Sare elektrikoen proiektuak

4. Aireko sareak. Kalkulu mekanikoa

4. Aireko sareak. Eroale baten kalkulu mekanikoa

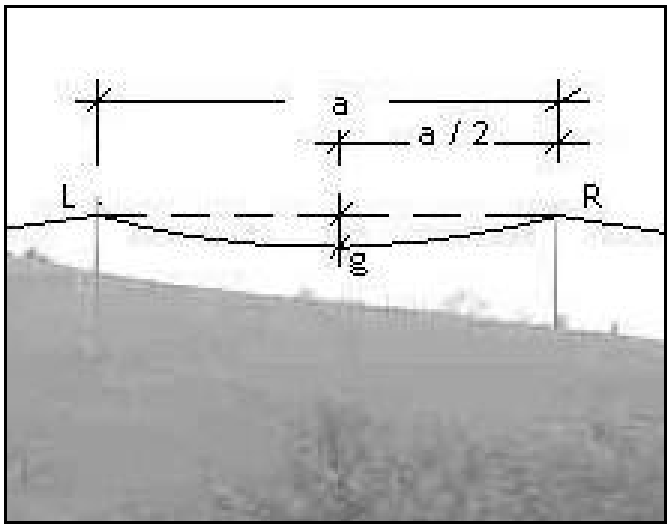
4.1. Geziaren ekuazioa

Sarreran azaldu zenez, bi zutoinen artean dagoen guneari “hutsartea” deitzen zaio.

Hutsarte bateko bi zutoinen artean, katenaria-itxura izaten du eroaleak. Baina katenariaren formulak nahiko konplexuak izaten direnez, parabolaren itxura duela jotzen da, horrela jokatuta sortzen den akatsa txikia baita.

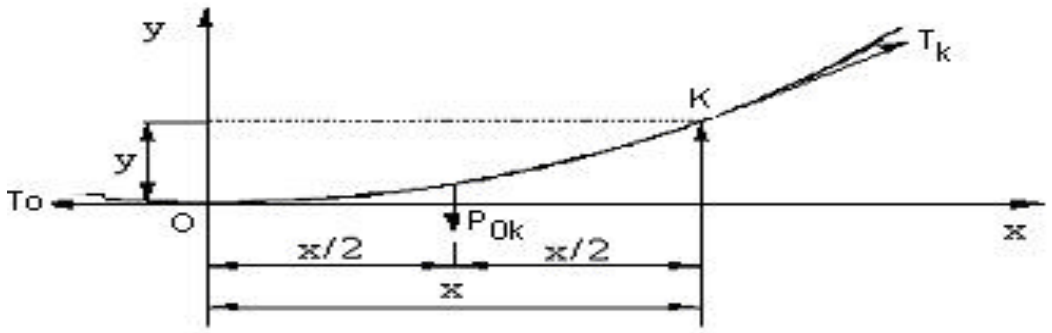
Irudian ikusten den bezala, deitu diezaiogun L (*left*) ezkerrean dagoen zutoinari eta R (*right*) eskuinean dagoen zutoinari. Eroaleak helduta dauden puntuen artean marra bat margotzen bada, parabolaren puntu baxuenetik marrara dagoen distantziari “gezia” (g) deitzen zaio.

Irudian dagoen hutsartearen luzera *a* da.



Hutsartea

Demagun hutsartea horizontala dela; margotu dezagun eroalearen parabola koordenatuen ardatz batean zentratuta. Eroalea L eta R puntuen artean loturik dagoenez, zutoinek eroaleen tentsioa jasaten dute (T_L eta T_R). Irudikoa bezalako hutsarte horizontal batean gezia txikia izango denez (luzerarekin konparatuta), tentsio horiek berdintsuak izango dira, alegia, $T_L \cong T_R \cong T$.



Geziaren ekuazioa ateratzeko, begira diezaiogun puntu baxuenetik (O) K puntura doan zatiari (O-K):

Zati horrek P_{0K} pisua du erdian kokaturik, eta T_O eta T_K tentsioak jasaten ditu muturretan.

