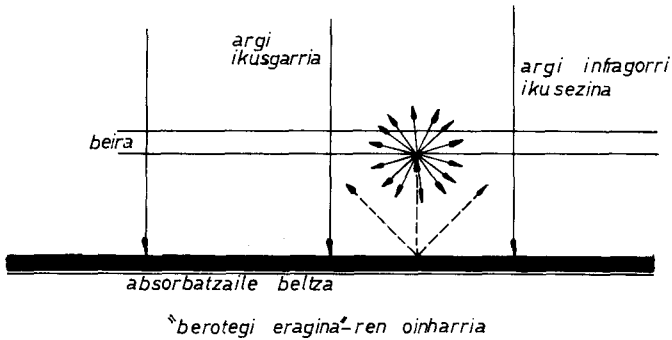
beltzak, "gorputz beltz" direlakoan propietateak ditu: absorptzio haundia eta uhin luzeera edo zeinetarako emisio koefizienterik garaiena. Tenperaturarekin jasaten dituen emisio ugaltzenak, T legearen arauetakoak dira. Berremititutako argia energia haundiagokoa da eta zenbat eta garaiago den gorputz beltzaren temperatura are eta laburragoa da uhin luzeera. Wen-en legeak adierazten du hori:

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{konst.} = 2898$$

T = gorputz beltzaren aurpegiaren temperatura absolutoa

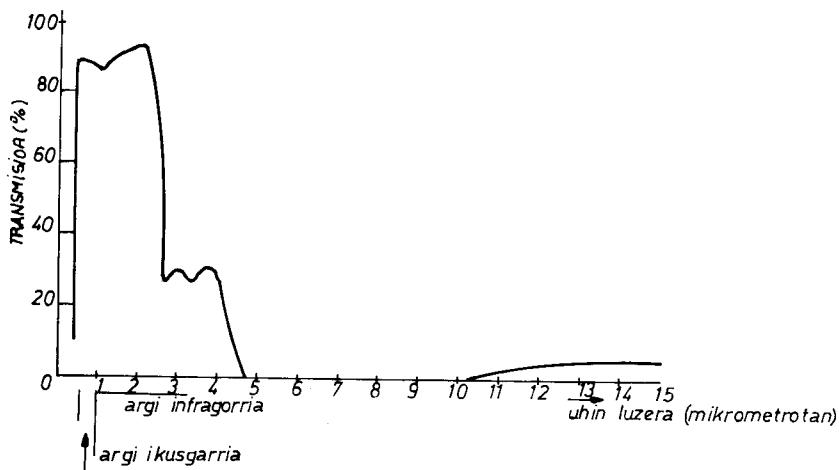
$\lambda_{\max}$ = argi emisioa maximora iristen deneko uhin luzeera

2. irudian dugu zenbait esenplu



Eguzkiak, 5700°C azaleko tenperatura duen gorputz beltz batek emitituko lukeen irradiapena emititzen du. Honi, 0,5 μm -tako emisio maximoa dagokio. Gorputz beltz batek bizigiroko tenperaturan emititzen duen irradiazioak 10 μm -tan du bere maximoa, argi ikusezina-ren eta infragorriaren artean alegia.

Beira arruntezko xafra batek, beste xafra beltz baten gainean dagoenean berotegi batetan, 3. irudian adierazten den absortzio espektrala du (plastikoen absortzioa antzerakoa da)



beira arrunt baten uhin luzeraren arauetako transmisioa

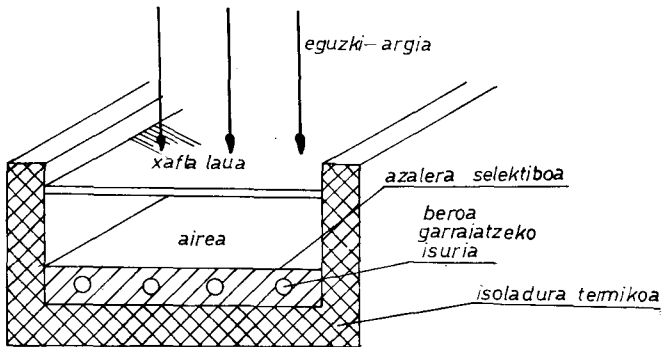
Honela, beirak argi ikusgarria igarotzen uzten duen arren, xafla beltzak emititutako infragorririk ez du uzten alde egiten. Beirak irentsitateko argi infragorria direkzio guztietan hedatzen da berriz ere: erdia kanpora doa eta han galtzen, beste erdia berriz xafla beltzaren aldera berremititzen eta honek, absorbatuz gero, ziklo berri bati hasiera ematen dio. Temperatura honela haundituz doa eta oreka azkenik baldintza batekin osatzen da: argi ikusgarriaren absorziozko energia irabaziak eta beirazko xaflaren emisio bidez ihes egiten duen infragorrizko energiak berdinak behar dute izan.

Temperatura goratuz, emisio infragorriaren uhin luzeena laburtuz doa. 200°C -tan $6\mu\text{m}$ bada, 500°C -tan $4\mu\text{m}$ da eta hemendik aurrera beira guztiz garden zaie uhin laburragoei. Beraz, berotegi eragin efektiboa izan dadin 500°C -tatik behera behar da lan egin. Oreak ez da sekula temperatura hau lortuko. Xafla beltzaren eroalkortasun termikoa eta airearen konbektzioak beroak ihes egin dezan bideak dira eta oreka temperatura beheratu egiten dute.

Ba da beste berotegi eragina erabil dezakeen metodorik. Azalera selektiboak erabiltzen ditu beste sistema honek. Azalera hauek absorzio koefiziente handia dute espektro ikusgarrian eta inguruko infragorrian. Baina gorputz beltzaren emisioa baino laburragoa da azal hauena eta ez da $2\mu\text{m}$ -tatik gora pasatzen. Honelako azalera selektibo bat berotegi baten antzera berotuko da eguzkiarekin. Eguzkiaren argia absorbatu egiten du eta emisibitate txikiak ($\xi = 0,02$ lortu da praktikan infragorrirako) energia termikoa gorde egiten du.

Estaldura selektiboak materiale ezberdinez egiten dira: nikel galvanizatua, benilio eta beste zenbait metale... kobrea, kobalto oxido, nikel oxido eta beste oxido batzuren gainean etabar. Ba dirudi tungsteno dentritikoz, zilar gaineko silizioz, nikel beltzez... ere egin daitezkeela estaldura selektibo hauk. Materialok frogan dira oraindik orain.

4. Irudian xafila laueko kolektore baten funtzionamendua erakusten da. Azalera selektiboa erabiltzen du eta beraria da elementu nagusia. Azpiko tutuak xafilan integraturik daude eta likido bat dabil tutuetatik zehar erabiltzaleari beroa kanporatuz. Oinharritzko materialek bero eroalkortasun ahulekoa da. Beirarik gabeko diseinua batek erraztu egiten du beroaren ihesia eta akats hori zuzentzearen erabili egiten da beti: batetik, irradia termikoaren erdia isladatzen duela eta bestetik airearen konbektzioetik urruntzen duela xafila beroa. Xafila eta beira arteko airea ezabatuz gero, konbektzio galerak minimoratu egiten dira eta tenperatura gehiago igoko da. 150°C baino gehiago har ditzake horrelako tresna batek, ez bada bertatik berorik eraztuten. Plastikozko xafilak arrisku horren behean daude beti eta bero zirkulapena geldituz gero, kolektorea bera erre daiteke.



eguzki-bero kolektore baten diagrama

Are gehiago, beirazko xaflaren azpikaldea geruza selektibo batez estal daiteke (SnO₂ erabiliz gero, industrian eskuratzea oso erraza da).

Esan beharra dago halere, azalera selektiboak baino merkeago direnez, nahiago dela orohar beltzez margotutako absorbatzaileak erabiltzea.

Beroa garraiatzeko bi posibilitate dira: a) eroaleak absorbatzailean integraturik ager daiteke eta ura da barrutik higitzen dena. b) airea da eroale, (absorbatzaile eta beira arteko airea alegia)

η_k xafla laueko kolektore baten errendimendua edo eta edozein eguzki kolektore termikorena, η_o errendimendu optikoaren eta bilketa termikoaren errendimendu arteko biderkadura da.

η_o , errendimendu optikoa, argiaren intzidentzi angeluaren arauerakoa da.

η_t , bilketa termikoaren errendimendua, sistemaren temperaturaren eta argi intentsitatearen funtzio da. Xafla laueko kolektore arruntaren errendimendu optikoa, 80-75% inguru da: kontutuan harturik dago argia elkarzute deneko beira arruntaren 85% transmisio koefizientea (5% galerak dituzten beirak eskuragarri dira, baina oso garesti eta hauskor izan ere), eta absorbatzaile beltzaren 5-etik 10%-ra bitarteko isolagarritasuna (reflectareia). ($85\% \times 90\% = 76\%$)

Xafla laueko kolektore baten bilketa termikoaren errendimendua, fluidoak kolektore sarrera eta irteera artean erdiesten duen temperatura medioaren funtzio da. Errendimendua igo egiten da temperatura haundituz doan eran. Horretarako, fluidoak erantzeko abiadurak oso txikia behar du izan, eta lortzen dugun fluidoak hain gutxi izanik kontrako ondorioarekin egiten dugu topo. Zero errendimenduko temperatura garairik ez zaigu interesatzen, ez eta temperatura beheerako errendimendu haundirik. Erdibidean, 100°C baino gutxiagoko temperatura jotzen da.

Kolektore beltz ximpleen prezioa, 60 eta 100 \$ artekoa da: kolektoreek, ura berotzea bezalako sailetan egin dezakete lan bakarrik (prezio aldetik begiratuz gero). Azalera selektiboetako kolektoreek

berriz gorago joko lukete eta ba dirudi oraingoz, ez dela gauza horrelako konplexitate teknikitara abiatuko. Petrolioaren krisialdiek halere, edozein baldintza alda dezakete eta elementuz elementu egindako tresneria baita, erraz litzateke beste bide oraingoz mugatu horietan sartzea.

Aplikazioen zerrenda luzea izan daiteke baina aipa ditzagun besterik ez bada: aire egokitua, ur destilateta, eskala txikitako bihurpen termodinamikoa, sukaldeak, lehorketa, uraren berotzea, piszina berotzea etabar.

Beltzez margotutako kolektore hauk bada, 100°C arte erabil daitezke. Hortik gora, azalera selektiboak erabili behar dira, edo eta kolektoreak zuzenduz, orientatuz, eguzkiaren argia kontzentratu. Aplikazio hauk "bihurpen termodinamiko" delakoa eskatzen dute

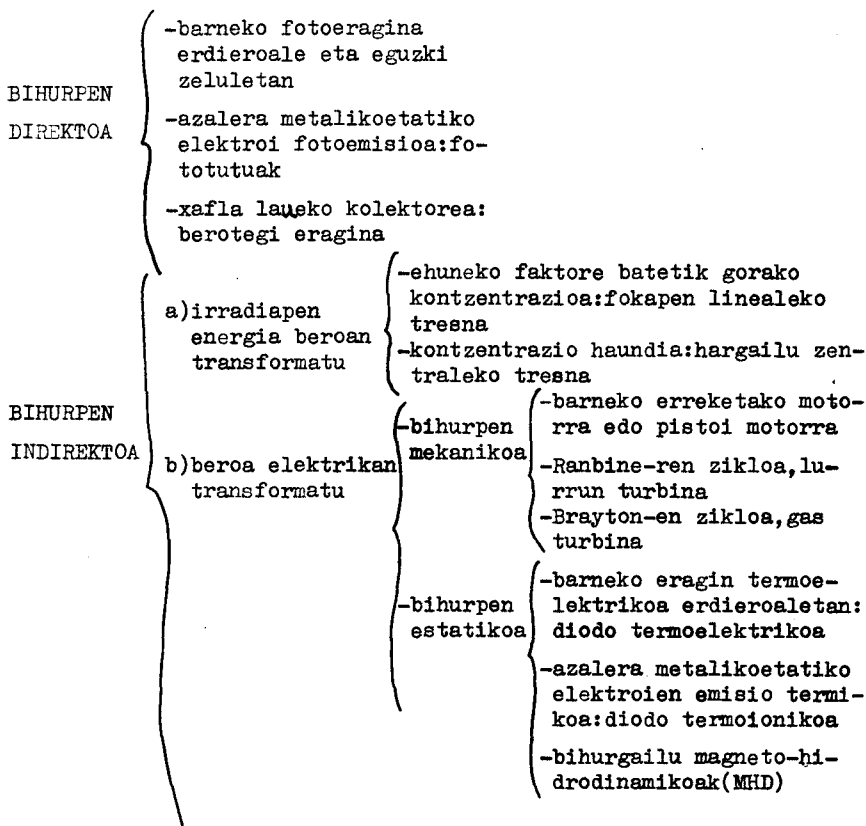
2.-Eguzkitiko elektrikak

Eguzki irradiapena elektra energia erabilgarri bihurtzen da bi oinharritzko teknologia bereiz daiteke: a) bihurpen direktoa, irradiapen energia zuzenean solido baten elektroiara pasatzen duena, b) irradiapenaren berorako bihurpenaz gero, prozesu elektrodinamiko baten bidez elektrikak lortzen duena (baldintza idealetan, Carnot-en prozesu bat).

Interesgarria da jakitea bihurpen zuzeneko sistemak ingurunearen tenperaturan funtzionatzeko dutela eta klima hotzetarako ere egoki izan daitezkeela.

Prozesu indirektoak aldiz, ingurunearen tenperaturaz oso goiti funtzionatzeko dute eta klima bero eta eguzkitsuetarako balio dute bakarrik.

Bihurpen prozesuen sailkapen bat hauxe izan daiteke:



Eguzkitiko energiaren bihurpen direktoa eguzki-zelulen bidez lortzen da . hobekien.Untzi espezialetan izandako arrakastaz gero,ba dira orain errendimendu garaietakoak ere.

Zelula fotogalvanikoak zelula fotovoltaiko konbentzionalen eredu berdinez funtzionatzen dute.Elektra energia lortuaz ere, uraren fotolisiarako egokitu ahal izateak interes berri bat eman diete.Bere errendimendu eta desarroilo egoera ez dira halere,eguzki zelulenen hainakoak.Ikerketa bide atseginik opa dezakete.Fo- totutuetan elektroiak katodoak bidaltzen ditu argiturik dagoene- an.Baliagarri izan daitezke baina akatsak haundiagoak aurkitu

zaizkie orain arte.

Eguzkitiko energiaren bihurpen indirektoa beroaren bidez gauzatzeko, eguzki-bero kolektoreen eta bihurpen termodinamiko prozesuen konbinaketaz abia daiteke. Egungo desaroilo egoerak, errendimendu garai, egokitasun eta kostu beharrek, bihurpen mekanikoa aukeratzera garamatza metodo guztien artean. Sorkailu termoelektriko eta aparatu termoionikoak ez dira hain erakargarri, tenperaturara batetarako errendimendu eskasa eta prezioa kontutan hartuz gero. MHD delakoak, 1000°C -tatik goragoko tenperaturak dakartza baina gutxi desaroilaturik dago.

Egun sorkailu termoelektrikoekin jaso den esperientziak, ez du energia hornidura autonomo baten itxaropenik ematen. Ez telekomunikazio estaziotarako fuel erreketazkoekin egindakoak ez eta ilar-gi estaziotarako potentzia nuklearrezkoekin egindakoak ere. PbTe bezalako termobikote tipikoek, 6% inguruko errendimenduz egiten dute lan 500°C -tara, eta hori ondo gutxi da tenperatura berdinean lurrun turbina bateran lortutako 40% errendimenduz alderatuz gero. Termopare arruntetan emandako potentzia unitateko kostuak eguzki-zelulenak baina handiagoak dira eta kostu hauen beherapenik ez da gertu espero. Esan daiteke, lehen zenbait saio egin bazen ere, orain bazterturik dagoela eguzki-beroaren bide honetiko bihurpena.

Bihurgailu termoionikoetan ere egoera berdintsua da. Errekai nuklearrez elikaturiko energia iturri espazialeetan bultzakada haundia jaso zuten. Baina 15%-etik 19%-ra bitarteko errendimenduak erdiesteko, 1700°C behar izaten dira eta diodo termoionikoen hazkundeak jasandako arazo tekniko larriez gero, probabilitate gutxi ematen zaie.

Esandakoak esan, bi prozesu-adar ikus daiteke ongi marrazturik: eguzki-zelulana, eta motorren bidezko bihurpen mekanikoa.

2.1 Bihurpen termodinamikoa

Zenbait bide ba da eta aurreko taulan aipatu dira: pistoi motorra, Rankine-ren zikloa, edo gas turbina. Prozesu hauen abantailik garbiena, bihurpen motorrak egungo industriak

eskala haunditan produzitzean datza. Guztiz askatu gabeko arazoa, eguzki irradiapena beroan tenperatura egokian bihurtzea da. Baita bero horren motorrerainoko garraioa ere.

Ba dira dagoeneko 10MW potentziako unitateak 1980. urterako proiektaturik.

Beroarekin zerikusirik duten bihurpen prozesu guztietan bezala, Carnot-en errendimendua da eguzkitiko beroa elektrikara bihurtzeko errendimenduaren muga ipintzen duena:

$$\frac{T_{\text{bero}} - T_{\text{hotz}}}{T_{\text{bero}}}$$

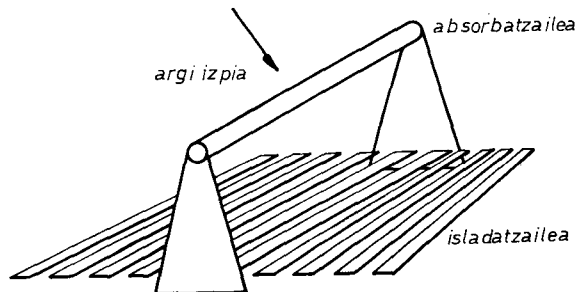
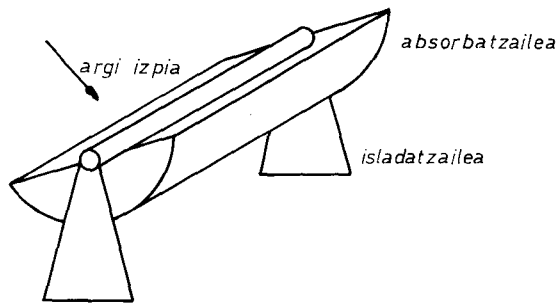
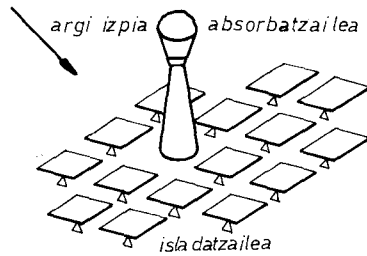
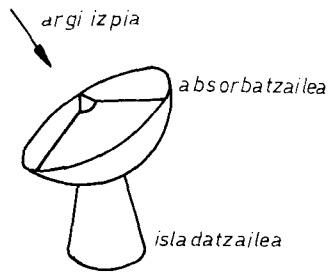
errendimendua beraz atal beroaren tenperaturaz batetara igotzen da. Zehazki esan, atal bero eta hotzen arteko tenperatura diferentzia da errendimendua gobernatzen duena, baina, praktikan, atal hotzaren tenperaturaz ezer gutxi egin dezakegu, hozkailuaren materialaren arauetara baita tenperatura hori. Eta materialek, ura izan ohi da. Hemendik dator zentral termodinamikoko baten ur horniduraren beharra. Iur lehorretarako oztopo gaitza izan daiteke hori. Beraz, tenperatura garaietako kolektoretara jo behar da errendimendu egokirik lortu nahi bada (betiere, muga teknologikoa barruan). Meteorologia eta kostuak lirateke kontutan hartzeko beste faktoreak.

Eguzki kolektore motak

Xafla laueko kolektoreen muga tenperatura behetan aurkitzen da. Horregatik, eguzki irradiapena kontzentratzeko teknikaz jabetu behar dugu. Fokapenezko kolektoreen familiak bi dira funtsean:

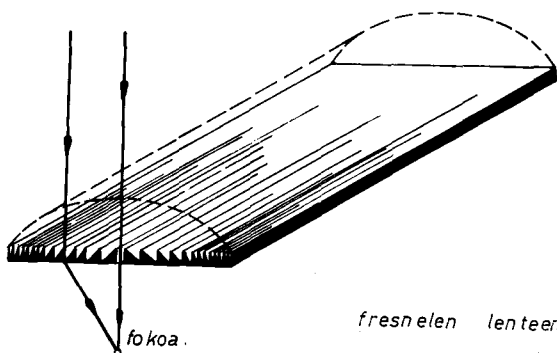
- hargailu zentralako kolektorea; paraboloidetako ispilu bat du; dorreko potentzia-zentralak aurpegi askotako ispiluak ditu (heliostatoak). Ispiluok lauak ala konkabotasun apur batez fokodunak izan daitezke.