Zatia geldirik egon dadin, K puntuan sortzen diren indar-momentuak hauek dira:

$$\Sigma M_k = 0 = T_k\, 0 + T_O\, y - P_{0K} \frac{x}{2}$$

Metro bakoitzeko pisuari *P* deitzen badiogu eta, hurbilketa gisa, zati horren luzera *x* dela jotzen badugu:

$$P_{0K} = P\ x$$

Aurreko formulan ordezkatuz:

$$\Sigma M_k = 0 = T_O\, y - P\ x \frac{x}{2} \quad \Rightarrow \qquad T_O\, y = P\ x \frac{x}{2}$$

y ezkerrean uzten bada[1]:

$$y = \frac{P\, x^2}{2 T_O}$$

K puntuaren ordez R puntua aztertzen bada, O-R zatian $x = a/2$ eta O eta R arteko distantzia bertikala gezia izango da, alegia y = g

Horregatik, eta ***hutsarte horizontal batean*** $T_O \approx T_R \approx T_L = T$ denez [2], azkenean sortzen den ekuazioa hau da:

$$g = \frac{P\, a^2}{8 To}$$

g = gezia (m)
a = hutsarte-luzera (m)
P = eroalearen pisua metroko (kg/m)
T = tentsioa (kg)

Eta sekzio-unitatean jarrita:

$$g = \frac{p\, a^2}{8 to}$$

g = gezia (m)
a = hutsarte-luzera (m)
p = eroalearen pisua metroko eta sekzio-unitateko = P/S (kg/m mm^2)
t = eroalearen tentsioa sekzio-unitateko = T/S (kg/mm^2)

1. OHARRA: zenbait liburutan, *h* parametroa erabiltzen da, non *h = To/P* baita. Beste liburu batzuetan, berriz, pisuari *P* deitu ordez, *W* hitz ingelesa (*weight*) erabiltzen da.

2. OHARRA:

Desnibel handia duten hutsarteetan, non:

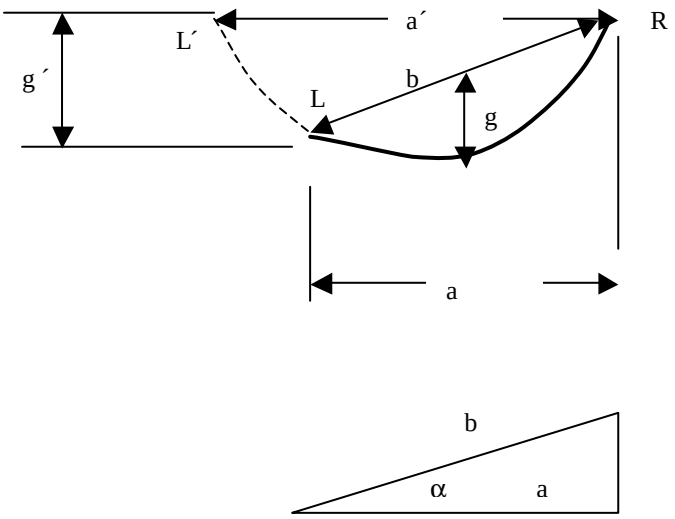
b = hutsarte-luzera

a = hutsate-luzeraren proiekzio horizontala

a´ = bi zutoinak altuera berean izango balira, hutsarteak izango lukeen luzera (gezurrezko luzera deitzen zaio)

g = gezia

g´ = bi zutoinak altuera berean izango balira, hutsarteak izango lukeen gezia (gezurrezko gezia deitzen zaio)



Truxa ikertzaileak dio ikusi berri dugun gezi-ekuazioa erabil daitekeela kalkulua egiteko, hutsarte-luzeraren (b) ordez proiekzio horizontala (a) jartzen bada.

Hori eginez gero, ateratzen den tentsio-balioa hutsarte-erdikoa (t) izango da. Balio hori erabiliko da beste egoeretan dagoen tentsioa jakiteko.

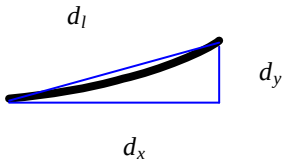
Tentsio horren zati horizontala: $to = {}^{a}/_{b}\, t$

Eta, gezia kalkulatzeko:

$$g = \frac{p\, a\, b}{8\, to}$$

4.2. Luzeraren ekuazioa

Eroalearen benetako luzera jakiteko, har ditzagun eroalearen zati diferentzial bat eta, berak osatzen duen kurbaren ordez, zati diferentzial horren muturrak batzen dituen marra zuzena. Hori eginez gero, esan dezakegu d_l irudikatzen duen marra zuzena triangelu bateko hipotenusa dela, eta triangelu horren katetoak d_y eta $d_x$direla.