- fokapen linealeko kolektorea, azpil parabolikoren aliterak, edo aurpegi askotako ispilu zerrendak erabiltzen dituenak.



kolektore jokatu tako teknologiak

Kolektore diseino guztiek isladatzaileak darabiltzate. Hauen ordez lenteak, Fresnel-en lenteak, erabili daitezke. Oraingoz, prezio haunditan saltzen dira eta errentabilitate gutxikoak dira. 6. irudian, Fresnel-en lente baten irudia ikus daiteke. Lente hauk, lauak eta arinak dira, presio termikoekiko eragozpen haundikoak, eta plastiko garden baten prentsaketaz errazki fabrikatzeko egokiak.



fresnelen lenteen eskema

Zuzenki bakoitzaren arkua lente guztiari dagokiona da (puntuak marraztutakoa). Fresnel-en lentea laua bada, lento oso batek bezala fokora dezake argia.

Irradiapenaren bidez lor daitekeen tenperatura maximoa, azalera emisioaren tenperaturak ematen du.(eguzkiaren kasuan 5700°C da).Pirinioetako Font Romeuko eguzki-labeak , 1MW potentzia maximoaz eta metro karratu batetara fokoraturik 3500°C eta 4000°C erdiesten ditu.Bihurpen termodinamikoak behar dituenak baino handiagoak dira tenperatura hauk.Font Romeuko eguzki-labeak beste helburu batzu ditu noski:materiale errefraktarioren urtzea besteak beste.Eguzki-bero kolektoreez bildutako lurrun zentralak,nahikoa lukete 530°C -tako tenperatura konbentzionalaz.

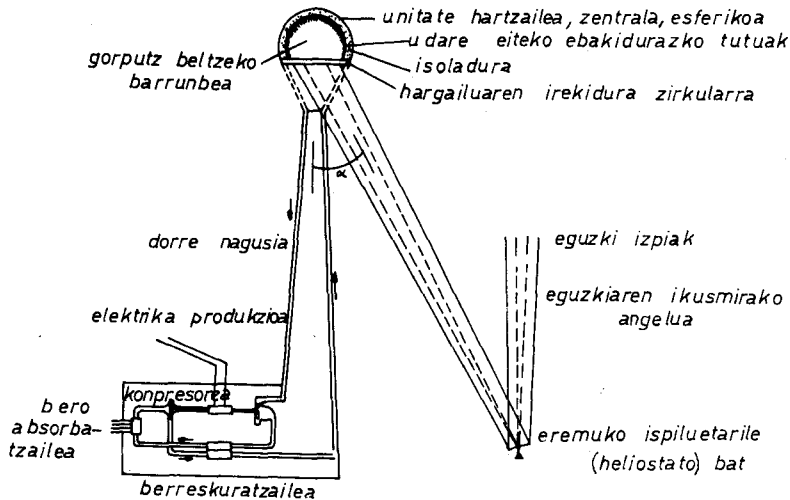
Kontzentrapenezko kolektoreak erabiltzen dituzten sistema guztiek bi akats nagusi dute.Lehenengoz, eguzki irradiapenaren konposakari difusoa galdu egiten da erabat.Klima epeletan,irradiapen difusoa 40% edo gehiago da;baina tokirik lehorrenetan ere 20% da gutxienez galtzen den irradiapen energia.Bigarrenez,kontzentrazioak dakartza sistemaren zailtasunik gogorrenak.Isladatzaileak garbi gorde behar dira, beren kalitate optikoa eta isladagarritasuna gal ez ditzaten.Gainera, orientazioa beharrezko izango den lekuetan,direkziorako mekanismo automatikoez hornitu behar dira eta azalera isladatzaileak higitzeko kontrol eta sensore ekipoez.Fiabilitate eroso bat nahi bada teknika oso desarrollatuak erabili behar dira horretarako.Azkenik,haizaldiak ere arazo iturri izan daitezke.Egitura solidoak eskatzen ditu isladatzaile eta tresneria arteko loturak.Denbora batetan behintzat, Pirinioetako eguzki-labeako ispiluak guztiz desorientaturik galditzen ziren ekaitz batez gero eta egun erdia behar izaten zen bere hartara egokitzeko.

Eguzki energiaren zentral hartzailea

Kontzentrazio haundikoa hartuko dugu exenplu gisa eta bihurpen mekanikoa aplikatuz,kostu eta errendimendu ondorio batzutara isitsiko gara.

Ispilu lau sail bat, isladatutako izpi inidente guztiak puntu batetara bil daitezen orientatzen badugu, lortu dugun kontzentrazio faktorea ispilu zenbakiaren arauera da.

7. irudian ideia hau erabiltzen duen elektra energia zentral baten eskema azter daiteke. Ispiluak lur gainean daude kokaturik, eta isladatzen dituzten izpiak, dorrearen goikaldean egokitutako absorbatzaile edo hargailu batek irensten ditu. Eguneko ordu guztiek balio dute dorreak argia har dezan. Hargailu barruan, tutu beltzek jasotzen dute argia eta barrendik darian fluido berotzen. Gero, fluido beroa elektrika ematen duen alternatore bati lotutako turbina batetara zuzentzen da. Edozein bihurpen termodinamiko prozesutan bezala hozkailu bat behar da. Bero metatze etenak segurtatu behar dira ere, ispilu eremuak jasan dezakeen odel iluntasunaren eragina zuzentzeko.



gas turbina bati eta ispilu lauak eremu bati lotutako dorre-zenral baten eskema

Sistema beste lau subsistematan sail daiteke:1)ispilu orientatuen eremua,2) dorrea gainean hargailu zentrala dualarik,3) bero metatze sistema,4) bero bihurpenerako subsistema.

Sistema honen punturik erakargarriena,bere zati guztien teknologia ezaguna izatean datza.Bere bihurpenerako sistema,turbina batez eta alternatore batez osatutakoa,guztiz konbentzionala izan daiteke eta ez duke beste desarroilo lanik eskatzen.Argi absorbatzailearen egokitasuna bere barnera txikiak emana da.Energia bihurpen zikloan sartzeko erosoa da eta azpil parabolikoeek eskatzen duten garraio tutu eta egiturarik ez da behar:energia guztia erdiko burura bide optikoetatik doa.

Beroa elektro energia bihurtzen duten teknika konbentzionalaz osatutako subsistemak bitara bil daitezke:bihurpen termodinamikorako ezagunak diren Ranbina-ren zikloa eta Brayton-ena.

Ranbina-ren zikloak lurruna erabiltzen du.Lurruna,kondentsaturik eta berziklatuak pasatzen da turbina batetatik zehar.Turbinak,berau lotutako sorkailu bat eragiten du.Gehienetan ur lurruna erabiltzen da edo eta lurrun saturatua 300°C,eta presio haunditan,edo bestela ere saturazio puntutik gora berotua izan den lurrun gisa.Fuelen erreketaz da biltzen zentral moderno gehienek lurrun superberotua erabiltzen dute.(540°C eta zentral osoarentzako 40% errendimenduz)

Brayton-en zikloa edo gas turbina deritzanak, gas bat konprimatu,berotu eta gero hedatu egiten du sorkailu bati lotuta dagoen turbina batetatik zehar.Gasok, bersortzaile edo errekuuperatzaile batetan dagoen gas konprimatua berotzeko bali dezakete (ikus 7.irudia).Airea, helioa,argona etabar erabil daitezke.Oraingoz 30% da 600°C-tarako errendimendu arrunta.

Bihurpen termodinamikoak eragiten duen bero askaketa, ardura bereziren gako da eguzkitiko energiaren sortzean. 10MW-tako zentral batek 30000m³ ur beharko lituzke orduko, hozketa lan bat burutzeko moduan. Erraza da eguzki argiaren kontzentratzaileak erabiltzen dituzten zentralak toki lehor eta eremuetan kokatzea; baina, uraren hurbiltasunak edo ezak baldintza gogorrak ipini ditzake.

Sistemari darion isuriaren beroketa, argi-absorbatzailearen barruan gauzatzen da. Absorbatzaile honek absorbtzio koefizienterik onena argi ikusgarriaren eta infragorriaren ondoan izan behar du. "Honoraulm" delakoak ala hutsarte batek, 98% absorbtzioa ere hel dezake. Absorbatzaile esferiko hau dorre gainean jartzen da eta esfera azpiko atetik argia sartzen utz dezan eran.

Eguzkitiko energiak baliatzen diren sistema guztietan bezala, arreta bereziz aztertu behar da energia metatzearen arazoa. Beharrezko da metatze tekniko bat izatea, eguzki argiaren etenaldi batek erabar dezaken jauskerarik ez dadin gerta. Honela zentralak beti gordeko du bere funtzionamendurako tenperatura. Epe laburreko metatze termiko bat izateko bideak hauk izan daitezke: adreiluak, oxido zeramikoak (MgO), gatz urtuak (NaNO_3 250°C-tan urtua; HITEC 540°C bitartean egonkoi den gatz urtuzko nahasketa bat), sufrea (113°C eta 444°C artean likidoa) sodioa (98°C eta 880°C artean likidoa) etabar. Zenbait materiale organiko ere egokia da 300°C arteraino. 1975. ean metatzeko sistemen ikerketak gatz eutektikoen aldera eta lurren presio eskaseko materiale organiko sintetikoen ingurura jo zuen (Giloterm delakoa adibidez). Metatzeko materiale on baten hautaketa parametro hauek baldintzatzen dute: energia dentsitateak, eroalkortasun termikoak, karruskadura ezaugarriak kostu eta erabilpenerako egokitasunak, eta fluidoaren funtzionamendurako tenperaturak.

USAn, 930 dolarre kw-ko izan da estimatu den kostua, dorreko energia bilketa erabiltzen duen sistema batetan (1975 dolarak)

Kostu hau honela deskonposa daiteke:

	<u>dolare/KW</u>
Turbina plantaren ekipoa	73
Elektra ekipoeak	20
Hozketarako dorreek	23
Lur eta egiturek	43
Energia metatzek(6 ordu)	100
Helioestatoek	486

	<u>dolare/m²</u>
azalera isladakorreak	12,6
egiturazko euskarriak	7,7
motor eta muntaiak	15,6
kontrol sentsoerek	2,3
oinak	7,4
eremu-kontrolatzaileak	9,6
ensanblaketek,garraioak	1,3
instalakuntzek	4,4

Danera	<u>61,3</u>
--------	-------------

Dorreek	6
Hargailuek	17
Tutuek	9
Aldakinek	86

Danera	<u>930</u>
--------	------------

Kostu hauek guztiak, oso produkzio maila garaietakoak dira eta oraindik beharbada datu hauek behetik daude harturik. Egun 1 eta 10 MW arteko zentralak daude eraikitzeaz USA-n, Japoni-en Frantzia, Italian etabar (1980. rako gehienak)

Dorreko zentralaz at,ba da ere besterik.

Paraboloideak,sailean eta paraleloan ipinirik nahi hani-
nako zentralak eraiki daitezke.Paraboloide eiteko xafla
hauek errendimendurik garaiena dute((σ eragina ezabatzen
bait dute).

Beroa tutu eguzkiztatuen bidez jasotzen da eta bihurgailu
termodinamiko batetara eramaten.Prozesua han tenperatura
garaiei dagokiena izango da,tenperatura hauk errazki lortzen
bait dira paraboliodeetan eta errendimendu haundiz).Lur es-
talkierarako $1/3$ emanaz, itzalak eragindako galerak 25% ,
 530°C -tarako errendimendua 18% izan ohi da.Zentralaren lur
azalera guztizkoa kontutan hartuz gero, errendimendua 6% da.

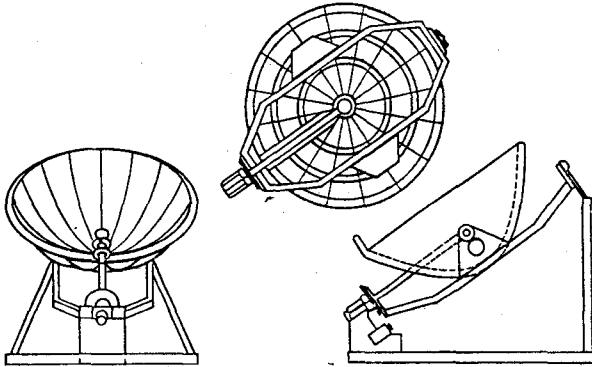
Errendimendu hauk alde batetara utziz,akatsak hartu be-
har dira kontutan.

-Fokapen linealeko diseinuetan bezala, beroa distantzia
haundietatik hartu beharko da.Xafla bakoitzaren loturek
malgu behar dute izan.

-Bi ardatzetako orientazioa behar da

-Paraboloideak eskatzen dituen egitura makur konposatuak
beste kolektoreak baino garestiago dira.Halere, Paraboloideak eman dezakeen errendimendu aberatsak.2 faktore
batetako sistema garestiagorik ere permiti dezake(xafla
lauekoez konparatuz)

-Paraboloideak satsudurarako sentsibilitaterik haundiena
du eta garbiketa arazoak dakartza.



PARABOLOIDE EITEKO XAFLAZKO KONZENTRATZAILER

Bihurgailu termodinamikosi lotutako eguzki-kolektoreen konparaketa

Taulak dakartzan zifretan, lur azalerei dagozkien errendimenduen berdintasuna bixtan da. Beste ezaugarri guztiak kontutan hartuz gero, xafila laueko kolektorea besteak baino hobeagoa dela ikusten da (nahiz eta errendimendua ahulagoa izan) tutu arloan ez beste. Paraboloideak berriz errendimenduan ez beste, desegokiak dira.

Ez da oraindik posible beste energia sistemekin konparaketarik egitea. Kostu aldetik batez ere, zeren prezio behera-
penak produkzio haundien araueraoak baitira. Halere, dorreko energia sistemek izango lukete egun preferentziarik haundiena

Eguzki-kolektore mota	azalera kolektatzailearekiko errendimendua(%)	Lurraren okupazioa(%)	Lur azalera-rekiko errendimendua(%)	kolektorearen kostua (dolare/m ²)	bero bilketarako tutaak(xafla laueko kolektorearene kiko	Satsudurarako sentsibilitatea	Lainotzerako sentsibilitatea
Xafla lau beltzeko kolektorea	1 - 2,5	90	0,9 - 2,3	50 - 100	1	behea	medioa
Artezi parabolikoa	6 - 10	30	2 - 3,5	100 - 250	0,5	garaia	oso garaia
Anitz aurpegitako ispiluak kolektorê lineala	6 - 10	30	2 - 3,5	100 - 250	0,5	medioa	oso garaia
Dorreko energia zentrala	6 - 10	30	2 - 3,5	70 - 200	0	medioa	oso garaia
Paraboloidetako xafla multzoa	12 - 18	30	4 - 6	200 - 500	0,2	oso garaia	oso garaia

2.2 Bihurpen fotovoltaikoa

Eguzki-argiaren elektroenergia bideratzeko bihurpen direktoa eguzki baterien bidez egiten da. Eta baterioak eragin fotovoltaiakoaren menpeko eguzki zelulek osatzen dituzte. Bihurpen prozesu honek ez du beroaren dependentziarik: guztiz bestera eguzki zelulen errendimendua beheratuz doa temperatura goratuz doan heinean. Honen eraginpeko garbi bat Hego-Poloan ipinitako zelulek eman dute: klima epel bati lagokiokeen energia kopurua baino gehiago eman dute.

Izan ere, argiaren fotoiek elektroiak iragaten bait dute zuzenki beren energia, erdibideko pauso termikorik gabe. Horregatik egoki izan daitezke lurralde epeletarako ere. Zeru lainutsuetan bihurpen termodinamikorako erabilgaitako kontzentragailuek ez dute errendimendurik eskaintzen, zelulek berriz eguzki distiratsuenaren hainakoa bai.

Erdieroale guztietan baliagarri gaitzake eragin fotovoltaikoaz. Isolatzaileak ez dira egoki eta metalak berriz ez diote argiari erantzun berezirik ematen, beti bait daude elektroiek aseturik.

Eragin fotovoltaikoa

Ba dira 100 urte Becquerel-ek 1839. ean soluzio elektrolitiko batetan tentsio berezi bat somatu zuenetik. Berau, elektrotariki bat argitzen zenean gertatzen zen.

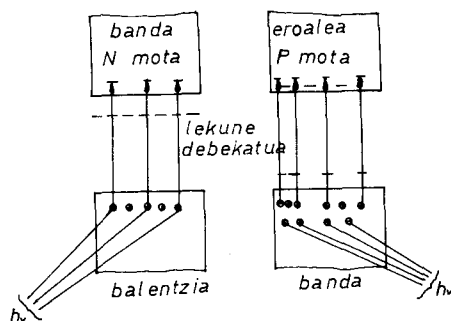
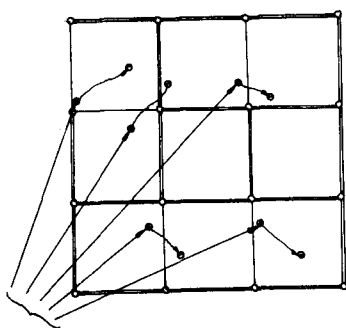
Adams eta Day izan ziren lehenengoz gauza solido batetan ikusi zutenak (1876). Baina 1954 urtea etorriko zen lehenengoz iturri energetikoei zuzendutako ikerkuntza saioak argitaratu artean.

Eragin fotovoltaikoa teknikoagotsu definituz gero, irradiapen argitsuak erdieroale baten barrena potentziala ingurua ionizatuz gero sortzen duen potentziala da. Energia primarioa beraz irradiapen ionizatzaileak dakarrena da. i-e-e- (indar elektroi eragile) a sortzen du eta kanpoko karga bati energia ematea ditu ezaugarritzat.

1. irudian ikus daitezke eraginaren funtsa. Argia lotura P-N erdieroale batetara doa. Ezkerreko irudiak argi fotoiek eraginda-

koeramaleak marrazten ditu. Zirkuloek erdieroale baten sare kristalinoaren atomoak ordezkatzeko dituzte eta linea bikoi-
tzek bi elektroien lotura baliokidea (silizioaren kasuan be-
zala). Lotura hauk hausteko baino energia gehiagoko gotoiek (1,1
eV silizioarentzat) elektroien hutaarte bikoteak sortuko dituzte.

Eskubiko irudiak berriz banda energetikoen eredua agertzen
du. N eta P bi motetako ereduak daude.



eragin fotovoltaikoa P-N lotura erdieroale batetan

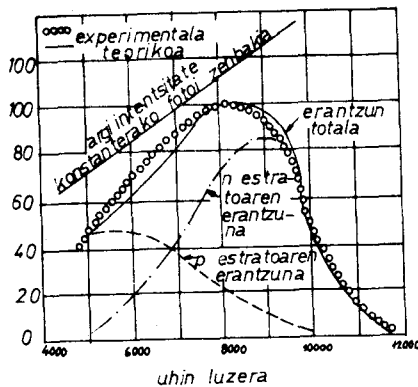
Kasu batetan, V zutabeko elementu batek elektroiak sobe-
ramaten ditu, eta bestean berriz II zutabeko beste elementu ba-
tek ez ditu nahikoak ematen, beraz hutsarteak sorteraizten ditu.
Fermiren maila (irudian f batez marraztutakoa) N materialean
lekune debekatuaren goiko aldetik gertu dago. Elektroien asko ditu
n beraz, banda eroalean eta hutsarte gutxi, p, balentziako banda.
P materialean egoera guztiz aurkakoa da.

Temperatura ezagun batetan, pn biderkadura konstantea da ($p n \sim 10^{12}$ silizioarentzat bizigiroko tenperaturan) N motako silizio
oso eroalerentzat, $n = 10^{17} / \text{cm}^3$ izan daiteke, eta p berriz $10^9 / \text{cm}^3$

Ondorioz, eramale maioritario eta eramale minoritarioen kontzenpuak desarroilatzen dira (emandako kasuan, elektroiak eta hutsarteak). Eguzki-argiak erdieroale hau eratzen duenean, banda arteko energia baino energia haundiagoa duten fotoiek, bi eratako eramaleak sortzen dituzte eta kopuru berdinetan Azkenian gerta daitekeena, minoritarioen dentsitatea magnitude grado askotan altsatzea da, maioritarioena berriz berdintsu egonik. Eramale fotoinduzitu hoik oreka termikoaren zenbakia gairatzen dute, eta era erratikoa hedatzen dira erdieroaletik zehar. Gero, mikrosegundu hamarrenetan, berkonbinatu egiten dira.

P eta N erdieroaleak biltzen baditugu, P-N lotura bat osatzen da. Termodinamikaren eskakizunak betez, eramaleen energia media (Fermiren maila) berdina da bi materialetan, eta barrera potentzial bat agertzen da. Orduan barrera potentzial "difusio luzera" baten barruan dauden gehiegizko eramaleak, barren berak hartu egingo ditu eta bere energia urritzeko saio batetan, barreran zehar isuritzera izango dira behartuak. Isuri hau elektra korronte bat da, eta konektapen egokiak eginez gero, tresna honek irradiapena elektrika bihurtuko du.

Sortutako korrontea absorbatutako fotoi kopuruaren arauera-koa da. Tentsioa berriz barrenean "altuera"ri dagokio. Altuera hau, P eta N sailen dopado proportzioak ematen du. Hau beti, absorzio koefizientearekin konjugatu behar da. Altuera erdieroalearen jauzi energetikoaren zabaleroa baino txikiagoa da. 10. irudiak uhin luzeraren arauera-ko zelula barruko eramaleen aldaketa dakar



uhin luzerarenuara erako eramateen aldaketa

Zelula fotovoltaiako baten ezaugarriak ulertzeko 11.irudia erabil daiteke. Zirkuito baliokide sinpleztatua korrante konstanteko sorkailu bat da, loturako inpedentzia ezlineal bat eta karga bat. Erresistentzia eta kapazitate paraleroa, eta erresistentzia seriea utzi egiten dira. Argiak I korrante bat eragiten du kargan zehar. Korrante honen intentsitatea, sortu-tako Is zirkuitu laburreko korrantearen eta Ij loturako korrante ez linealaren arteko kendura da.

Ij, loturako korrantea, honakoa da:

$$I_j = I_0 (e^{\lambda V} - 1) \quad (1)$$

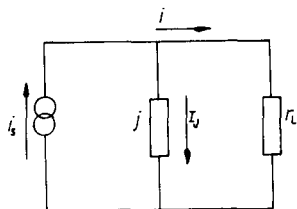
Io, ilunpetako korrantea, edo iraulitako saturazioko korrantea da. V, loturari emandako tentsioa eta $\lambda = \frac{e}{kT}$, K, Boltzmann-en konstantea, eta T tenperatura absolutoa.

$$I_j + I = I_s \text{ denez gero,} \quad (2)$$

$$I = I_s - I_0 (e^{\lambda V} - 1) \quad (3)$$

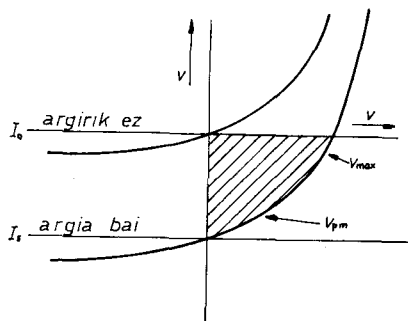
Tentsioa maximoa, I = 0 denean lortzen da, beraz

$$V_{\max} = \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{I_s}{I_0} + 1 \right) \quad (4)$$



eguzki zelula baten zirkuito
baliokide sinpleztatua

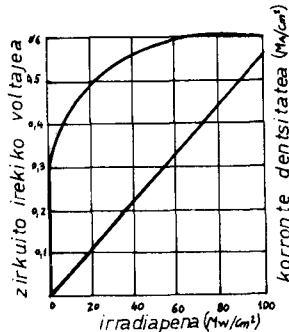
12. irudiak, eguzki-zelula tipiko baten korrante-tentsio ezaugarriak dakarzkigu. Ilunpetako korrantearen makurra (1) ekuazioak ematen du. Beheko makurrak, zelula eguzki argitan jarritz geroko erantzuna erakusten du eta (3)-tik dator. Esan beharra dago ere, I_s askotan lotura ilundeo iraulitako korrantea baino haundiagoa izan daitekeela. Laugarren karranteko makur zatia potentzia sorketari dagokiona da. Emandako potentzia maximoa, P_{max} , zona honetan ezarri daitekeen laukirik haundienak ordezkatzan du. Beraz, zenbat eta korrante-tentsio makurra "laburrago" izan, haundiagoa izango da errendimendua



eguzki zelula baten korrante-tentsio
ezaugarria

Irteera maximo baldintzapean, sorkailu fotovoltaiko batek, ia 90% sortutako potentzia eman diezaioke kargari. Ohizko bateria batek berriz, 50% besterik ez liezaioke eman. Hau, Lehovec-ek esana zuen 1948. erako.

13. irudiak argi isuriaren arauetarako korrante eta tentsio aldaketa dakar. Korrantea argi isuriaren arau zuzeneko da: tentsioa, aldiz, isuriaren logaritmoaren arauetarako da. 4. ekua zioa lotutakoa. Tentsio ezaugarriak, saturazio baloreak agertzen ditu isuri dentsitate haunditarako. Oso egokia da hau metatzeko bateriak kargatzeko.



siliziozko zelula baten argi isuriaren korrante-tentsio aldaketa

Tentsioak argi mailaz erlazio gutxi duenez, kargaldiak jarraitu egiten du argiaren gora-beherak eta guzti.

Eguzki zelula baten errendimendua bi faktore arteko zatidura da. Zatikizuna, I-V makurreko potentzia maximoko puntuari ken dakiokkeen elektro energia da. Zatikizuna, argia.

Bihurpen errendimendu maximoa honakoa da:

$$\eta_{\max} = K \left(\frac{\lambda V}{1 + \lambda V_{\text{pm}}} \right) \frac{n_f(E_g) V_{\text{pm}}}{N_f E_{\text{bb}}}$$

non K . isladatze eta transmisio koefizienteen eta bilketa efikaziaren arauerakoa.

V_{pm} = potentzia maximoari dagokion tentsioa

$n_f(E_g)$ = elektroiti-hutsarte bikoteak sortzen dituzten fotoiak
Eg jauzi energetikoko erdieroalean

$N_f E_{\text{bb}}$ = sarrerako potentzia, N_f = sartzen diren fotoien kopurua

E_{bb} = batez besteko energia, elektroi-voltatan

λV_{pm} gehienetan unitatea baino haundiagoa da eta $K \approx 1$,
beraz

$$\eta_{\max} \approx \frac{n_f(E_g) V_{\text{pm}}}{N_f \cdot E_{\text{pr}}}$$

Ekuazio honetan errendimendu maximo teoriko bat bila daiteke. Silizioaren kasuan, $n_f = \frac{2}{3} N_f$ da eta $V_{\text{pm}} = \frac{1}{3} E_{\text{bb}}$, beraz 22% izango da errendimendu maximoa.

Argi monokromatikoa erabiliz gero, eta bere energia jauzi energetikoarenaren berdinekoa izanez, errendimendua 75%-tik gorakoa izango da, orduan $n_f = N_f$ eta $V_{\text{pm}} \approx 0,75 E_{\text{bb}}$ baitira.

Eguzkitiko argiak espektroa zabalero haundian hedatzen du eta lehen erandako errendimendua da gehienez jo daitekeena. Egungo siliziozko zelulek 10 eta 15 % lortzen dute. 1971.etik gora saialdi luzeak izan dira errendimendu honen goraldia bilatuz 17 eta 19% lortuak dira, beraz, 22%-etik oso inguruan.

Silizioaz gero, erakurpen hau diena izan duen materialeak CdS, Cadmio Sulfuroa izan da. Pentsatzen da CdS eguzki zelula kostu beheak lortzeko berezia dela eta beraz eskala haundiko bihurpenenerako (energia zentraletarako) egokia. Lehenengoz, oso

meheak izanik materiale kontsumo txikia eskatzen dute: CdS zelula bat geruza fineko zelula baten esanplu tipikoa da. Bigarrenenez, materiale polikristalinoz daude eginak eta silizio monokristalinoaz konparatuz merkeago lor daitezke. Laborategietan aurkitutako errendimendu maximoak 8 eta 8,5% artean kokatzen dira baina orain arte erabilitako zelula arruntak 5% besterik ez dute.

Zelula honen hazkundeak oztopo haundirik ere izan du: bere bizi denboraren estabilitate eskasa. Berriki, 90°C artean estable diren zelulak aurkitu dira eta posibilitate berriz hornitu da CdS saila. CdS zelulak ez dira oraindik egoki argi oso kontzentratuaz lan egiteko, tenperatura haunditarako. Hirugarren eta baikor izan behar berarekin, GaAs, galio arseniurozko zelula mota. Geruza mehe polikristalino eiteaz, GaAs, a errendimendu gutxikoa da, baina silizioaren erara, monokristalinoki erabiltzen denean, bihurpen errendimendu onak lor daitezke. 13% eta beste zenbaitek 19% amaten dute errendimendutzat. Bere propietate fisikoak direla eta, GaAs eguzki zelulentzako materiale optimoen artean dago. Argi ikusgarriarekiko duen absortzio koefiziente garaia, argi guztia azalerako 1 m batetako geruza fin batetan biltzen du. Halere, unitateko materiale kontsumoa CdS zelulentzat baino haundiagoa da, GaAs monokristalino sustrato bat behar baitu. Arsenikoa bestalde elementu bakar eta garestia da eta galioa bera merkexeagoa izanik, garbitasun ahundiz gehiago balio du.

GaAs zelulak beraz kostu behertarako moldatzea ez dirudi posible. Baina ba da itxaropen franko, argi kontzentratzaileei lotutako sistematan. Bertan, tenperaturak 100°C-tatik gorakoak dira eta silizio konbentzionalekoak baino onagoak agertzen dira.

Ba da beste egitura eta zelula erdieroale konposaturik: AlSb, InP-CdS, CdTe, CdSe, SnO₂, Si, Hauetan, CdTe kenduz gero beste batetan ez da aurrerabiderik ikusten.

Sorkailu fotovoltaiakoak

Lurreko aplikazioetan erabilitako zelulak, 5cm diametroko obleak dira eta 0,5 eta 0,5mm arteko lodierakoak, joera baina diametro haundiagoetarakoa da. 5cm diametroko eta beraz 20cm² azalerako zelula batek, eguzki gorritan eta bizigiroko tenperaturako 15% errendimenduz, 0,3 watt eman ditzake, 0,5 volt baino gutxiagotan. 10 cm (80cm²) duen beste zelula batek, 1,2watt askatzen du baldintzapen berdinetan.

Potentzia gehiago edo eta tentsio gehiago lortzeko serie eta paralelo koneksioen konbinaketak sortu behar dira. Zelula kopuru berezi batez erraz da edozein potentzia edozein voltajetara ematea. Ohar berezirik merezi du ere zelula guztien elektroa ezaugarrien berdintasunak. Zelulen desparekatzeak "panel" txarraren osatzea dakar, zeren fotokorronte eta fototentsio gehiagoko zelulek elektroa ezaugarri ahulagoko zeluletan hedatzen bait dute gehiegizko potentzia (aipa dezagun besterik gabe, "puntu bero" en arazoa)

Erarik arruntenean, eguzkitiko sorkailu bat ez da panel bakar batez egiten. Modulo standard batzu osatzen dira eta hauek biltuz 1,5v; 6v; 12v; 24v; 48v; edozein balio har daiteke.

Garbitzetak, haizeztatzeak, karraskadurak etabar prob[ema larriagorik ematen dute ere.

Aplikazio askotan, bateria bat kargatu behar izaten da, eguzki ahuleko epaiek gainditzeko. Panel zuzenean konektatu daiteke, positiboak positiboekin bilduz, negatiboak negatiboekin. Potentzia maximoko puntuan, fotovoltajeak bateria berkargatzerako beharrezko den tentsioa bezalakoa izan behar du.

Energia fotovoltaiakoa darabilten zentralen diseino eta ezaugarriak

Zer energia errendimendu totala espero behar da halako zentral batetatik?. Fentsa dezagun 100watt dituen sorkailu txiki bat, hegoaldera begira panel bat duela eta latitudearen angeluari dagokion heinean zeharturik ipintzen dugula. Sistema honen

errendimendua kalkulatzeko honako parametroak hartu behar ditugu kontuan. 7cm-tako eguzki zelula zirkularrek lauki bati 80% hartuko dute. Zelula bakoitzaren errendimendua 15% bada, 12% izango da ($80\% \times 15\%$) elektra energia bihurtuko den kopurua. Urte osoko median 5% galerak badira eta eguzki argiz $\cos \theta$ eragina 20% bada, azkenik 9% izango da ($12\% \times 95\% \times 80\%$) urte osoko median eskuragarri den eguzkitiko energiari buruz panel horrek bihurtzen duena. Zifra hau haunditsoagoa da klima epeletan, $\cos \theta$ eragina oso ahula baita denbora lainutuan.

Luze doakigu 15% errendimenduko zelula standard-ak lortzeko eta 6 eta 10% bitartekoak izango dira erabilienak. Panelen errendimendu totala 4 et 7% artekoa izan daiteke. Maila honen oso behea dirudi baina beste prozedura termodinamikoekin konparatuz gero ez dirudi burugabekeria handirik. Ikus hurrengo taula

ENERGIA FOTOVOLTAIKO PLANTA	4 - 7%	.balio gutxiko zelulak .6-10% errendimendukoak .8% toki okupatzea .20% galerak
EGUZKI ENERGIA JASOTZEKO PLANTA	6 -10%	.klima eguzkiztatuetarako soilik .ispilu azaleretan oinarritutako zenba- kiak .30% okupatzea .2-3,5% toki guztirako errendimendua
AZPIIL PARABOLIKOTAKO PLANTA	6 -10%	.idem .idem .idem .idem
HAIZEAREN BIHURFENA	3 - 7%	.eskualde berezietarako
HIDROELEKTRIKAKOA	50-70%	.galerak ur jasotze inkompletoari dagozkie
PETROLIO ERREKETAKOAK	11%	.29% da petrolio lurretik erauzi eta tra- tatzeko errendimendua .38%, plantaren bihurpen errendimendua
IKATZ ERREKETAKOA	20%	.Ikatza erauzi eta tratatzeko errendimen- dua 50% dela suposatzen da .38%, plantaren bihurpen errendimendua
NUKLEARRA	19%	.uranioaren erauzketarakoa, 95% .bihurpen, aberaste, fabrikapen eta prozesu- rakoa, 57% .Plantaren bihurpen errendimendua, 32%
BARNEKO ERREKETAKO MOTORRA	5%	.petrolioaren erauzteko eta gasolina trata- tzeko errendimendua, 26% .motor on batena, 20%

Bibliografia:

1. Solar Electricity /An Economic Approach to Solar Energy.
Wolfgang Palz. 1978
Unesco-ren babesean argitaratutakoa. Blumek berriki itzuli-
takoa.
2. Uso directo dela energia solar. Farrington Daniels.
3. Energia Solar. Mundo Electronico-ren ale berezia
4. Zenbait aldizkaritako artikulua eta datuak

IANA ETA ENERGIA

F. Azpiroz

LANA ETA ENERGIA

SARRERA

KONBUSTIOA

TERMODINAMIKAREN PRINTZPIOAK

MOTOREAREN EBOLUZIOA: enbolodunak eta
turbinadunak

KONBUSTIOKO MOTOREEN ALDIEN ANALISIA

SARRERA GISA

Lana lortzeko energi iturri garrantzizkoenak naturalak dira: ika-tza, petrolioa eta gasa, eta berauek oxigenoarekin erreakzionatuz energia liberatzen dute. Beste zenbait sustantziak estatu ezberdinetan erre-akzionatuz ere energia liberatzen dute. Atomoaren fisioak egin duen aurrerakadaz egun uranioa ere energi iturri da. Liberatzen den energi kimiko edo atomikoa zuzenki lan bihur daiteke bi metodo orokorren bi-dez: kanpoko konbustio prozesua duten motoreekin edo barne konbustio prozesoa duten motoreekin.

Bi metodo hauetan konbustioan liberatzen den energi kimikoa, kon-buztioko produktoengan gehienetan barne energia bezala agertzen da, eta goiko tenperatura dutelako ezagutzen dira. Kanpoko konbustio prozesoa duten motoreetan, beroa erreakzio kimikoko produktoetatik bitarte ter-modinamiko batetara H_2O moduko batera igarotzen da, eta honek, gero pis-toi higikor batean indar egiten du, edo turbinaren alabe higikorrengan eta lana lortzen da.

Barne konbustio prozesoa duten motoreetan erreakzioko produktoak dira bitarteko termodinamikokoak, motoreen piztoietan edo turbinen ala-beetan indar eginaz lana egiten dutenak.

KONBUSTIOA

Sustantzi bat oxigenoarekin batzeari, oxidatzea deritza, eta sustan-tzi horretan berau gehitu egiten da. Eta era berean gutxitzeari berriz erreduzioa deritza. Batze hau geldia denean eta erreakzioan jartzen den beroa albora zabaltzen denean, beste gabe, oxidatzea deritza.

Bestalde, batze hau bizkor gertatzen denean eta tenperatura ere biz kor gehitzen bada, fenomeno honi konbustioa deritza.

Baldin gorputz baten herdoitzea edo oxidatzean beroa disipatzen den baino bizkorrago sartzen ba da, tenperatura gehitzen abiatzen da eta gero baino gero bizkorragotan joango da bere herdoitzea, eta azkenik bapatean suhartzen du. Fenomeno honi bapateko konbustioa deritza.

Hau gertatzeko bi kondizio gertatu behar dute aldiberean; bate-

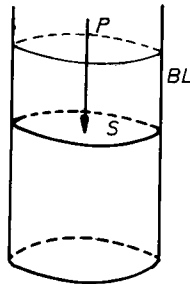
tik sustantzia bera erraz herdoitzea eta gero bero eroak txarra izan beharra.

ERREAKZIOETAN GERTATZEN DIREN ENERGI ALDAKETAK

Mezkletatik eta erreakzioak bereizten dituen ezaugarria energi aldaketa da. Konposatuek osatzerakoan gutxi gorabehera energi aldaketa gertatzen da. Mezkla edo nahaspenetan berriz ez da energi aldaketarik gertatzen. Aldaketa hau kimikako erreakzio guztietan ere gertatzen da.

Energia definitzeko aski da lan bihur daitekeen edozer dela esatea edo ta beronengandik sortu daitekeena. Erreakzio kimikoetan gehienetan agertzen den energi mota beroa da, nahiz eta batzuetan energia elektrikoarekin eta argi energiarekin batera eman. Nahiz eta energi mota berezi hauek beti ez agertu, kontuan behar dugu espansioko lan mekanikoa barnera aldatzearekin dijoala, izan ere gehienetan erreakzioko produktuen barnera erreakzioan sartzen diren sustantziengandik ezberdina gertatzen baita.

Espansioko lana errez kalkula daiteke. Har dezagun enboloakiko zilindro batetan materia sistema bat.



S sekziiodun enbolo bat duela, batera pisu eta marruxkadurik gabe. Kanpotik, barrutik duen hainbesteko P presioa ari zaio. Beraz admosfera-rena izan ohi da. Materi sistema puzten bada enboloa Δl distantzia des-plazatu da, eta egindako lan mekanikoa $P \cdot S$ indarra Δl desplazamen-duanekin bidertuz ateratzen da. Nola $S \cdot \Delta l$ gehitzen den ΔV bolume-na den, beraz $W = P \Delta V$ lana da. Baldin sistemaren presioa gutxitzen bada (edozein gas tenperatura berdinaekin puztutzean) enboloak desplazatze-rakoan menperatu beharreko indarra ere gutxitzen joango da. Horregatik l infinitesimalerako desplazamenduan bakarria izango da presio berdi-na. Beraz, diferentzial moduko lana $dW = PdV$ izango da, eta guztira des-plazamendu mugatu batentzat berriz PdV integratuz $W = \int PdV$. Lan me-kanikoa era berean, eta edozein energi mota eman daiteke bikote bat bi-derkatuz.

Prozesu kimiko batetan agertzen den bero energiari buruz berriz erreakzioeri exotermikoak deritzea bera botatzen dutenean, eta endo-termikoak baldin bera bereganatzen badute.

TERMODINAMIKAKO LEHEN PRINTZIBIOA. ENERGIAREN KONSERBAKUNTZA. BARNE ENERGINA

Esperimentu arruntak dionez, energia ez daiteke ez sortu eta ez de-segin ere; transformatu bakarrik. Edozein prozesotan energi kopuru bat era batera agertu bada, kopuru berdina beste era batean izkutatatu dela-ko da. Hemendik, bero bihurtzen den energi kopuruaren eta sortzen den bero energiaren arteko aldaezineko erlazioa. Beraz, ez daiteke etengabe eta ezer eman gabe energia sortuko duen makinarik izan.

Energiaren konserbazioko lege hau orokortzeak termodinamikako lehen hastapena dakar berarekin. Beraren ondorio batek zera dakar, edozein materi sistemak egoera jakin batean, hau da, presio eta tenperatura jakinakin, energia jakina dauka, eta barne energia deritza.