Eta, Pitagoras–en teoremak dioenez, triangelu horretan: $dl^2 = dx^2 + dy^2$

4.1. atalean ikusi da.... $y = \frac{P\,x^2}{2\,T}$ ormula hori deribatu ondoren: $\frac{dy}{dx} = 0x^2 + \frac{2x\,P}{2\,T} = \frac{x\,P}{T}$

dy balioa goiko formulan ordezkatu eta ateratzen den formula integratuz gero, azkenean, formula hau dugu eroalearen luzera kalkulatzeko:

$$L = a + \frac{P^2 a^3}{24\,T^2}$$

L = eroalearen luzera (m)
g = gezia (m)
a = hutsartearen luzera (m)
P = eroalearen pisua metroko (kg/m)
T = eroalearen tentsioa (kg)***

Eta pisua eta tentsioa sekzio-unitatean jartzen badira:

$$L = a + \frac{p^2 a^3}{24\,t^2}$$

L = eroalearen luzera (m)
g = gezia (m)
a = hutsartearen luzera (m)
p = eroalearen pisua metroko (kg/m mm^2)
t = eroalearen tentsioa (kg/mm^2)

*** 1. OHARRA: zenbait liburutan, pisuari P deitu ordez *W* hitz ingelesa (*weight*) erabiltzen da .

2. OHARRA: katenariaren ekuaziotik *L* balioa ateratzen bada eta McLaurin serie garapenaren lehenengo bi elementuen bidez garatzen bada, ateratzen den ekuazioa berdina da.

4.3. Eroaleen gaineko indarrak eta eraginak

Eroaleek jasaten duten tentsioa pisuaren araberakoa denez, pisua igo ahala tentsioa ere igotzen da. GTSEAren 15. artikulutik 17.era aipatzen dira kalkulua egiteko aztertu beharreko eraginak:

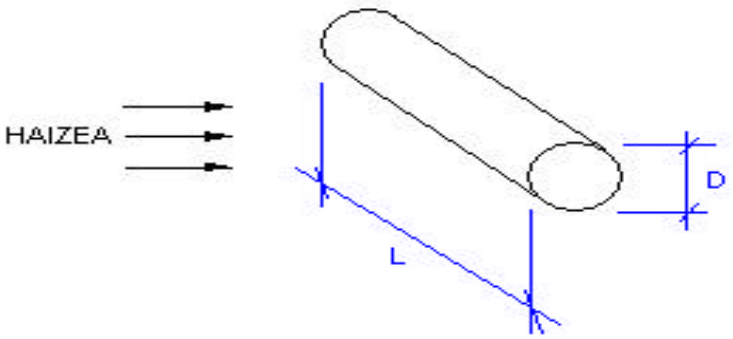
a) Zama egonkorrak
b) Haizearen indarraren eragina
c) Izotzaren eragina

4.3.1. Zama egonkorrak

GTSEAren 15. artikuluak dioenez, sare batean dauden osagai guztien pisua kontuan eduki behar da. Eroalearen kalkulua egiteko ere, kontuan izan behar da eroalearen beraren pisua, gero jasango duen tentsioa pisuaren araberakoa izango baita.

4.3.2. Haizearen indarra

Haizeak eroalearen kontra jotzen duenean, horizontalki mugitzen du eroalea. Mugimendua haizearen indarraren araberakoa izango da. Zein da haizearen aurrean dagoen azalera?



Irudian ikusten denez, haizearen aurreko azalera hau da: eroalearen luzera bider eroalearen diametroa, alegia: Azalera = L x D

Zer indar sortuko du haizeak azaleraren kontra? GTSEAren 16 artikuluak bi hauek finkatzen ditu:

Eroalearen diametroa	**Haizearen indarra**
D £ 16 mm	60 kg/m^2
D > 16 mm	50 kg/m^2

Horren ondorioz, metro bateko luzerako eroale batean haizearen indarrak gainkarga hau sortuko du:

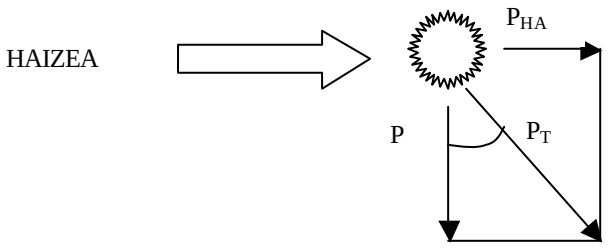
$D \leq 16$ mm $\Rightarrow$ $P_{HA} = 60\ D$

$D > 16$ mm $\Rightarrow$ $P_{HA} = 50\ D$ D = eroalearen diametroa (metrotan)

Normalean diametroa milimetrotan ematen denez, azkenean gelditzen diren formulak hauek dira:

Eroalearen diametroa (mm)	Haizearen presioa
	P_{HA} (kg/m) D (mm).
$D \leq 16$ mm $\Rightarrow$	$P_{HA} = 0{,}06\ D$
$D > 16$ mm $\Rightarrow$	$P_{HA} = 0{,}05\ D$

Haizeak gainkarga horizontala sortzen du; pisuak, aldiz, karga bertikala. Horrek esan nahi du bien artean efektu hau lortzen dela:



$$P_T = (P_{HA}^2 + P^2)^{1/2}$$

4.3.3. Izotzaren eragina

Izotza egiten duen eremuetan, eroalearen pisua handitu egiten da.

Horregatik, GTSEAren 17. artikuluan, izotzaren eragina aztertzean, 3 eremu bereizten dira:

Eremuak	Eremuaren altitudea
A eremua	500 m-tik behera dauden eremuak
B eremua	500 eta 1.000 m arteko eremuak
C eremua	1.000 m-tik gora dauden eremuak

A motako eremuetan, ez da izotzaren eragina aztertzen, izotza egiteko arriskua txikia baita. Baina B eta C motako eremuetan, eroalearen pisuari gainkarga hauek erantsi behar zaizkio:

Eremuak	Izotzaren pisua
	P_{IZ} (kg/m) D (mm)
A eremua	$P_{IZ}=0$
B eremua	$P_{IZ}=0{,}18\sqrt{D}$
C eremua	$P_{IZ}=0{,}36\sqrt{D}$

Beraz, eroaleak jasango duen pisua honela kalkulatzen da:

$$P_T = P + P_{IZ}$$

4.4. Tentsioaren kalkulua. Egoera-aldaketaren ekuazioa

Eroalea luzatu egin daiteke, bi elementu hauen eraginez:

a) Tenperatura
b) Tentsioa

a) Tenperaturaren eraginez, eroalea luzatu egingo da.

Oinarrizko luzeratik (Lo) abiatuta, eroalearen luzera kalkulatzeko formula hau da: $L_1 = L_o (1 + \alpha \theta_1)$

L_O = oinarrizko luzera zero graduan (m).
L_1 = beste tenperaturan duen luzera (m).
α = luzapen lineal aren koefizientea ($^oC^{-1}$).
θ = tenperatura (^oC)

Horrek esan nahi du $\theta_1$eta θ_2 tenperaturen arteko luzera-diferentzia kalkulatzeko formula hau dela:

$$L_2 - L_1 = L_o (1 + \alpha \theta_2) - L_o (1 + \alpha \theta_1) = L_o \alpha (\theta_2 - \theta_1)$$

Hutsarte horizontaletan, eroalearen luzeraren eta hutsartearen luzeraren arteko desberdintasuna txikia izaten da. Horren ondorioz, ez da akats handirik gertatuko eroalearen luzeraren (Lo) ordez, hutsartearen luzera (a) hartzen bada.

$$L_2 - L_1 = a \alpha (\theta_2 - \theta_1)$$

b) Bestalde, tentsioaren eraginez eroalea ere luzatu egingo da. Beraz, oinarrizko luzeratik (Lo) abiatuta, hau da eroalearen luzeraren formula:

$$L_1 = Lo \left(1 + \frac{t_1}{E}\right)$$

L_O = oinarrizko luzera zero graduan (m).
L_1 = beste tenperaturan duen luzera (m).
t_1 = tentsioa sekzio-unitateko (kg/mm^2) ($t_1 = T_1 / S$)
E = eroalearen elastikotasun-modulua
S = eroalearen sekzioa