Beroa, edo beste edozein lan era hartu edo botatzeakin barne ener-gia aldatu egiten da, eta sistema egoera berri batera aldatzen da, kimi-koki transformatu delako edo bere presio eta tenperatura aldatu direla-ko. Barne energi aldaketa ΔU bada, botatako presioa Q , eta egindako lana

W

$$W + Q = -\Delta U$$

Botatako beroa Egindako lana = Barne energiaren gutxitzea transformazio gehienetan gertatzen denez, egindako lana expansiokoa bakarra bada

$$\int PdV + Q = -\Delta U$$

Transformakuntza sistema egoera A tik B ra igarotzen bada, $U_B - U_A$ izango da ΔU , nola energia hauek jakinak diren ΔU ere horrela da. Bestaldetik berriz, Q eta W transformazio nola gertatzen den izan ohi dira, zein bidetatik eta bide hau ez ezaguna bada Q eta W ere zertu gabe gertatuko dira, nahiz $Q+W$ ezaguna izan eta $-\Delta U$ berdina.

POLBORA PISTOIZKO MOTOREAK

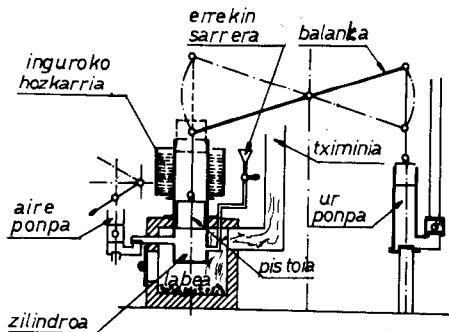
Gisa honetako motorearen parrera Hautefeuille frantzesari dagokio berak 1676 garrenean asmatu zuen polbora beltza zilindro batetan erabiltzea, bertan pistoia mugituz lana atera ahal izateko. Explosioko abiadura kontrolatu ezinak eta zilindroa karga ezinak motore hauen zabalakuntza erabat mugatu zuen, eta golpe bakarreko aplikazioetan bakarrik erabili dira.

HUTS PISTOIEKIKO MOTOREAK

Samuel Brownen majotzen da lehenengo hutsezko motoreak. Airez betetako ontzi handi batzuk erabiltzen ditu eta beroietan gazezko errekin injektatzen du. Errekin mezklaaren sutasunak sortzen zuen garraak airea ontziz kanpora ateratzea behartzen. Ontzitik irteerako balbula itxi egiten zen bateko presioa atmosferarena hainbateraino jaistean, eta ondoren uda otza haustuta sartzen zitzaion gas beroen gainetik batpatuan oztu eta ontzian hutsa sartzeko. Motorea balbula bidez konektatzen zen ontziarekin, eta pistoian alderdi batetik ari den atmosferaren presioa eta ontziaren presio bazuagoen arteko indarrak mugitzen zuen pistoia eta lana sortu.

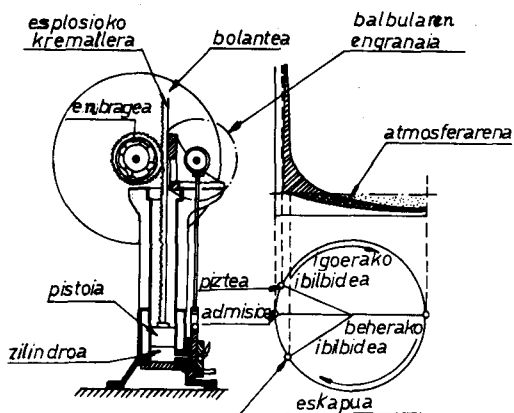
Lehenengo motoreetan, Streetena bezala (2. irudia) airea eskuz bonb -

atzen zen zilindroaren barnera. Bereala errekin sartu eta honek hondoa labe sapaia ikuitzeakin batera su hartzen zuen. Gasen konbuztioak eta espansioak pistoiari gero bultzaarazten zien, eta lana, sortu enboloa igoaz uñe bonbeatzearekin.



Zilindroaren goi partea urez inguratua dauka gasak hoztu eta hutsa sartzeko, era honetan bere pisuz eta hutsagatik pistoi behera jaitsiaz nola igotzen duen putzutik ontzira.

Huts bitartekoz lana sortzeko era hau 1860 eta 1880 guztiz zabaldu zen. Hasteko, pistoi libreko motoreak Basanti eta Matteuccik Italian asmatu zuten. Geroztik Otto eta Langenek Alemanian hastapen berdinarekin egitu zuten. Honek ordea pistoi jasotzeko inertzizko bolante bat erabiltzen zuen



LENOIREN MOTOREA

Lenoir frantzesak 1860 garrenean presio gabeko konbustioakiko gassezko motorea, bi ondoriokiko lurrinezko motorea erabiliaz. Ibilbidearen zati batetan gas eta airearen mezkla sartzen da. Sutzean presioa hazi egiten da eta gelditzen den ibilbidean konbustioakiko errekinak pistoiagan lana egiten dute. Itzultzerakoan zilindroa gasez hustutzen.

Lehenengo bi baldintzak bero galerak gutxitzeagatik dira, errekinen energian eutsiz. Hiru eta laugarrenak berriz espansio eta hasierako presioz ari dira.

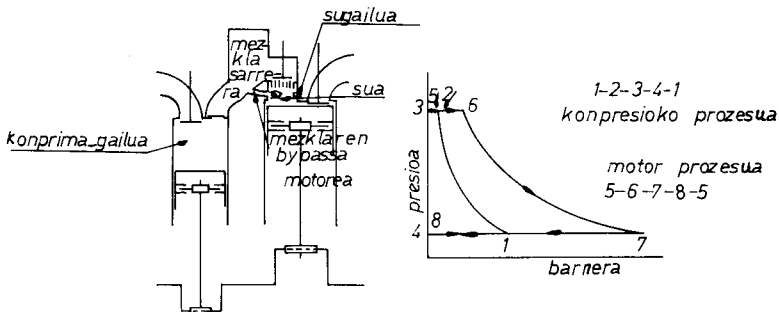
Hontaz gainera, Beau de Rochasek, baita ere adierazi zituen konbustio motore pistoidunak ondoen funtzionatzeko bete beharreko baldintza hauek:

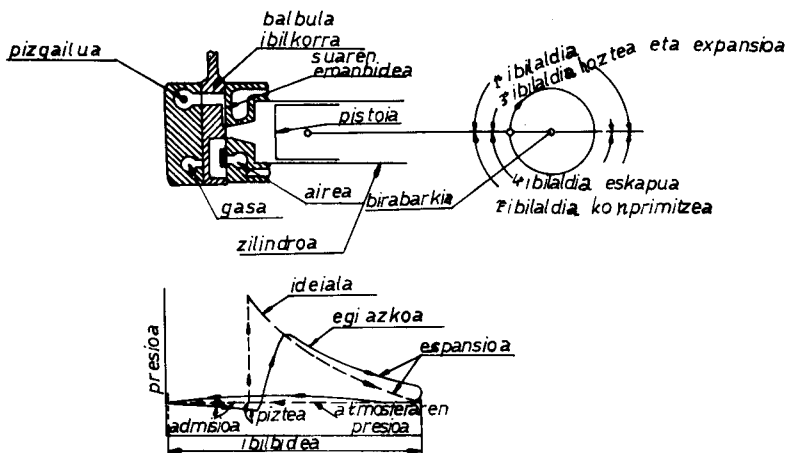
- 1 - Errekinaren sarrera harunzko ibilaldian
- 2 - Konprimatzea etorrerako ibilaldian
- 3.- Sutzea, etorrerako ibilaldiaren loka puntuan, eta ondoren espansioko ibilaldia pistoiak
- 4 - Berriro etorreran eskapua

Egungo motoreen zikloa ere antzeko da, nahiz abiadura eta potentziiz gehituak izan.

BRAYTONEN MOTOREA

Amerikar honek 1873 asmatu zuen konbustioa presio konstantez espansio osoa (5. irudia) Errekina konprimatzeko beste zilindro bat erabiltzen zen; lana sartzen zuen zilindroak berriz espansio ona izateko ahinbesteko luzera zuen. Konpresoreak mezkla kamera batera bidaltzen du, gero motorean sar dadin eta han bertan sutu presio konstanteakiko konbustioa dadin. Pizteko, "bypass" ean datorren mezkla eskertzen da. Sua ez zabaltzeko burdinxare bat dauka.





Motore honen errendimendua espansioko erlazioa bajua delako txikia da. Hala eta guztiz, Ingalaterran eta Frantzia motore hauetako 500 inguru egin zituzten.

BEAU DE ROCHASEN HASTAPENAK

Haserako pistoiakiko motor guztiek errekin sartzeakin atmosfera-ren inguruko presioekin sutzen ziren. Frantzia ordea 1799 garrenean Lebonek konpresiozemaarren motore bat asmatu zuen. Ingalaterran berriz, 1838 Barnettek mezkla errekin bonbakin konprimatzea proposatu zuen. Alemanian ere Gustav Shmith 1860 garrenean gas-aire mezkla konprimatzea proposatu zuen Lenoiren prozesoa, era hontaz ekonomi gehiago lortzearen. Schmidt ek konprimatzeak espansioko erlazioa ere hazi egiten zela eta energia lan bihurtzeko errendimendua ere hobetu.

Frantzia 1862 garrenean Dean de Rochasek konbustioiko pistoidun motorearen funtzionamendu hobereenerako hastapen nagusiak ipini zituen. Errendimendu hobereena ateratzeko zera dio: 1) Zilindroak lezaken azal-bolumen erlazio hobereana; 2) espansio prozesoa ahalik eta azkarrena; 3) Ahalik eta espansio handiena; 4) Espansioaren haseran presio handiena.

OTTOREN MOTOREA

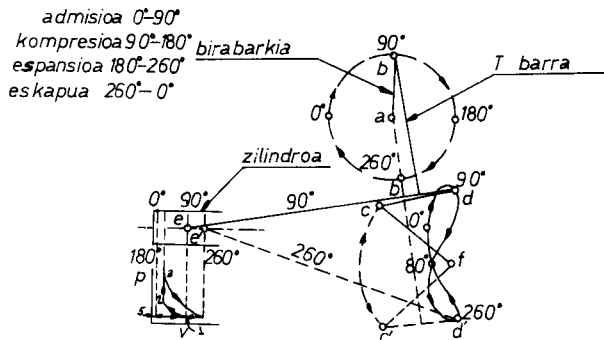
Beau de Rochasek 1862an adierazitako hastapenakin Otto alemanak 1876,an egin zuen bere motorea.Egungo konbustiozko eta pistoidun motore gehienak Ottoren hastapenezkoak dira.Beraz, lau aldietan lana egiten duten motoreez itzegitean Ottoren aldiekikoa ulertzen da alderdi guztietan.

AKKINSONEN MOTOREA

Inglaterrian 1885 garrenean Akkisonek eraiki zuen motoreak errekinaren sarrerako eta konpresioko aldiak laburragoak zituen,espansioa eta huztutzea berriz luzeagoak.

Hau guztia zilindro bakarrakin lortzen zuen (6.irudia),AB biradera,T antzeko barra BCD,CF barrari lotua,eta pistoiari lotuta D.

Motore honek konbustioa barnera konstantearekin egiten du eta errendimendu onarekin.Egungo motoreen antzekoa da motore honen funtzionatzeko era, errekinen sarrera atzeratu edo aurreratuz eta berdin hustutzea.

DIESELEN MOTOREA

Bitarteko termodinamiko bat azkar konprimatzean barne energia

geitzen da, eta tenperatura ere bai. Diesel alemanak 1892 an proposatu zuen airea konprimatzea errekin sartzean sutzearte konprimatzearen amaieran. Sarrerako masaren kaudala pistoiaren higidurarekin koordinatzea zion, hontara konbustio bera tenperaturarik altuenarekin libratzeagatik. Gisa honetan prozesoren diseinua Cornoten motorearen aldirangana inguratu nahieko zen. Azkenik, ekonomi arrazoiengatik edo, presio konstanteko konbustioa inguratzen da, motore handi eta geldietan.

Eguno abiadura handiko Dieselen motoreak Otto eta Diesel abiadura gutxikoen tarteko konbustio prozedura du. Prozesoa uler daiteke barenbarran konstanteakiko konbustioekin presio muga jo arte, eta gero konbustioa presio konstantearekin prozesoa amaitu arte.

Diesel eta Otto motoreen arteko alde nabarmenenak hauek dira:

Dieselenean errekin eta airea konpresioaren amaieran meziklatzen dira eta Ottorenean sarrerako garaietan

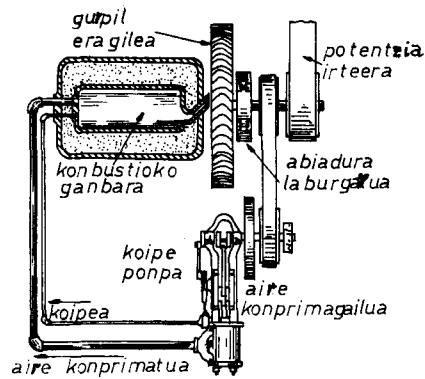
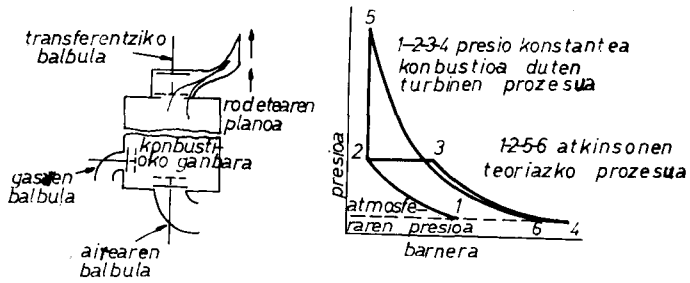
Dieselek konpresio Ottorenak baino handiagoa darabilki

Dieselek ez du pizteko ezertxo ere behar.

GASEZKO TURBINAK

Haize errota dira lehenengo aire turbinak, berezko haize aldieri probetxu ateraz. Berauek guztiz errendimendu txikia zuten. 1791 garrenean ordea, **John** Barberrek pistoiakiko aire konprimagailu bat eta zalidun turbina erabiltzen ditu. Berez prozesu hau Braytonen zikloaren antzekoa da. Barberren erakutsiei jarraituz Sanford Mossek 7. irudian ageri den gasazko turbina egin zuen. Konpresore bat darama, konbustioakiko ganbara, haizabidea, eta turbina gorpila. Makina honetatik sortu zen turbogainelikatua egazkinen eskapeko gasekin erabilia

Geroztik 1908 an Holzwartheek esplosioakiko prozesu batekin, konbustioakiko ganbara aireekin eta errekinakin betetzen zen eta konbustioa barenbarran konstantekin. Erretako gasak, presio handiak turbinan haizabide batez espansionatzen ziren, 8. irudian ageri den bezala



ZORROTADAKO MOTOREEN PROZESOA

Newtonen hirugarren legeak dionez, edozein eragini beste erreakzio bat kontra-jartzen zaio. Hastapen honekin dabiltz egungo zenbait egazkin. Egazkinaren helizea zorrotadazko bultzagailu bat besterik ez da, eta airea behara azeleratuz helizea gain erreakzioa duela egazkinari eragiten dio.

Hastapen honekin eragin izan zaie koheteeri, eta propulsioko motoreak barkuei eragiteko ere inoiz jarri izan dira.

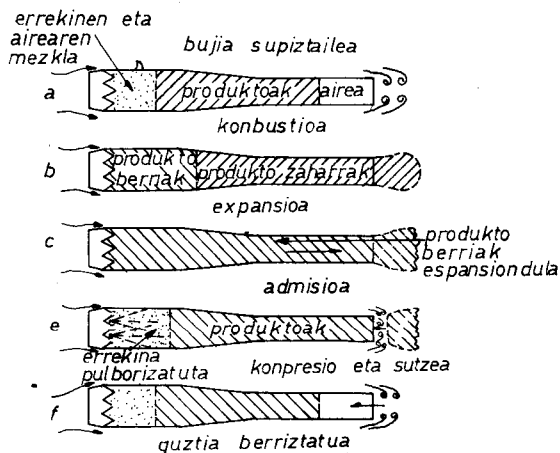
ERREAKZIOKO MOTOREAK

Lorin frantzesak 1908 an Ottoren pistoiezko motorearen prozesoa erabiltzea proposatu zuen abiaziorako propulsioko zorrotada sortzeko. Aire-errekin mezkla ren sarrera, konprimatzea eta konbustioa pistoiezko betiko motoreen antzekoak dira, Espansioko lehen partean ordea, balbula birakor eta oskilakorrez batzen dira zilindroa eta espansioko tobera. Konbustioko produktoak beratu zehar espansionatzen dira, abiadura handia lortuz eta erreakzioz bultzada ere bai. Honela lortutako motoreak nahiz errendimendu ona izan aire kualitate txikia da eman dezaketen, eta toberan bertan fluxu aldakorrak in errendimendu txikia lortzen denez, motore honek ez zuen arrakasta handirik izan.

Schmidt alemanak 1928 an proposatu zuen zuzenean konbustio ondoren produktoak eta haizea azeleratzea eta deskargatzea horrela aldizkako bultzada handi bat emanaz.

Pultsarreaktoreak kamara txikia du, sarreran balbula automatikoz airea sartu eta bereala ixten direla honela fluxoari atzera egiten utzi gabe. Konbustio eta espansio aldietan. Sutzea 9. irudian ikus daitekeenez, balbula txapalak itxita aurkitzen dira. Konbustio bizkorra gertatzen denez barna presioa azkar igotzen da lehengo aire eta gasen irteerako inertzia gatik. Presio igotze honek berairo higiduran jartzen ditu (9. b irudia) eta gasen higidura kantitatea gaitik guztien higidura irteera zehar irauten du. Gasen irteerak kameran sortzen duen hutsu-neak, berriro errekinari eta aire fluxuari tokia uzten dio, eta fluxo honek berak konpresioa sortzen du eta bertan (9. e irudia) konduktoen luzera eta balbulan berezko maiztasuna 50 aldi segundu bakoitzeko iris-

teko diseinatzeko dira



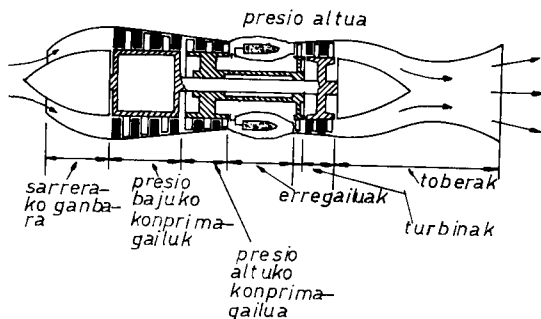
Estatorreaktoreak. Makina hauek kondukto bat daramate sarrerako difusore bezala duela, eta irteerako tobera. Bi zati hauek konbustioeko kamara bidez batzen dira. Konbustioeko produktuak tobera barrena igarotzen dira eta irteerako abiadura sarrerako airearena baino handiagoa dela.

Difusorearen diseinua azpisonikoa eta gainsonikoa bi etarako egina da, eta fluxu iraunkorra konprimatzen du. Toberak ere fluxu iraunkorra espansionatzen du. Abiadura geitzean motore hauen errendimendua igo egiten da, airearen sarrerako abiadura geitzen dan neurrian konpresioa ere geitu egiten baita.

Turborreaktoreak. Motore hauetakoak Whittlek eta Hans von Ohainek desarrolatu zituzten eta honako osakin hauek dituzte: konpresore zentrifugo bat; konbustioeko kamera bat, konpresoreari eragiteko turbina; eta espansioeko tobera.

Egungo motore handietan etapa askokiko konpresore axialak erabiltzen dira eta erregailu anularrak tobera askokin, era honetan neurri txikie-

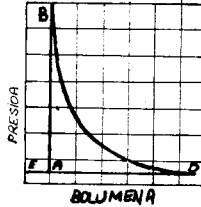
kin kapazitate handiagoa dutela



KONBUSTIOKO MOTOREEN ALDIEN ANALISIA

Errealitatean motore hauetan gertatzen diren aldien analisi zehatza gaitza da, eta sinpleztatuz iritsi daiteke airearen aldi normala. Honeta rako bitartekoa airea dela jotzen da eta aldia zehar erreakzio kimikorik ere ez dela gertatzen. Beroa berriz, inguru beroago batetik sartzen zaio, eta beste aldetik beroa airetik bitarteko hotzago batera bidaltzen da.

Lenoiren aldia. Bertan konprimatu gabe gertatzen da konbustioa. Motore honetan zama, 11. irudian ikus daitekeenez, E tik A ra zama sartzean, bertan sutzen da eta barnera konstanteekin gertatzen. Ondoren, adiabatikaeran egiten du espansioa B tik D ra. Atmosferako presioekin jaurtikitzen du D tik E ra.