Horrek esan nahi du t_1 eta t_2 tentsioren arteko luzera-diferentzia kalkulatzeko formula hau dela:

$$L_2 - L_1 = L_0 \frac{t_2 - t_1}{E}$$

Hutsarte horizontaletan, eroalearen luzeraren eta hutsartearen luzeraren arteko desberdintasuna txikia izaten da. Horren ondorioz, ez da akats handrik gertatuko eroalearen luzeraren (L_0) ordez hutsartearen luzera (a) hartzen bada:

$$L_2 - L_1 = a \frac{t_2 - t_1}{E}$$

Aurreko puntuak ikusi ondoren, esan daiteke tenperatura eta tentsioa aldi berean aldatzen badira eroalean sorturiko zabalkuntza hau izango dela:

$$L_2 - L_1 = a \alpha (\theta_2 - \theta_1) + a \frac{t_2 - t_1}{E}$$

Baina 4.2. puntuan ikusiriko eroalearen luzeraren formula kontuan hartuta, esan daiteke bi egoera desberdinen artean eroaleak izango duen luzera-diferentzia hau dela:

$$L_2 - L_1 = \frac{a^3 p_2^2}{24 t_2^2} - \frac{a^3 p_1^2}{24 t_1^2}$$

Beraz, azkeneko bi formula hauek berdinduz:

$$a\,\alpha\,(\theta_2-\theta_1)+\frac{a\,t_2}{E}-\frac{a\,t_1}{E}=\frac{a^3\,p_2^{\,2}}{24\,t_2^{\,2}}-\frac{a^3\,p_1^{\,2}}{24\,t_1^{\,2}}$$

Eta, bider $\frac{t_2^{\,2}\,E}{a}$ eginez,

$$\alpha\,(\theta_2-\theta_1)\,t_2^{\,2}\,E+t_2^{\,3}-t_1\,t_2^{\,2}=\frac{a^2\,p_2^{\,2}}{24}E-\frac{a^2\,p_1^{\,2}}{24\,t_1^{\,2}}t_2^{\,2}E$$

t_2 guztiak albo batera utzita, formula honi “egoera-aldaketaren ekuazioa” deitzen zaio:

$$t_2^{\,3}+t_2^{\,2}\left(\alpha\,(\theta_2-\theta_1)E-t_1+\frac{a^2\,p_1^{\,2}}{24\,t_1^{\,2}}E\right)=\frac{a^2\,p_2^{\,2}}{24}E$$

Hasierako baldintzei dagozkien elementuek K balio dutela esanez gero:

$$K=t_1-\frac{a^2\,p_1^{\,2}}{24\,t_1^{\,2}}E$$

Orduan, “egoera-aldaketaren ekuazioa” honela gelditzen da[***]:

$$t_2^{\,2}\left(t_2+\alpha\,E(\theta_2-\theta_1)-K\right)=\frac{a^2\,p_2^{\,2}}{24}E$$

Egoera-aldaketaren ekuazioa 3. gradukoa denez, hurbilketaren metodoarekin kalkulatuko da emaitza. Hau da:

Aukeratu 0 eta $Q/_n$ arteko tentsio-balio bat, kalkulatu emaitza, ikusi berdintza betetzen den, eta, hala ez bada, saiatu beste balio batzuekin, berdintza bete arte.

[***] Ekuazio horrek hutsarte horizontaletarako soilik balio du.

4.5. Egin beharreko kalkuluak

GTSEAren 27. artikuluak argitzen du onargarriak diren tentsio maximoa eta gezi maximoa.

Han agertzen denez, eroaleak jasan behar duen tentsio maximoa ezin da izan bere haustura-karga ziurtasun-koefiziente batez zatituta ateratzen den emaitza baino handiagoa. Alegia:

$T_{max} = Q/_n$ edo sekzio-unitateko: $t_{max} = T_{max} / S$

GTSEAren arabera, ziurtasun-koefizienteak (n) 2,5 edo 3 izan behar du.

4.5.1.Trakzio maximoaren egoera

Trakzio maximoaren egoeran tentsio maximoa ez gainditzeko, kalkulu bereziak egin behar dira.

GTSEAren 17. 1. artikuluan agertzen diren baldintzetan sortzen den tentsioa aztertu behar da.

Eremua	Hipotesia	Aztertzeko pisua	Aztertzeko tenperatura
A	Trakzio max.	$(P^2 + P_{HA}{}^2)^{1/2}$	-5
B	Trakzio max.	$P + P_{IZ}$	-15
	Osagarria	$(P^2 + P_{HA}{}^2)^{1/2}$	-10
C	Trakzio max.	$P + P_{IZ}$	-20
	Osagarria	$(P^2 + P_{HA}{}^2)^{1/2}$	-15

4.5.2.Gezi maximoaren egoera

Gezi maximoa kalkulatzeko, GTSEAren 17. 3. artikuluetan agertzen dira aztertu beharreko baldintzak.