Hemen aztertzen den aldia ABDE da. A tik B ra erasten zaion beroa

$$Q_{sa} = n C_V (T_B - T_A)$$

Bestetik D tik A ra jaurkitzen den beroa

$$Q_{dt} = n C_P (T_D - T_A)$$

$$\text{Errendimendua} = \frac{Q_{sa} - Q_{dt}}{Q_{sa}} = 1 - \frac{C_P (T_D - T_A)}{C_V (T_B - T_A)} = 1 - k \frac{T_D/T_A - 1}{T_B/T_A - 1}$$

Nola $T_B/T_A = P_B/P_A$ eta $T_D/T_A = V_C/V_A$

$$P_B/P_C = (V_C/V_B)^k = (V_C/V_A)^k = P_B/P_A$$

$$\text{Bero errendimendua} = 1 - k (r - 1) / (r^k - 1)$$

Hemen $r = V_C/V_A$ espansioko erlazioa eta $K = C_P/C_V$

Beraz, bistan dago, aldi baten bero errendimendua espansioko erlazioaren baitan dagoela.

OTTOREN ALDIA

Airearen aldi normalean sarrerako eta jaurtikitzeko uneak ez dira kontutan hartzen. Airea adiabatikaeraz eta bihurkoi konprimatzen da A tik B ra. Berotzea berriz barnera konstantez B tik D ra egiten du.

Espansio adiabatikoa D tik E ra, eta hoztu E tik A ra, berriro hasteko prestatuz (12. irudia)

B tik D ra erasten zaion beroa

$$Q_{sar} = n C_V (T_D - T_B)$$

D tik A ra kentzen zaion beroa

$$Q_{irt} = n C_V (T_E - T_A)$$

Aldiaren errendimendua:

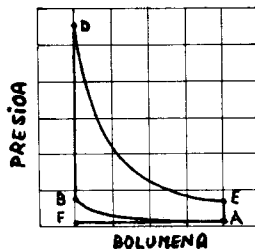
$$\begin{aligned} \text{Bero errendimendua} &= \frac{Q_{sar} - Q_{irt}}{Q_{sar}} = 1 - \frac{T_E - T_A}{T_D - T_B} = \\ &= 1 - \frac{T_A (T_E/T_A - 1)}{T_B (T_D/T_B - 1)} \end{aligned}$$

Nola barnean erlazioa bi prozesocetan adiabatikoetan berdina den eta ibilbideak ekuazio honekin doazen.

$$P \cdot V^k = K \quad (V_B/V_A)^{k-1} = T_A/T_B = T_E/T_D \quad \text{eta:} \quad T_E/T_A = T_D/T_B$$

Beraz, Bero errendimendua =

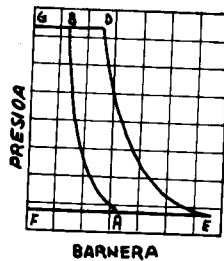
$$= 1 - \left(\frac{V_B}{V_A} \right)^{k-1} = 1 - r^{1-k}$$



BRAYTONEN ALDIA

Adiera honek bi zilindro behar ditu, bata konprimatzeko eta espansio-
onatzeko bestea. Aireak F tik A ra sartzen da konprimagailuan, adiabatiko-
ki konprimatzen da eta bihurkoi egiten da A tik B ra eta B tik G ra huz-
tutzen da.

Airea eta mezkla errekin espansioa zilindroan sartzen da, eta pre-
sio konstanteekin gertatzen da konbustioa barnera V_B tik V_D ra gertuaz.
Adiabatikerazko espansio bihurkoiak D tik E ra zilindro berean gertatzen
da, eta produktoak kanporatzea E tik F ra gerta.



$$Q_{sar} = n C_p (T_D - T_B)$$

Etik A ra kendutako beroa berriz

$$Q_{irt} = n C_p (T_E - T_A)$$

Aldi batentzat

$$\text{Bero errendimendua} = \frac{Q_{sar} - Q_{irt}}{Q_{sar}} = 1 - \frac{T_E - T_A}{T_D - T_B} = 1 - \frac{T_A (T_D/T_A - 1)}{T_B (T_D/T_B - 1)}$$

Nola

$$\frac{T_E}{T_D} = \frac{T_A}{T_B} = \left(\frac{V_B}{V_A} \right)^{k-1} = r^{1-k}$$

$$\text{Beraz errendimendua} = 1 - r^{1-k}$$

DIESELEN ALDIA

Airea adiabatikoki eta bihurkoi konprimatzen da A tik B ra (14. irudia). Beroa presio konstanteaz erasten zaio B tik D ra. Bestetik, D tik E ra adiabatikoki eta bihurkoi espansioa gertatzen da

$$Q_{sar} = n C_p (T_D - T_B)$$

$$Q_{irt} = n C_v (T_E - T_A)$$

Aldi bakoitzeko

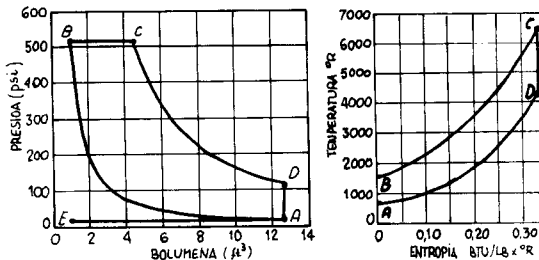
$$\text{Bero errendimendua} = \frac{Q_{sar} - Q_{irt}}{Q_{sar}} = 1 - \frac{1}{k} \left(\frac{T_E - T_A}{T_D - T_B} \right)$$

Beraz errendimendua =

$$= 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \left[\frac{r_k^k - 1}{k_{kp}(r-1)} \right]$$

r_{kp} espansioko erlazioa da presio konstanteekin, r berriz konpresio erlazioa V_A/V_B

Dieselen errendimendua konpresiooko erlazioaren baitan dago T_B eta T_A emanez gero, eta bero erantsiaren baitan, T_D eta T_E . Espansioko erlazioa hazten da honela eta errendimendua.



KONEUSTIOKO HIZTEGIA

Oxidar	herdoitu, oxidatu
Disipar	disipatu
expansion	espansio
volumen	barnera
producto	produktu
expandir	puztu-expansio
infinitesimal	infinitesimalerako
energia interna	barru energia
medio termodinamiko	bitarteko termodinamikoa
piston	pistoia
inyectar	injektatu
ignición	sutasun (erretasun)
carrera	ibilbide
cargo	ontzikada
productos	
perdidas de calor	bero galerak
admisioa	
punto muerto	loka puntua
escape	eskapua
camara receptora	
tiempos	aldietan
ciclo	aldia
adelanto	
camisa refrigerante	inguruko hozgarria
lumbrera	
compresor	
caudal	kaudala
paleta	zali
camara	ganbara
tobera	haizabide
rueda de turbina	

Turbosobrealimentador	turbogainelikatua
cohetes	
admisioa	sarrera
valvula d	balbula txapala
oscilante	oskilakor
encendido	sutze
conducto	konduktze
frecuencia natural	berezko maiztasuna

ELEKTRA ENERGIAREN SORKUNTZA ETA GARRAIOAλ. Sagarna

ELEKTRA ENERGIAREN SORKUNTZA ETA GARRAIOA

SARREPA

ELEKTRA ENERGIAREN BANAKETA

ZENTRALEAK: tipoak eta posibilitateak

ZENTRALE DESBERDIN HAUEN EGINKIZUNA

ALTERNATOREA

TRANSFORMATOREAK

ELEKTRA ENERGIAREN SORKUNTZA ETA GARRAIOA

1.- Sarrera:

Mende honen hasiera arte hiru formatan erabiltzen zen energia: mekanikoa, kimikoa eta termikoa.

Elektra energiari zor zaio hein handi batetan geroztik industriak izan duen aurrerapen ikaragarria.

Lau energi mota hauetako edozein transforma daiteke beste hitutara, batzutan zuzenean eta bestetan bitarteko beste transformakuntzaren baten bitartez, baina elektra energiak ba ditu abantaila nabari batzu:

- Zuzenean bilaka daiteke beste energi mota bat eta alderantziz.
- Transformakuntzaok oso errendimendu onez egiten dira
- Oso urrutira bidal daiteke bidean gutxi galduz
- Ia edozein puntutaraino eramán daiteke eta edozein aplikaziotan erabil.

Desabantailarik handiena metatzeko duen eragozpén da.

Gaur egun elektra energiaren sorkundea, garraioa eta banaketa sare baten modura egiten da.

Zentral sortzaile guztiak eta garraio sistema guztiak esan daiteke elkarkonektatuta daudela eta ez Estatuaren mailan bakarrik, sistema hau nazioartekoa da.

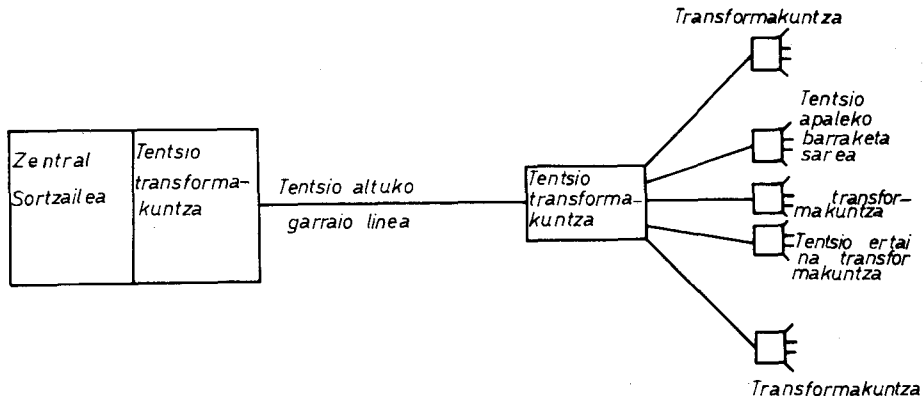
Erabiltzen den elektra energia gehiena eskema honen barnean dago.

Izaten dira halere banaketa sareak iristen ez direlako edo beste arrazoi batzurengatik elektra energia sortzeko sistema autonomak dituzten lekuak.

Hemen sistema hedatuenaren deskribapén egingo dugu lehendabizi eta gero aipatuko ditugu gaurkoz marjinalak diren beste sistema batzu ere.

2.- Elektra energia banatzeko sare baten oinharritzko eskema

1. Irudian ikus daiteke eskema hau



1. Irudia

Zentralean sortzen den elektra energia ez da oso tentsio altuan sortzen. Hirufaseko korrante alternoa izaten da eta zenbait milaka voltetakoa.

Garraiorako ordea potentzia berbera transmititzeko hobe da tentsio altua, bestela intentsitate handiak izango bait lirateke. Horregatik, zentral sortzaile guztitan transformakuntza egiten da tentsioa igotzeko.

Hirurehun mila volt inguruko tentsiotan egiten da bide luzetako garraioa (zenbait ehundaka edo milaka km.)

Kontsumo puntura inguratzean berriro ere tentsioa jaistea komeni da, batez ere banaketaren bukaeran, etxetan eta lantegitan etab. tentsio altua erabiltzea konplikatua eta arrisku handikoa izango litzateke.

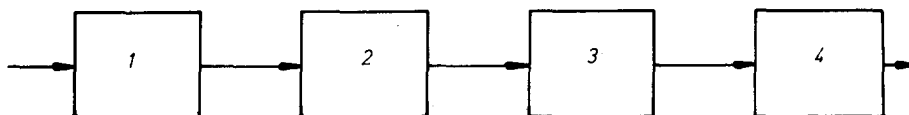
Tentsio apal hau zenbait ehundaka voltetakoa izaten da (125 V, 220 V, 380 V, 440 V....)

Garraio lineako tentsioa ez da transformakuntza bakar batetan jaisten horren behera. Gehienetan izaten dira tartean bide labur-
rreko garraio linea batzu tentsio ertain batetan (30.000 V esate baterako) transmititzen dutenak.

3.- Zentral sortzaileak

3-1 Oinharritzko elementuak

Xehetasunetan sartu aurretik ikus dezagun gainetik zein diren zentral sortzaile batetan izaten diren zati desberdinak:



- 1.- Energia natural metatu bat askatzen duen sistema
- 2.- Energia askatu hori bira energia mekaniko bilakatzen duen sistema
- 3.- Bira energia mekanikoa elektro energia bilakatzen duen sistema
- 4.- Tentsio transformakuntza egiten duen sistema

Energia natural metatua egon daiteke errekarri batetan (fuel-oila, ikatza), sustantzi radiaktibo batetan (urania), uherka batetan (uraren energia potentziala). Energi motaren arauera klasifika daitezke zentral sortzaileak.

3-2 Zentral motak

- a) Zentral hidroelektrikoak. Uraren energia probetxatzen dutenak
- b) Zentral termikoak. Energia natural metatua bero bihurtuz askatzen dutenak. Zentral mota honen barnean bi eratakoak izaten dira:

- b-1) Ohizko Zentral termikoak: Errekari bat errez sortzen da beroa
- b-2) Zentral nuklearrak: Sustantzi erradiaktibo baten desintegrazioaren bidez sortzen da beroa
- c) Zentral eolikoak. Haize energia probetxatzen dute
- d) Zentral geotermikoak. Lurrazpiko energia termikoa erabiltzen dute
- e) Zentral heliotermikoak. Eguzkiak bidaltzen digun beroa probetxatzen dute
- f) Zentral hidrottermikoak. Itsas hondoa eta azalaren arteko tenperatur diferentziak probetxatzen dituzte
- g) Zentral mareomotritzak. Itsas mareen bidez sortzen diren ur higidurak probetxatzen dituzte, beraz zentral hidrauliko mota bat da.

Zentral hidroelektrikoak eta termikoak dira gaur gaurkoz erabilienak.

3-3 Zentral hidraulikoak

Birarik gabeko isuri iraunkor batetan, Bernonilliren ekua-
zioak forma hau hartzen du:

$$\frac{v^2 l}{2} + P - h \gamma = K l$$

non v = abiadura

l = fluidoaren trinkoera

p = presioa

h = erreferentzi launarekiko altuera

γ = fluidoaren pisu espezifikoa

bait diren.

Dimentsioen aldetik:

$$\left. \begin{aligned} \left[\frac{v^2 l}{2} \right] &= (LT^{-1})^2 ML^{-3} = ML^{-1}T^{-2} \\ [P] &= MLT^{-2}L^{-2} = ML^{-1}T^{-2} \\ h\gamma &= L.MLT^{-2}L^{-3} = ML^{-1}T^{-2} \end{aligned} \right\} = \frac{MLT^{-2} \times L}{L^3} = \frac{[Energia]}{[bolumena]}$$

Ekuaizio honen esannahia garbi dago:

Fluido isuri batetan bolumen unitate bakoitzak duen energia kopuruak hiru konposari ditu: abiadurari dagokiona, presioari dagokiona eta altuerari dagokiona eta horietako bat gutxitzen baldin bada beste bietako bat edo biak handitzen dira. Hori fluido isuria sistema bezala hartuta, baina, jakina, sistema osoak energia gal dezake beste sistema bati emanaz.

Ur isuri baten energia bilaka daiteke bira energia mekanikoa. Transformakuntza hori makina hidraulikoak egiten dute.

Makina hidrauliko sinplenak gurpil edo errota hidraulikoak dira.

Batez ere uraren energia potentziala probetxatzen dute.

Hauxe izan zen gizonak lehenbizi erabili zuen motoreak. Hibal baten korrontean edo ur jauzi baten azpian ipintzen den paradun gurpil bat izaten da. Euskal Herrian ba da oraindik ere sistema honetaz eragindako ekiera ugari eta garai bateko olen energi iturria hauxe zen hain zuzen.

Instalazio oso txikitak bakarrik (30 zaldi artekotan) dute zenbait abantaila, hala nola uretan datozkeen zikinkeriek edo ta hormak ez dituela hondatzen. Errendimendua ez da oso txarra (0,65-0,85) baina potentziaren aldetik oso mugatuak eta pisuak dira, leku handia behar dute, heltzen duten abiadura txikiak biderkagailuak eskatzen ditu. Desabantaila horiegatik baztertuta daude.

Sistema hauen errendimendua hobetzeko asmoz 1850. inguruan lehenengo turbinak egin ziren.

Energia hobeto probetxatzeko, 1867an Bèrges frantziar injinieruak tutu bortxatuen idea sortu zuen.

1873an Gramme-k dinamoak asmatu zuen eta turbinak ematen zuen bira energia mekanikoa elektro energia bilakatzen hasi ziren. Halere sistema honek ez zuen balio energia hau urrutira garraiatzeko, horretarako tentsio altu bat behar bait da.

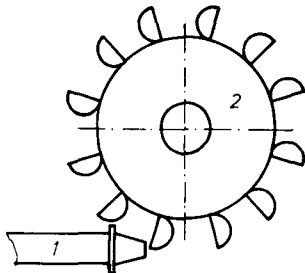
1877an lehenengo alternatiboak sortu ziren eta 1880an transformadoreak eta orduantxe hasi zen posible izaten garraio hori.

Garrantzi piska bateko lehen instalazioak Lauffen-dik Frankfurt era (140 km) 100 zaldiko potentzia transmiti zezakeen.

Bi eratako turbinak bereiz daitezke probetxatzen duten energi motaren aldetik: akzio turbinak eta erreakzio turbinak. Lehenengoei uraren energia guztia abiadur energia bezala iristen zaie eta bigarrenei, aldiz, energiaren zati bat abiadur energia (energia zinetiko) bezala iristen zaie eta beste zati bat presio energia bezala.

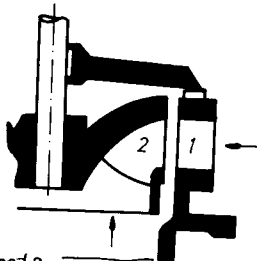
Erreakzio turbinatan uraren abiadura jauziak eman lezakena baino txikiagoa da beraz.

-Pelton turbina akzio turbina bat da, gehienetan ardatz horizontala eta altuera handiko ur jauzitan erabili ohi da. Gorpil baten inguruan intxaur azal baten antzeko zali batzu ditu. Tutu bortxatutik datorren ura orraztun balbula batek gobernatutako toberazulo batetatik irtetzen da eta han bere energia guztia abiadur energia bilakatzen da, egurats presio-tara irtetzen bait da. Zorrotada bortitz horrek zalien barruko aldea jotzen du eta gorpila bira arazten.



-Francis turbina. Berrehun metroz behetiko ur jauzitan erabiltzen den erreakzio turbina mota bat da.

Turbina hauen gurpilak alabe batzu ditu eta alabeon artean tutu moduko ubide bat sortzen dute. Ura gurpilaren erdialdetik sartzen da eta kanpoaldetik irtetzen.



Gurpila ez dago airetan gabra itxi batetan baizik. Urak, egurats presioara irten baino lehen ematen dio turbinari be-

re energia.

Pelton turbinak baino lasterragoak dira, errendimendu hobekoak eta ur jauzi txikiagoak probetxa ditzakete.

-Helize turbina. Turbina mota hau Francis turbinaren antzekoa da; diferentzia bakarra errotan dago, Kasu honetan helize forma bait du. Altuera txikiko ur jauzitan erabiltzen da (5-15 m)

-Kaplan turbina. Helize turbina bat da. Bere alabeak inklinazioa alda dezakete eta momentu oro errendimendurik hobena eman dezake.

Errendimendu aldetik hain zuzen, esan beharra dago edozein turbina motatan 90% era iritxi daitekeen arren, kargarekin aldatu egiten dela errendimendu hau eta turbina mota desberdinetan oso era desberdinean aldatzen dela.

Karga txikientzat helize turbina batetan 45% era iristen da errendimendua, Francis erakotan 60% ra, Pelton erakotan 75% era eta Kaplan tipokotan 80% ra.

Zentral hidrauliko baten oinharria makina hauek egiten duten transformakuntzan dago. Turbina ardatzetik aurrera, berezitasunak gora behera, zentral mota guztiak berdintsuak dira, nahiz hidraulikoak, nahiz termikoak izan.

Zentral hidraulikoen berezitasun nagusia, esana dugun bezala, urak metatua duen energia probetxatzean datza.

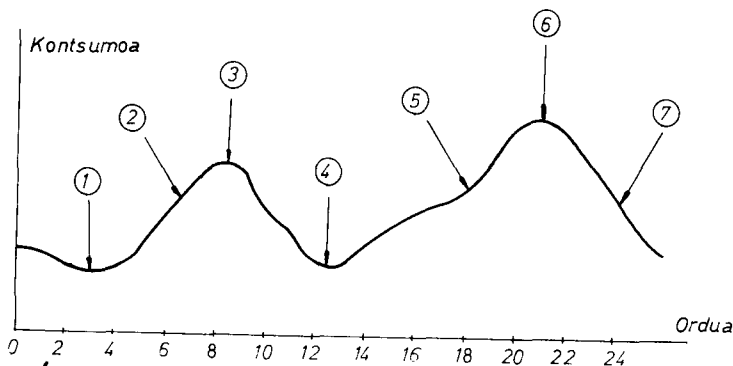
Ba dira ur-isuri batetan bertan lanegiten dutenak. Ur asko datorrenean, uholdetan, eman dezaketen potentzia guztia ematen dute eta agorralditan gutxi ala deus ez. Ur-isuritako zentralak deituko diegu.

Metatze zentralak, aldiz, hibatako ura biltzeko uherka bat izaten dute eta horrela uholde garaia izan, nahiz agorraldia izan, beti berdin lanegin dezakete.

Ba dira beste batzu, erregulazio zentralak esaten zaienak eta urte osoan hibaiek dakartzaten uraren 5% baino gutxiago metatzen dutenak. Mota honetako zentralak ematen duten energi kopurua ez da oso handia izaten, baina kontsumo txikiko ordutan edo urte garaitan metatzen duten ura kontsumo handia dagoen unetan probetxa dezakete eta ordutan mesede galanta egiten dute.

Izan ere, une guztitan ez da kontsumo berdina izaten. Egunean zehar aldakuntzak izaten ditu kontsumoak.

Tankera honetako grafiku bat ematen du egunean zehar izaten den kontsumoa egunaren orduetara irudikatzen bada:



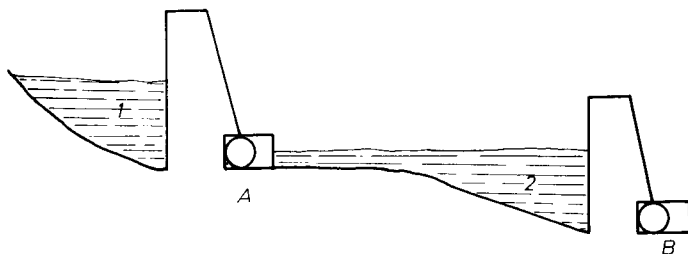
- (1) Gau erditik goizaldera arte etxetan eta lantegitan kontsumo txikia izaten da,kaletako argiteria piztuta egoten da.
- (2) Egunsentia baino lehentxeago kaletako argiteria piztuta dago,industria pixkanan lanean hasten da,etxetako kontsumoa ere handituz doa
- (3) Industria guztia lanean hasia da,eguna ez da erabat zabaldu eta beraz argiteria piztuta dago, dendak ez dira oraindik ireki
- (4) Eguerdiko geldialdia, kontsumoak beheraldi bat du
- (5) Ilunabarra inguratzen da,dendek argia behar dute, kalek ere bai, etxetan ere energia behar da,lantegiak lanean dihardute eta
- (6) Goimuga batetaraino heltzen da kontsumoa,industria gertatzen hasten den arte, dendak ixten,jendea oheratzen etab.
- (7) Gauerdiko lehenaldira dator berriro ere kontsumoa

Egunean zehar gertatzen denaren antzeko zerbait gertatzen da urtean zehar.Neguan behar izaten da energiari gehiena eta udako oporraldi inguruan gutxiena.

Energi eskabidearen aldakuntza hauei erantzuteko erregulazio modu bat ematen dute metatze zentralek eta bere neurrian baita erregulazio zentralek ere.

Hainbestearainoko garrantzia duelako erregulazio arazo honek ba dira ponpaketa zentralak deitzen zaien zentral berezi batzu, non ondoren aipatuko dugun sistema erabiltzen bait da:

Bi uherka dituzte zentralok bata bestearen atzetik

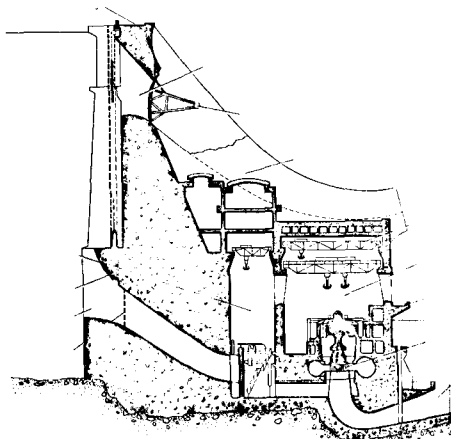


A puntuan dagoen makina-etxean turbina-ponpa alderanzgarri batzu daude, B puntukoan ostera turbina arrunt batzu.

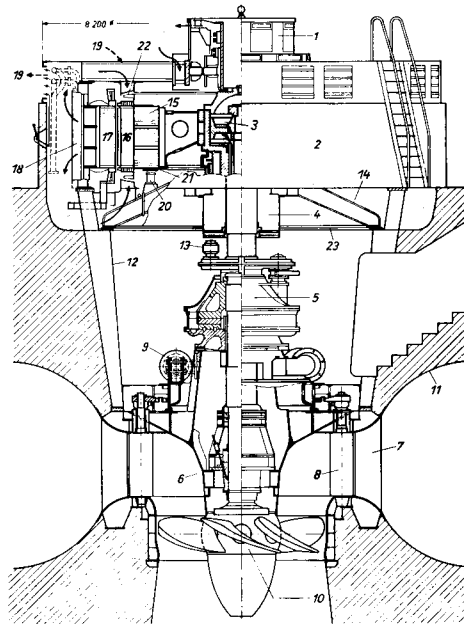
Ako makina etxean 1.uherkatik 2.era ura doanean turbinek alternatadoreak eragiten dituzte eta elekra energia sortzen da.

2.etik jaisten den uraz ere beste hainbeste egiten da Bn ere,baina kontsumo txikiko garaitan An elekra makinek motore bezala lanegiten dute, makina hidraulikoek ponpa bezala eta ura 2. uherkatik 1.ra eramaten da.Horrela kontsumo handiari erantzun behar zaionean A eta B energia sortuz ipin daitezke.

Zentral hidraulikoek geratzeko eta abiatzeko erraztasun handia dute eta kontsumo aldakuntzei erantzuteko oso baliosak dira.Zentral hidruliko batek metatze eta beraz erregulazio kapazitate handia izan dezan eraikuntza garestiak eskatzen ditu.



Zentral hidrauliko mota asko dago, leku bakoitzak bere eskakizun bereziak dituelako, baina adibide bezala, hona hemen bat.



3-4 Zentral termikoak

Zentral termikoek errekarri baten konbustioan askatzen den energia termikoa elekra energia bilakatzen dute.

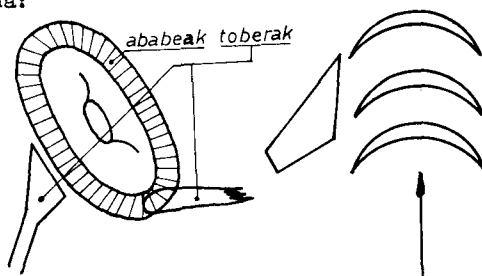
Ia zentral termiko guztitan energia mekanikoa sortzen duen makina lurrrin turbina izaten da.

Turbina hidraulikotan uraren energia erabiltzen den bezala lurrrin turbinatan ur-lurrrinarena erabiltzen da.

Haletan egin genuen bereizkuntza berbera egin behar dugu hauetan ere. Akzio turbinak eta erreakzio turbinak izaten dira Akzio turbinatan lurrrinaren energia zinetikoa probetxatzen da edo bestela esateko turbinaren alabedun errotara iritxi aurretik bihurtzen da presio-energia abiadur-energia.

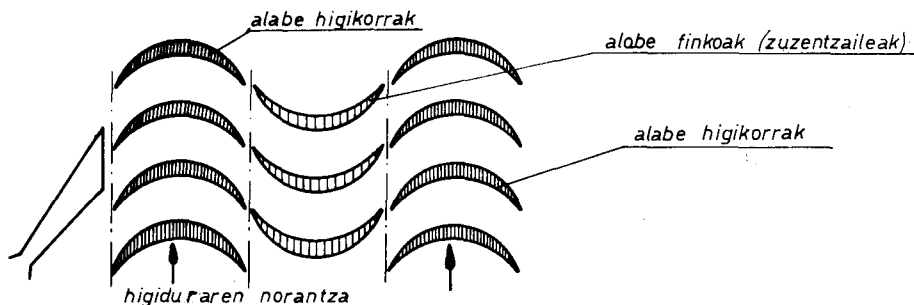
Erreakzio turbinatan presio jaustea atal biragarrian gertatzen da; lurrrinaren energia zinetikoaz gainera expansio energia ere probetxatzen da.

Pelton-en turbina hidraulikoaren antzeko akziozko lurrrin turbina Laval-ena da:



Etapa bakarreko turbina da eta errendimendu txarra du, abiadura handiegia duelako.

Hau baino hobeia da Curtis tipokoa. Bi etapa ditu; lehenengoan lurrinak ez du abiadur guztia galtzen, etapa bakarrek



baino abiadur txikiagoa du eta errendimendu hobeia.

Erdiko alabe finkoek lurrina bigarren etapako alabe higikorretara zuzentzen dute.

Ratean eta Zoelly tipoko turbinek alabedun errota anitz izaten dute eta akziozkoak dira. Etapa bakoitzean presio jaustea partzial bat izaten da, expantsio bat.

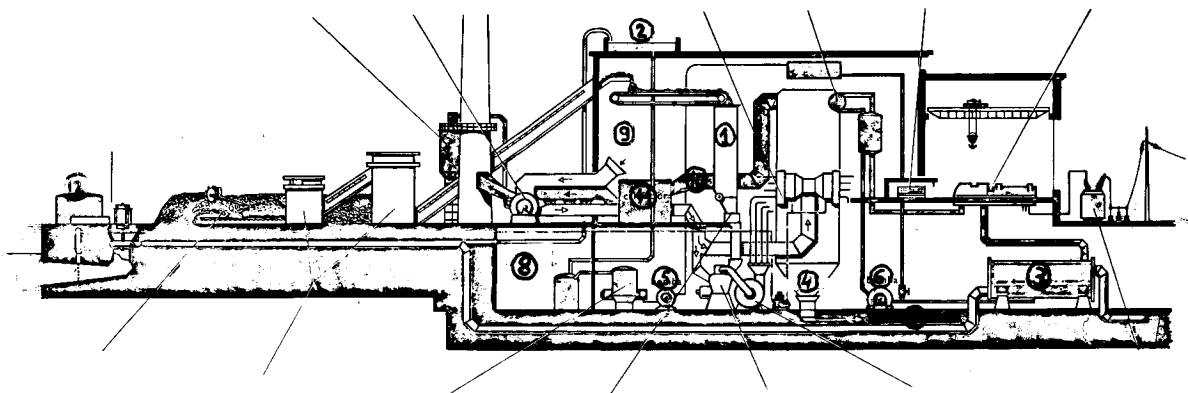
Erreakzio turbinatan presio jauste handi bat izaten du lurrinak alabe higikorretatik iragaitean.

Parsons-ena izan zen lehen erreakzio turbina.

Askotan turbinak ez dira zeharo erreakziozkoak edo zeharo akziozkoak izaten. Expansioaren erdia inguru alabe higikorretan gertatzen da eta beste erdia finkotan. Erreakzio gradua 50% dela esaten da orduan.

Beste zenbaitetan (Brown-Boveri tipokoa) presio altuko sarrikeran akzio etapa batzuetan izaten dira eta presio txikiko irteera aldean erreakzio etapa batzuetan.

Zentral termiko batetako instalazioak nahikoa konplikatuak dira. Batzutan ikatz pobreak probetxatzeko mehatze ondoan izaten dira. Beste batzutan fuel-oila erretzen dute eta orduan



ZENTRALE TERMIKO BATEN ESKEMA

- | | |
|--------------------|-------------------------------------|
| 1.- Siloa | 7.- Errautsen kanporatzea |
| 2.- Upela | 8.- Desmineralizazio totaleko lekua |
| 3.- Kondentsadorea | 9.- Aire |
| 4.- Konpresorea | 10.- Keak |
| 5.- Ponpa | 11.- Berogailu |
| 6.- Ponpa | 12.- Fuel oil deposito |

kontsumo leku inportante batetatik hurbil egoten dira.

Zenbait zentral bi errekarari motak erretzeko prestatuta daude (Pasaiakoa adibidez)

Ikatza erabiltzen denean, ikatza parke batetatik zilo batzutara eramaten da. Ikatz mota desberdinen nahaste aproposak egin ondoren ehieratara eramaten da hauts bihurtzeko. Konprimagailu batek ematen duen haize beroak eramaten du ikatz hautsa erregailutaraino.

Han, ikatza erretzean sortzen den berotasunaz galdara baten bidez ura lurrindu egiten da eta turbinara bidaltzen.

Turbinatik irtetzen denean lurrina kondentsagailu batetara bidaltzen da, berriro ere errekuperatu eta galdarara eramateko. Zirkuito nagusian (turbinan barrena) dabilen ura beti bat da, galerak eskatzen duten ordaina salbu.

Kondentsatorean lurrina hozteko erabiltzen den ura ibil daiteke zirkuito itxi batetan, eta orduan hozteko dorre batzu behar dira, ala zirkuito irekian lanegiten da itsasoko edo hibaiko uraz.

3-5 Zentral nuklearrak

Hauk ere zentral termikoak dira baina berotasuna ez dute konbustioz sortzen, erreakzio nuklear batez baizik.

Zentral nuklear baten bihotza bere erreaktorea da.

Erreaktore baten elementu nagusiak hautxek dira:

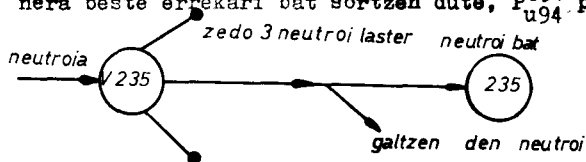
1.- Erreakaria. Erraz fisioa daitekeen ekai bat eduki behar du.

Era honetako ekai ezagunak uranio 235 a, uranio 233 a, Plutonio 239 a dira.

V_{92}^{235} a oso urria da uranio naturalean (gramo bat 140g tan) eta masa espektrografoaz beste isotopotatik bereziz edo ta uranio kloruroen difusio gaseosoz lor daiteke.

Uranio 233 a neutroiz torio 232 a pila batetan bonbardeatuz lortzen da P_{u94}^{239} a ere pilatan lortzen da V_{92}^{238} a (uranio naturalean ugariena) neutroiz, bonbardeatuz.

Erreaktore baten errekariak beraz uranio naturala, uranio aberastua V_{92}^{235} eta plutonioa izan daitezke. Uranio naturala erabiltzen duten pilek energiaz gainera beste errekari bat sortzen dute, P_{u94}^{239} plutonioa.



Fisio batetan $200 \text{ Mev} = 10^{-11} \text{ kwh}$ askatzen dira eta gramó bat uranioren nukleoak fisionatzean 25000 kwh, Hots, 3 Tm ikatz erretzean hainbat.

- 2.- Moderagarria. Aipatu ditugun elementuen nukleoak fisio natzeko probabilitatea hainbat eta handiagoa da zenbat eta geldiagoa izan erasotzen duen neutroia.

Moderagarriaren eginkizuna neutroiak gelaraztea da.

Neutroi batek nukleo pisu bat jotzen duenean ez du abiadurarik galtzen, baina nukleo arin bat jotzen badu bai.

Ura egokia izango litzateke alderdi horretatik moderagarri izateko, baina neutroiak xurgatu egiten ditu eta hori ere ez da komeni.

Uranio aberastua erabiltzen duten erreaktoretarako bakarrik balio du.

Uranio naturala erabiltzen dutenentzat moderagarri egokia da ur pisua.

Grafitoa hain moderagarri ona ez den arren askoz ere errazago sor daiteke.

3.- Hozkarria. Beroa lan bilakatzen duen prozesoareen erren dimendua ahalik eta handiena izan dadin tenperatura handitan sortzen diren kaloriak eramateko hozkarri bat behar da.

Ura oso hozkarri ona da, baina xurgagarria da neutroientzat.

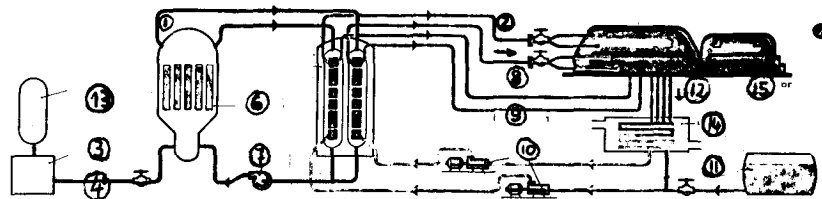
Uranio naturala erabiltzen duten erreaktoretan presio-dun ur pisua izaten da hozkarria.

Gas bat ere erabil daiteke. Karboniko anhidridoak hozkarri kaskarra bada ere, ez du neutroirik xurgatzen eta horregatik erabiltzen da.

Helio oso konprimatua ere erabil daiteke, baina izugarri garestia da.

Zenbait metal urtu, hala nola sodioa eta potasioa oso hozkarri onak dira, baina tutuak karruskatzen dituzte.

Hona hemen zentral nuklear baten funtzionamenduaren agerpen eskematikoa.



ZENTRALE NUKLEAR BATEN ESKEMA

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| 1.- Zirkuitu nagusia | 9.- Presio bajua |
| 2.- Zirkuitu sekundarioa | 10.- Pompak |
| 3.- Baporizatzailea | 11.- Ura |
| 4.- Gas karbonikoa | 12.-Turbina |
| 5.- Interdaldagailua | 13.- Anhidrido karbonikoa |
| 6.- Erreaktorea | 14.- Kondentsadorea |
| 7.- Injektorea | 15.-Alternadorea |
| 8.- Presio altua | |

Erreaktorean sortzen den beroa hozkarriak jasotzen du (gas karbonikoak kasu honetan) eta bero trukagailura eramaten. Han ura berotzen da eta sortzen den ur lurri-
na turbinara sartzen da lan mekanikoa sor dezan. Turbi-
natik irtetzen den lurrina kondentsatorera eramaten
da (foko hotza).

Gas karboniko hotza injektore batez sartzen da berriro
erreaktorera eta kondentsatoretik irtetzen den ur ho-
tza ponpa batzuren bidez bero trukagailura sartzen da
berotu eta lurrintzeko.

3-6 Hiru zentral moten eginkizuna kontsumoari buruz

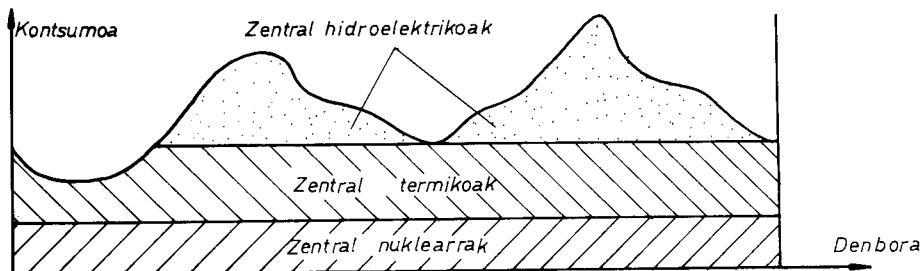
Adierazi dugun legez, kontsumoa aldatu egiten da egunean
zehar eta urtean zehar. Produkzioa kontsumoari jarraitu be-
har zaio noski, baina zentral mota guztiek ez dute ametzten
erraztasun berdinez abiatzea eta geratzea edo karga aldaketa
handiz lanegitea.

Errazen moldatzen direnak karga baldintza desberdinetara
eta errazen abiatzen eta geratzen direnak errentagarritasun
aldetik galera handirik izan gabe hidroelektrikoak dira.

Hauen ondoren termikoak eta azkenik nuklearrak.

Ahal dela zentral nuklearrak beti errejimen konstante ba-
tetan lanegin behar dute.

Horregatik, erantzun desberdina ematen dio zentral mota ba-
koitzak sistemari. Ondoko irudian kontsumo aldaketaren makurra
azaltzen da eta bertan zentral mota bakoitzak betetzen duen
eginkizuna. Kontutuan izan makurpeko azalera energia dela.



3-7 Alternatorea

Turbinak ematen duen energia mekanikoa elektra energia bilakatzen duen makina da. Edozein elekrmakina biragarrik bezalaxe estatore finko bat du eta errotore biragarri bat. Bien artean burdinartea.

Induktorea errotorean egoten da eta induzitua estatorean. Induktorea korrante zuzenez elikatzen da eraztun irristari pare baten bidez. Sortzen den polo bakoitza beti iparra da ala beti hegoa, baina polo hauk biragarriak bait dira estatoreko haril bakoitzean fluxu magnetikoa aldatu egiten da.

Faraday-ren legearen ondorio bezala ($e = -N \frac{d\phi}{dt}$) estatoreko hariletan indar elektraeragile bat induzitzen da. Hau beste era batera esateko, induzituko edozein haritan instant bakoitzean sortzen den e indar elektraeragilea horrela idatz daiteke.

$$e = Blv$$

B indukzio magnetikoa, l hariaren luzera eta v errotorearen abiadura tangentiala direlarik.

Alderdi honetatik ikusita konpreni daiteke zergatik diren desberdinak zentral hidraulikotako alternatoretak eta zentral termikotakoak.

Zentral hidraulikotakoek diametro handia izaten dute luzeraren aldean eta polo irten asko. Zentral termikotakoek ordea luzera handia dute diametroaren aldean eta bi polo liso bakarrik izaten dituzte.

Alternatorea makina sinkrono bat denez gero, bira abiadura, frekuentzia eta polo pare kopuruaren arteko erlazioa finkoa da:

$$f = \frac{Pn}{60}$$

f = frekuentzia Hz etan

p = polo pare kopurua

n = bira abiadura b/min tan

Sortzen duten frekuentzia danentzat berbera da, 50Hz Europan eta 60Hz Ameriketara, beraz laster ikusten da abiadura handiagoa dutela zentral termikotako alternatoretarak hidraulikotakoak baino.

Halaxe da hori eta turbina eragileek ezartzen duten baldintza bat da. Turbina hidraulikoak geldiagoak dira lurrrin turbinak baino.

B indukzio magnetikoa ez daiteke nahi hainbat handi, batez ere makinaren errendimendua asko txikituko genukelako

Zirkuito magnetikoa osatzen duen burdinean potentzi galera batzu daude:

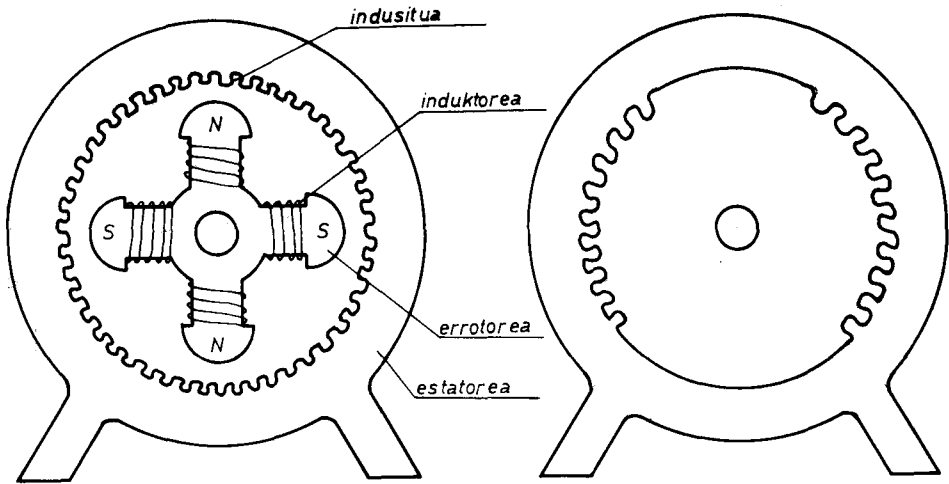
- Histeresis magnetikoari dagozkionak; indukzioaren karratuarekin hazten dira.

- Foucault-en korronteei dagozkienak; indukzioaren karratua baino berretura handixeago baten arauera aldatzen dira.

v abiadura tangentzialak ere bere mugak ditu: errotoreko harilkatuak jasan behar duen indar zentrifugoa abiadura tangentzialaren karratuarekin hazten da.

Turbina hidraulikoak bira abiadura txikia ematen bait du, alternatoretari polo asko eskatzen dizkio, diametro handia eta beraz potentzi berdina lortzeko luzera txikiagoa.

Lurrrin turbinak bira abiadura handia ematen duenez, alternatoretarak polo gutxi izango ditu, diametro txikia eta luzera handia.



Gaurko alternatoretan askotan 150000 KvA eta 250000 KvA artekoa izaten dira.

Makina hauek induktorea elikatzeke behar duten korrante zuzena, batzutan ardatz berean dagoen exzitatrirtz izeneko dinamo batek ematen du eta beste batzutan, gaurko alternatoretan berri gehienetan, alternatoretan ematen duen tentsio alternua artezten da artezgailu elektroniko batzuren bidez.

Makina handiak hozteko hidrogenoa erabiltzen da.

3-8 Zentraletako transformatoreak

Zentral batetan sortzen den elektra energia urrutira eramane behar denean oso kontutan hartzekeoak dira garraio lineatan izaten diren potentzi galerak.

Puntu batetan erabili behar den potentzia aktiboa P baldin bada, tentsio konposatua V , potentzi faktorea $\cos \varphi$ eta hirufaseko sistema bat baldin bada, eroale bakoitzetik doan korrantea hauxe izango da:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi} \quad (1)$$

Eroaleak duen erresistentzia R baldin bada, Joule efektu-arengatik galtzen den potentzia:

$$P_j = I^2 R \quad \text{izango da. (2)}$$

(2) formula honek garbi adierazten digun bezala, korrontea ahalik eta txikiena izan dadin komeni da. R txikia izatea ere ona da, baina eragin apalagoa du I korrontek baino, hau karra-tura dagoenez. Gainera, linearen erresistentzia zeren baitan dagoen begiratzen badugu:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

ρ = ekai eroalearen erresistibitatea

l = linearen luzera

S = linearen sekzioa

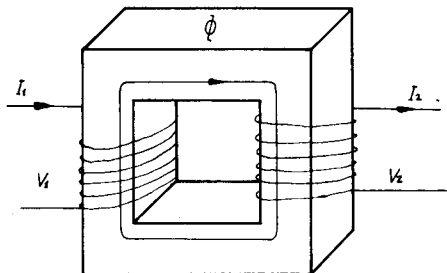
R jaistea garestia da: ρ jaisleak ekai garestiagoak erabiltzea eskatzen duelako, l inposatuta dago eta S handitzeak ere linea garestitu egiten du.

I jaistea beraz oso beharrezkoa da. Horretarako $\cos \phi$ handitzea komeni da. Hori kontsumitzailearen esku dago eta saiatzen da handitzen bestela entrepresa banatzaileak errekaratu bat ezartzen dio ta.

Beste neurri bat V handitzea da. Alternatoreek $6 \div 15$ Kv inguruko tentsioa eman dezakete. Tentsio hau 220 Kv, 380 Kv eta are gehiagoraino jasotzeko transformadoreak erabiltzen dira.

Hona transformadorearen oinharria:

Burdinazko nukleo itxi baten inguruan bi haril eroale ipintzen baldin badira irudian bezala eta lehen-harilkatuan V_1



entsio alternu sinusoidal bat zartzen badugu, burdinazko nukleoan fluxu magnetiko alternu sinusoidal bat sortuko da.

Fluxu aldakor honek bigarren harilkatua besarkatzen du eta Faraday-ren legearen ondorio bezala $(e = -N \frac{d\phi}{dt})$, V_2 tentsio alternu sinusoidal bat induzitzen du.

Transformakuntza honetan ba dira potentzi galera batzu, baina oso errendimendu onak lortzen dira burdinazko nukleoa ale orientatuzko xafla magnetiko meheak erabiliz. Horrela bai histeresis magnetikoarengatik eta bai Foucault-en korrrenteengatik sortzen diren galerak asko txikitzen dira.

Akats izugarriarik gabe esan daiteke bada potentziarik ez dela galtzen transformakuntzan (5% inguru galtzen da benetan) eta beraz

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

Lehen harilkatuko bira kopurua N_1 baldin bada eta bigarren-gokoa N_2 tentsio arteko erlazioa

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \text{da}$$

Azken bi berdintzak kontutan izaten baditugu:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

Horregatik alternatoretan ematen duen tentsioa transformatorre batetan sartzen badugu eta bigarren harilkatua lehenengoa baino bira gehiagokoa baldin bada tentsioa altxatuz korrontea txikitu egiten da.

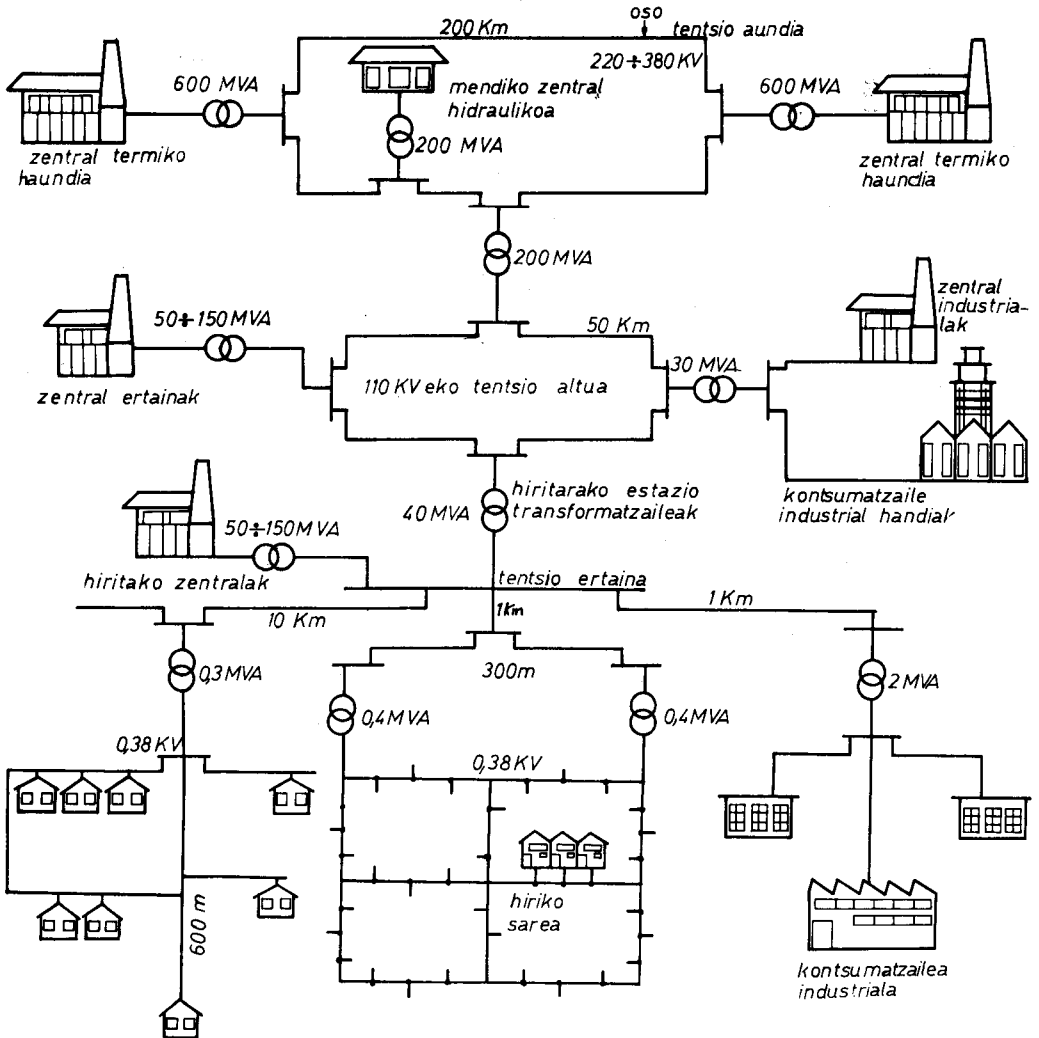
Irudikatu dugun transformatorea monofasikoa da. Zentraletako alternatoretan hirufaseko tentsio bat sortzen dute eta orduan hirufaseko transformakuntza egin behar izaten da.

Hirufaseko transformatoretan ba dira, baina zentraletan hiru transformatore monofasikoz osaturiko transformakuntz bankuak erabiltzen dira.

Batetik makina izugarri handiak egin beharko liratekelako bestela eta batetik ordeko transformatore monofasikoak erabilgarriago gertatzen direlako.

4.- Banaketa sareak

Ondoko irudian zentral sortzaileak eta kontsumo puntuak elkar-tzen dituen banaketa sare baten adibidea azaltzen da:



Tentsio oso altuko (220kv 380 Kv) sareek zentral handiak el-karkonektatzen dituzte kontsumo eta sorkunde ahalmenaren garaitik garairako eta lekutik lekurako gorabeherak konpentsatzeko.

Hurrengo tentsio mailara,hots 110 Kv ekora, hiriak, nekazal lurraldeak eta fabrika handiak konektatzen dira.

Fabrika handi hauek eta hiriek izaten dituzte batzutan beren zentral sortzaileak tentsio altuko alderdira konektatuak.

Tentsio ertaineko sareek (5÷30 kv) fabrika ertainak, egoitz guneak eta herriak tentsio altuekin konektatzen dituzte transformatore bitartez.

Behin hiritara hurbilduz gero tentsioa 380/220 V etara jaisten da.

Ahal denean airetiko lineaz garraiatzen da elektra energia distantzi handitara.Hiri barnean eta fabrikatan halere lurpeko kablez egiten da.

ENERGI FLUXUA GIZARTE INDUSTRIAL BATETAN

K. Zalbide

ENERGI FLUXUA GIZARTE INDUSTRIAL BATETAN

SARRERA

ENERGIAREN BANAKETA

ERRENDIMENDUAK

KONPARAKETAK

PERSPEKTIBAK

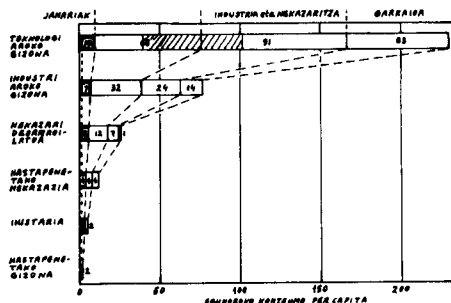
ENERGI FLUXUA GIZARTE INDUSTRIAL BATETAN

Artikulu honetan energi fluxua aztertzen saiatuko gara. Gizarte industrialak potentziaren erabilpenean oinarritzen dira. Potentzia, hau da, lan baten abiadura, energiari lotua dago. Gizarte batek, energetikoki aberatsa bada, energia gogor erabiltzen du.

Berdin da bai ehizean, lurgintzan edota erregaiak erretzen ari bada, gizona nahi eta ez naturako ziklo energetikoan sartzen da. Bertan, energia bere gustora egokitzen du: belarretatik haragira, egurretik ikatzera, ikatzetik elektrizitatera, e.a. Gaurko gizarte industrialen ezaugarri nagusia itxuragabeko energi-kontsumoa da. Eta ez da hau inportanteena, baizik eta kontsumo hau "kapital"etik (hau da, ikatza, petrolio, e.a.), lortzen dugula, eta ez egunero lurrera datorkigin energi fluxutik (eguzkitiko energia, e.a.)

Bestalde, gizarte industrial aurreratuen beste ezaugarri bat elektrizitate kontsumoan datza: geroz eta handiagoa.

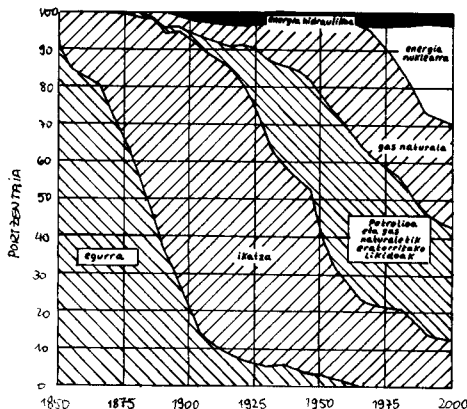
Energi kontsumoaren kurba esponentzialak badu erlazioz giza desarrolloaren maila desberdinekin (ikus 1 irudia)



Gizonaren energi kontsumoa berak jan lezakeen janariak bakarrik mugatzen zuenean, hura 2000 ukal eguneko izaten zen. Sua idorotzeak kontsumoa 4000 kkaloriatara igon zuen. Aintzinako nekazal gizarte batean, proportzioa 12000 kkal. tara heltzen zen. Nekazal gizarte aurretatuak, berriz, bi aldiz gehiago kontsumitzeke gai siren. Teknologia bajuko iraultza industrialeko momentu onenean, hau da, 1850 eta 1870 urteen artean, kontsumoa (egunerokoa eta per capita) 70000 kkal-tara igon zen. Ingalaterra, Alemania eta EE.BB. etan. Ondorengo iraultza industrialak energia elektrikoa sortzeko zentralesak eta autoak bideratuak dute. Bi asmakizun hauek kaleko gizonaren bizia erabat aldatuak dute, beraien bidez posibilitatu bait zen potentzia bai etxean, nahis bidean aplikatzea. Honela, 1970. urtean EE.BB. etan energi kontsumoa, egunero eta per capita, 230.000 kkal adinakoa izan zen. Egun, eskualde industrializatuak, munduko jendetza guztiaren 30% bakarrik bilduz, munduan produzitzen den energia guztiaren 80% kontsumitzen dute. EE.BB.ek, jendetza totalaren 6% bakarrik izanik, energia guztiaren 35% gastatzen dute.

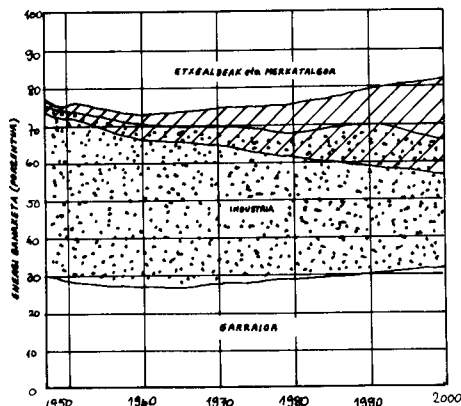
Mendebal European finkatutako gizarte industrialak, hasieran, egunero berriro osatuz doazen energi-iturriez baliatzen zen. Baina azken mendek eta erdiko hazkunde hau erregai fosilei esker lortu da. Azken erregai hauek ezin dira berriro, epe motz batean behintzat.

Eguno gizarte industrialak erabat lotuta dago erregai hauen kontsumoari. EE.BB. etan, adibidez, bertan kontsumitutako energia guztiaren 96% erregai fosilen bidez lortzen da. Erregai hauen banaketa argien irudi batek agertuko digu:



Bertan agertzen diren balioak EE.BB. etako kontsumoa adierazten digute. Estatu honetan erregai fosilak erabili gabe dagoen enargi-iturri bakarra hidraulikoa da. Halaz ere, hau geroz eta gutxiago erabiltzen ari dela dirudi 1950 urtetik hona.

1945. urtetik aurrera, ikatzaren esplotazioa gogorki jaitsi da, gas eta petrolioarenak bultzada serio bat jasoz. Bultzada hau, zenbakitara pasatuz honela gelditzen da. 1960 eta 1970. urteen artean, petrolio eta kideko produktuen inportazioak bikoiztu egin ziren eta gaur egun kontsumo osoaren ia 30% errepresentatzen dute. Guzti hau, lehen ez badugu esan, EE.BB. etako datuak ditugu.



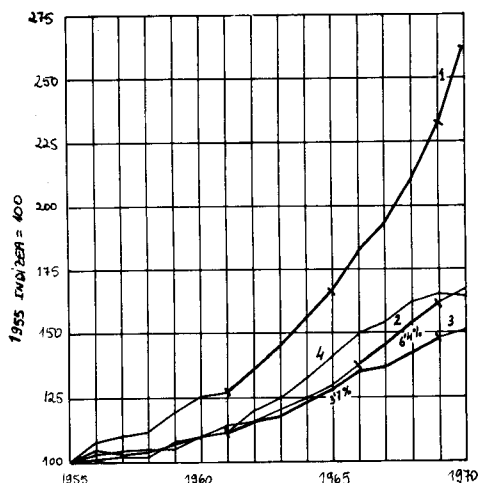
Baina zergatik pasa gara hain urte gutxitan ikatzetik petrolio eta gasera? Egia esan, erantzuna ez da batere zaila: lurrun-makinetatik diesel-makinetara pasatzeak ikatza petrolioaz ordezkatzeari adierazten du. 2. gerra mundialaren ondoren, gasa banatzeko tutuak herri gutietara zabaltzen dira, gasa presio handiz garraiatuz eta honela garraioaren kostuak hein handi batean txikituz. Kotxeak, berriz, izugarri ugaltzen dira eta hegazkinen kopurua eta inportantzia ere ez da nolana hiko gaur egun. Bestalde, badago beste arrazoi bat oraindik, aipatzea komeniko litzatekeena: ezagunak dira azken bolada honetan entzuten diren

sloganak eta aginduak, etxeetako kalefazioetan erregai garbiak erabiltzeko esanez. Baina hau ez da etxeetan bakarrik gertatu, zentrale termiko askok ere ikatza fuel-oil edo gasarengatik trukatu bait du.

Halaz ere, EE.BB. etan egin diren azterketa batzuk zera agertu dute: hazkunde honen zati handi bat (handiena, hain zuzen) etxeko edo komertzioko aplikazioek bereganatu dutela, garraioa ere multzo honetan sartuz. Industriak, harrigarri badirudi ere, ez du honelako aldaketa sakonik jasan alde honetatik. 3. irudiak frogatzen du asken hau. Proporzio industrialak badirudi jaisten ari dela, etxe eta komertzioetako erabilpenak handituz. Garraioa berriz, ez dago esan beharrik ere. Irudi honetan agertzen den gauza harrigarriena sektore elektrikoaren hazkunde da. 1970 urtean, EE.BB. etan egindako lan guztiaren 10% elektrizitate bidez lortua izan zen (ikus 4. irudia). Baina hau ez da dena: energi-fluxua grafikoki errepresentatzerakoan, elektrizitate-kopuru guzti hori lortzeko energia guztiaren 26% gastatu behar izan dugula konturatzen gara. Eta hau, elektrizitatearen produkzio eta transmisio-errendimenduak oso bajuak bait dira. Elektrizitate-produkzioa handitzen bada, eta honela pentsatzeak logikoa dirudi, 2000. urterako elektrizitatearen proportzioa 25% izango da, eta elektrizitate kopuru guzti hau lortzeak energi-kontsumo guztiaren 43-53% suposatzen du. Momentu horretan, zentrale elektrikoek kanporatuko duten hondar-beroa, EE.BB. guztian egin den lan baliagarri guztiaren erdia bezainbat izango da.

tuz, eta lehendik gelditzen ziren 2200 kkal. horiek pertsonak hartzen dituzte. Beraz pertsonak 2200 eta 900, hau da, gutxira 3100 kkal. per capita hartzen ditugu janari itxuran.

Aurreko guzti hau egitza hartuz, zelatik mahaira sistema honek 31% errendimendu batez funtzionatzen du. Elektrizitatearekin ere beste hainbat gertatzen da. Kasualitatea ote? Ez dirudi, zeren bietan galera handiak sortzen dira energia ez egoki batetik beste askoz egoki batera pasatzean.



Azter ditzagun zehazkiago azken urte hauetan gertatutako energi fluxu aldaketak. Energia elektrikoaren kontsumoa ez da beste sektore-ena baina azkarrago igo, baizik eta bere hazkunde indizea 7% (1961-1965) tik 9,25% (1970)ra pasa da. Industriak eta komertzio eta etxeek kontsumitutako energia erritmo iraunkor batean mantendu da azken 10 urte hauetan, garraioak energia eskea 1966 tik hona erritmo hori gaindituz.

Azken urte hauetan energi kontsumoa urtero 5% gehiagotu da, EE.BB. etako jendetza hazkundera baino 4 aldiz azkarrago. B₀ stalde, produktu nazional orokorra eta beste sektore energetikoak batera handitu (ugaltu) dira. Honen ondorio zera izan da: produktu nazional orokorraren eta ener-

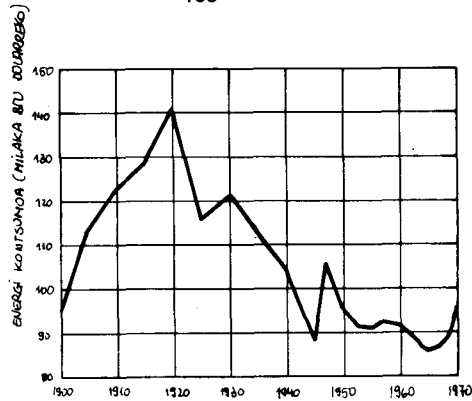
gi kontsumo totalaren arteko desoreka bat.

Proportzio hau 1920. urtetik txikitzen ari zen, baina 1967an konturak aldatu egin dira. Geroztik, proportzio honen ugaltzea etengabekoa izan da.

Proportzioaren handitze hau errendimendu ekonomikoaren beheraldi baten adierazpidea dugu. Eta beheraldi honen arrazoietakoa bat elektrizitatea da. Gaur egun elektrizitatea erabiltzen dugu, nahiz eta, posible izan lan berdina burutzeko erregaiak bertan erretzea, honela errendimendua igonaz. Adibide argia kalefazioa dugu. Zenbat eta zenbat lekutan erabiltzen da honetarako energia elektrikoa (errendimendua 31%), nahikoa genukeenean bertan ikatza, gasa edo fuel oil garbi bat erre, honela errendimendua 60-90%ra igonaz. Bada beste sektore bat, kalefazioarena baino azkarrago igon dena: airearen girotzearena hain zuzen. Girotze hau, zer esanik ez, elektrizitatearen bidez lortzen da. Sektore hau dugu guztien artean azkarren handitu dena. 1967 eta 1970 artean, aire girotuaren kontsumo elektrikoa urteko 20% igo zen. 1969-1970 artean energia elektrikoaren produkzioaren handitze totalaren ia 16% errepresentatu zuen aire-girotzeak. Eta guzti hau produktu nazional orokorra ia handitu gabe.

Errendimendu hau beste ikuspuntu batetik azter dezakegu: zenbat lan baliagarri lortzen den produzitzen den energi kopuru totaletik. "lan baliagarri baliokidea" edo errendimendu tekniko totala honela definitzen da:

konbertsio-errendimenduaren eta makinaren aplikazio-errendimendua-ren arteko biderkadura. Konbertsio-errendimendua ez da beti esistitzen, honetarako bitarteko makina batek egon behar bait du. Adibide arrunta elektrizitatea dugu. Lehenik bera sortu behar da, beste energi-iturriak honetara bilakatuz. Ondoren, elektrizitate hau beste zerbaitetara transformatu dugu. Bigarren pauso honetan beste errendimendu bat izango dugu, segurutik, 1 baino txikiago dena.



Energi kontsumo eta produktu nazional orokorraren arteko erlazioa azken urte hauetan asko aldatu zaigu. Erlazioak beheraldi bat izaten du. PNO altua denean. Momentu haietan energia ondo erabiltzen da (Bigarren gerra mundiala). Erlazio hau 1965 tik hona etengabe handitu da. Arrazoiak honako hauk dira:

Aire girotuaren erabilpenaren ugaltzea eta produkzio-errendimenduetan nabaritu den aurrerapen txikia.

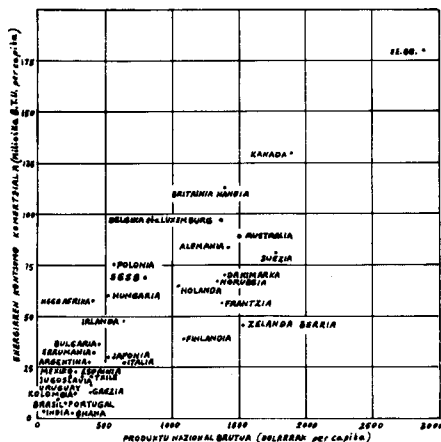
Garbi dago errendimendu teknikoak tarte zabal batetan murgiltzen direla. Egun erabiltzen ditugun tresnak ez dute denek energi-konbertsioa era onenean egiten. Askotan esan ohi da erresistentzia elektriko funtzionatzen duten berogailuen errendimendua 100% dela. Hau ia egia da, sukaldeko ura berotzen ari den momentu horretan bakarrik pentsatzen dugunean. Baina hau ez da honela ulertu behar. Kontuek totalak behar dute izan, eta honetarako zentralean termikoan gastatu den ikatz, fuel edo gasaren kopurua kontatu behar dugu. Baina ikus dezagun ondoko irudia, bera baita datuen bidez guzti hau argien esplikatu diguna.

EE.BB.etan erabiltzen den sistema energetiko guztiaren errendimendu teknikoa, gutxi gorabehera 5% da. Sistemaren errendimendu ekonomikoa ondotxo apalagoa da. Honek ere bere arrazoiak izan behar du. Erantzuna honetan datza: Erregaien ekstrakzio, errefinazio eta garraioan, elektризitatearen tresna, banaketa-sare eta konbertsio-instalazioen eraiketa eta funtzionamenduan, honder produktuen ezabatzean eta gure ingurunearen zainketan lana enplegatzen dugu, honela errendimendua jaitsiz.

	Energiaren lehen sarrera (unitateak)	Energiaren bigarren sarrera (unitateak)	Aplikazioaren errendimendua (%)	Errendimendu teknikoa (%)
Autoa				
Barne erreketako motorea	100		25	25
Elektризitatez kargatutako inertzi-bolantea	100	32	100	32
Berogailua				
Erregai zuzenean erabiliz	100		75	75
elektrikoa	100	32	100	32
Altzairu-galda- keta. Coke bidez	100	94	94	70
elektризitateaz	100	32	32	32

Koadro honi buruz bizpahiru gauza esan behar ditugu. Lehenik, autoren kasuan, ez dira kontutan hartuak izan marruskadura eta beroaren bidez sortzen diren galerak inertzia bolantez mugitzen bada. Cokeari buruz, beste ohar bat egin behar dugu. Cokeak ikatzaren energia osotik 66% bakarrik kontserbatzen du; baina azpiproduktuetatik errekuperatzen den energiak errendimendua 94% arte igon arazten du.

Gizarte industrial batek ez du energi-kopuru handi batez hornitzea behar bakarrik, baizik eta energi-kontsumo per capita handi bat ere bai. Beraz, estatu baten PNO eta energi-kontsumoa lotuta daude. Normalean, energi-kontsumo per capita handi bat nahieta ezko baldintza dugu, ondasun-eta zerbitzu-produkzio handi bat lortu nahi bada.



EE.BB.en posizioa hartzen badugu irudimenezko zuzen bat marrazteko, zenbait estatu zuzen honen gainetik eta beste zenbaitzu azpian geldituko dira. Badirudi, zuzen honen goikaldetik gelditzen diren estatuek gehienbatean industria pisatuari lehentasuna ematen diotela; azpian gelditzen direnek berriz, zerbitzuetara zuzentzen dute bere industria. Hau ez da erabat egia, baina idea bat eskaintzeko balio du. Bestalde, goikaldean agertzen diren estatuek energiaren konbertsio-errendimen-

dua hobea dute. Estatuen egoera ekonomikoarekin banaketa sistema hau erabil dezakegu, mailarik altuena dutenak azpikaldean jarritz.

Pentsa zitekeen bezala, PNO eta energi-kontsumoa oso lotuta daude, baina erlazio honen balioa ez da bat. Zenbait estatutan (SESb eta Hegoafrikan, adibidez) energi kontsumo handi bat dute, beren PNOarekin gonbaratzen badugu. Beste batzutan, berriz, Suezia eta Zelanda Berrian bezala, produkzioa askoz handiagoa da energi-kontsumoa baino. Diferentzia hauek estatuetako industri mota adierazten digute: industria pisatua, energi-kontsumo handi batekin, edota industria arina, zerbitzuei zuzendua. Bestalde, bi industri-mota hauek desberdintza ekonomikoaren maila desberdinen ezaugarriak ditugu. Badago oraindik beste puntu bat ere ukitzeko, eta hau errendimenduarena da:

Oraindik beren energi-kontsumoa ikatzaren bidez produzitzen dituzten estatuek energi gastu handiagoak dituzte, petrolio eta gasa erabiltzen dituztenek baino.

Aintainako joeren analisisa ere interesantea dugu; 1800 eta 1880 artean, EE.BB jendetza ugaltzen ari zela ikus daiteke, eta horrek energi kontsumo-ugaltzea eragin zuen. Bestalde, amerikanoen bizimaila ere honetan handitu egin zen, zeren energia 1800. ean egurraren bidez lortzen zena, 1880 ean jadanik ikatzaren bidez lortzen zen, errendimendua gogorri handituz. 1900 eta 1920 artean, energi-erabilpenaren ugaltzea izugarria jasan zen, bizimaila hobetu gabe. Energi kontsumoaren eta PNOaren arteko erlazioa 50% handitu zen 20 urte hauetan (1900-1920), ordurako energia elektrikoa erregaien enplegu (erabilpen) zuzena ordezkatzeko hasia bait zen. Bestalde, autoak ere geroz eta gehiago ugaltzen ziren (auto baten errendimendua maximoa 25% da). 1900ean 8000 auto bakarrik zituen USAk, baina 1920 rako kopuru hau 8.132.000 ra pasatu zen. Arrazoi gehiago ere badira: murgintza eta murgintza adibidez, biak energi kontsumo handikoak.

1920 tik aurrera epe luze bati ematen diogu hasiera, bere ezaugarri nagusia konbertsio eta erabilpenaren errendimendua igotzea delarik. Errendimenduaren ugaltzea hau eske totalaren ugaltzea baino bi heren (2/3)

berdintzeko nahikoa izan zen.Hau dela eta energi-kontsumoaren eta PNOaren arteko zatidura 1920ko maximoaren 60% arte jaitsi zen.Eta guzti hau per capitako energi-kontsumoa handituz joan arren 1920 eta 1965 artean,elektrizitatearen produkzio eta transmisioa ia hirukoiztu egin zen.Bai meagintza,eta baita oihalgintza ere , askoz astiroago handitu ziren eta zerbitzu sektorea,energi-kontsumo gutzikoa bera,inportantea-go izatera pasatu zen.

Behin baino gehiagotan entzungo genuen oraingoz " botereak usteldu" egiten duela.Hau diogunean,gizon batzuk beste batzuren gain mantentzen duten kontrola adierazi nahi dugu.Baina frase hau oraindik zentzu zabalago batetan uler daiteke,alegia,gizonek errekurtsio energetikoen gain ezartzen duten boterea bezala.Zenbat eta potentzia gehiago izan gizarte industrial batek,hainbat eta potentzia gehiago nahi du.Potentzia gehiago erabili ahala geroz eta joera indartsuagoa sortzen da gurre etxe, herri,ekonomia eta instituzio sozialak energia gehiago erabil dezaten eran eraiki eta planifikatzeko.

Gizarteko agintari eta zuzentzaileak ez omen dira gai momentu honetan,energi-kontsumoa serioki laburtzeko,hartarako ekintza batzuri hasiera emanaz.Hori eginaz ekonomiak oso gogor sentituko omen luke. Baina, nahi ala ez, behar-beharrezkoa izango da.Energi-eskearen nibelatzea geroz eta beharrezkoagoa ikusten da.EE.BB.etan,adibidez, errekurtsioek nahiz ingurunearen ezarritako mugetara heldu dira. Hemendik urte batzutara,kanpotik ekarri beharko duten petrolio eta gas kopurua geroz eta handiagoa izango da,gastuak igoten ari bait dira.Erosketok gutxitzeko,bertako erreserben produkzioa igon daiteke.Baina honen,berriz,bi galderari erantzutera behartzen gaitu:Hobe al da erreserbak(dauden apurrak),erabat gastatzea etorkizunean pentsatu gabe?Noiz arte jasango du inguruneak hazkunde hori?

Pentsa dezagun egungo erreserbez baliatuz oraindik zenbait urte jarrai dezakegula era honetan.Baina hauk ere nahi eta ez,inoiz bukatu egingo dira.Beraz, epe luzera,beste bide bati ekin beharko zaio,etorkizunean energiarik izan nahi badugu,Energiturri honek mugagabea behar du izan, eta ez du ingururik kutsatu behar.Eta etorkizunean horrelakorik izan nahi badugu bide hauk oraindik serioki aztertzen hasi behar-

ko da.

Agian inguruak inposatzen dizkigun mugak erreserbak inposatzen dizkigunak baino inportanteagoak dira. Egungo energi-transformaketak inguru guztia kutsatuta uzten du. Gure hibai, meatze, lur eta airea erabat kutsatuta daude. Pentsa dezagun sarritan ikusten ditugun fotoetan. Eta kotxeak, fabrikak, txalupak, zentraleak eta abar luze bat ez dira gelditu. Prozesu guzti honen ondoren beroa (hondar-beroa) produzitzen da, bereziki zentrale energetikoen inguruan.

Halaz ere, hurrengo 50 urtetan oraindik erregai zikinak (ikatz eta petrolio) erabiltzen jarraituko dugu. Ikatzaren erretzea hobe dezakegu, zentrale termikoak meatzeen ondoak eraiki ditzakegu, petrolio eta gasa harbel oliotsu eta ikatzetik lort ditzakegu. Zentrale nuklearrak gehiagotzen direnean, agian lurpean eraikiko dira, edota zerbitzen dituzten herrietatik urrun, Transmisioko gastuak pagatzeko prest bagaude. Eta gehiago ere, agian hondakin erradiaktiboak sortzen dituzten problemak gainditzen ditugu.

Guzti hau egun batetan egiaztatzen bada ere, hor gelditzen zaizkigu goimugak. Autoaren motore eta egun erabiltzen duten erregaia ez dira inoiz garbiak izango zer esanik ez, berandu baino lehen gasolinazko motoreak hiri barrutan galerazi egingo direla, Baina gure herriak kotxei begira eraikiak izan dira. Beraz, soluzio bat bilatu behar da. Bata, auto eta autobus elektrikoak lirateke (baterien edo inertzia bolanteen bidez eraginak). Baina alor honetan oraindik ibiltzen hasi berriak gara eta ezin daiteke segidan erantzun serio bat itxadon

Hemen eman den soluzioa, halaz ere, ez da soluzio osoa. Egia da kaletako airea garbia izango dela (edo, behintzat, oraingo hau baino askoz garbiagoa). Baina ez dugu ahaztu behar kotxeok kargatzeko inon entxufatu beharko direle; edota, berdintsua dena, askoz elektrizitate gehiago produzitu beharko dela, honela zentrale elektrikoek beren kutsadura handiagotuz.

Halaz ere, aldaketa hau ez dugu hain txarra. Lehenik, kotxeek sortzen duten kutsadura zentraleena baino txarragoa delako; eta bigarren, aldaketa hau egitean ez dugu erregai gehiago gastatu behar. Ez deza-

gun ahantz motore baten errendimendua 25% dela (ikus onenean) eta zentrale batena, berriz, 32%. Elektrizitatea energia mekaniko bilakatzeko errendimendua oso altua da, ia 100%. Beraz, irabazten irteten gara.

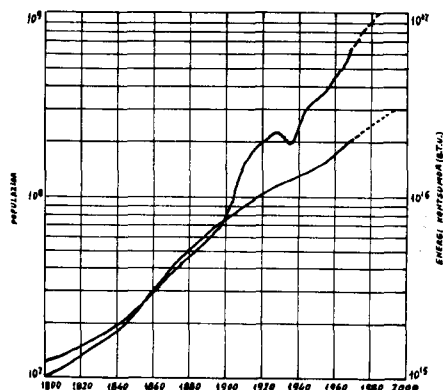
Beste soluzio bat bero-bonben aplikazioa litzateke, etxe edo fabrikak berotu edo hozteko.

Bi soluzio hau aplikatuz, inguruneak diferentzia nabarituko luke. Eta zentrale termiko edo nuklearrak hobetuko balira, (eta ez hobetu bakarrik, baizik eta beren eraiketa-lekuak ere kontutan hartu), agian ez ginateke bide okerretik joango.

Eguno teknologiak gure erreserba, seguruen kopurua handitzea lortzen badu, eta ingurunearen kutsadura arazoizko muga barnean mantentzen mende honen bukaerarako soluziorik zaileneko problema hondar-beroarena izango dugu.

Egun, EE.BB.etan gastatzen den ur guztiaren 10%, zentrale elektrikoak hozteko erabiltzen da. Baina kopuru hau handituz joango da, zeren eta geroz eta zentrale nuklear gehiago eraikitzeotan dira, eta zentrale nuklear batek, bere potentzia berdineko zentrale termiko arrunt batekin gonbaratzen badugu, 50% ur gehiago behar du zirkuituak hozteko. Uraren tenperatura 15°F edo gehiago igoten da honelako zentrale batetik pasatzerakoan.

Eta hau, ekologi aldetik pekatua da: ur hau ondoren hibai, laku edota ozeanoetara botatzen bait da. Problema hau ahal den neurrian txikitzeko errefrigerazio-dorre handi batzuk eransten zaizkie errefrigerazio-zirkuituei, honela bero kopuru handi bat eguratsera pasatuz. Eguratsa itsasoak baino beroa gordetzeko foku handiagoa bat dela jakin arren, ez dugu ahaztu behar honek ere bere mugak dituela.



Soluzio asko eskaini dira zentraleetako ur beroa aprobetxatzeko:erregadio,itsasbideak desjelatzeko edota,ezagunena,etxeak berotzeko.Egun EE.BB.etako zentraleek sortzen duten ur beroa nahikoa da Iparramerikako etxe guztiak berotzeko.Baina teoriatik praktikara salto handi bat dago:honetarako garraiatu behar diren ur-kopuruak, ur honen temperatura baxua eta zentrale eta etxeen arteko distantziak oztopo handiegiak dira bero hau erabiltzeko.Idea hau ez bada oraindik praktikara eraman ere,horrek ez du esan nahi jendea saiatu ez denik.Badago Berlinen zentrale bat bi helburuok betetzeko.Funtzionatuz daraman urteetan beste sistemak baino errentagarriago dela frogatu du.Berlingo zentrale honek ez du bakarrik hondar-beroa gordetzen baizik eta,gainera,erregai gutxiago gastatzen du.

Egungo teknikak ez digu itxaropenik asko eskaintzen hondar-bero hau gutxitzeari dagokionez.B⁴ditugu bi sistema,elektrizitatea hondarberorik sortu gabe produzitzeko.bata zelula fotovoltaikoa dugu,beste,berriz,zera litzateke:fusio-erreaktore bat, energia elektrizitatean zuzenki bilakatzeko gai dena.Baina biak ez daude behar hainbat aurreratuak.Zelularen errendimendua 60% litzateke,eta fusioa mende honen bukaera arte martxan jartzea posible izango denik ez du inork baieztatzen.