Eremua	Hipotesia	Aztertzeko pisua	Aztertzeko tenperatura
A	Haizea	$(P^2 + P_{HA}{}^2)^{1/2}$	15
	Tenperatura max.	P	50
B	Haizea	$(P^2 + P_{HA}{}^2)^{1/2}$	15
	Izotza	$P + P_{IZ}$	0
	Tenperatura max.	P	50
C	Haizea	$(P^2 + P_{HA}{}^2)^{1/2}$	15
	Izotza	$P + P_{IZ}$	0
	Tenperatura max.	P	50

4.5.3. Gezi minimoaren egoera

Nahiz eta GTSEAk ez agindu, maiz beharrezkoa izaten da gezi minimoa kalkulatzea.

Eroale batean gezi minimoa sortuko da tenperatura txikiena denean eta gainkargarik ez dagoenean. Alegia, gezi minimoa sortzeko baldintzak dira gainkargarik ez izatea eta eremuari dagokion tenperatura minimoa izatea (gainkargarekin eta tenperaturarekin gezia handitu egiten baita).

Zer tenperatura hartu behar da? GTSEAren 27. 1. artikuluan eremu bakoitzerako aipatzen dena, hau da:

$$[\, p(P)\ ;\ \theta = \theta_{\text{min.}} = \theta_{\text{27.1. artikulukoa}} \,] \Rightarrow g_{\text{min.}}$$

4.5.4. Eguneroko tentsioa

Eroaleak gehienetan jasaten duen tentsioari “eguneroko tentsioa” deitzen zaio [ingelesez, *Every day stress EDS*]. Tentsio hori kalkulatzeko, baldintza hauek ematen dira: tenperatura 15 ºC eta gainkargarik ez.

Baldintza horiek izaten dira eroaleak gehienetan jasaten dituenak, eta horregatik deitzen zaio “eguneroko tentsioa” egoera horietan sortzen den tentsioari.

Tentsio hori kalkulatu ondoren, eguneroko tentsio-koefizientea kalkulatzen da, haustura-kargarekin zatituz. Alegia:

$$\text{ETi (EDS)} = \frac{\text{Tentsioa } [\theta=15^{\circ}, p(P)]}{\text{Puskaketa Karga } Q} 100$$

Eroaleak tentsio mekaniko handia jasaten badu, haizeak eroalearen kontra jotzen duenean litekeena da eroalea dardaratzen hastea. Horregatik, ETi (EDS) % 18 baino altuagoa bada, bibrazioaren kontrako gailuak jarri behar dira.

4.5.5. Kalkuluak

Kalkulu hauek egin behar dira:

1) Hautatu eroalea kalkulu elektrikoaren bidez.
2) Hautatu hutsartearen luzera (*a*).
3) Kalkulatu T_{max}, ekoizleak emandako datuen arabera.
4) Tentsio horrekin eta trakzio maximoaren egoerako baldintzekin, kalkulatu dagokion gezia:
5) Kalkulatu hasierako baldintzei dagokien K balioa. $T_{max} = Q/_n$ eta $t_{max} = T_{max} / S$
6) Kalkulatu hipotesi osagarriari dagokion tentsioa, egoera-aldaketaren ekuazioaren bidez.
7) Sortzen den tentsioa txikiagoa bada, K balioa finkatuta geldituko da. Bestela, kalkulatu K balio berri bat egoera horretarako.

8) Kalkulatu haizearen ondoriozko gezi maximoaren egoeraren tentsioa eta ziurtatu tentsio maximoa baino txikiagoa dela. Kalkulatu gezia (gezi hori ez da bertikala izango, kurbatua baizik).

9) B eta C eremuetan, kalkulatu izotzaren ondoriozko gezi maximoaren egoeraren tentsioa eta ziurtatu tentsio maximoa baino txikiagoa dela. Kalkulatu gezia.

10) Kalkulatu tenperaturaren ondoriozko gezi maximoaren egoeraren tentsioa eta ziurtatu tentsio maximoa baino txikiagoa dela. Kalkulatu gezia.

11) Ikusi azkeneko bi gezi horiek eta aukeratu altuena. Gezi horrek (g_{max}) erabakiko du zutoinen altuera.

12) Kalkulatu gezi minimoa: gezi minimoa sortzeko baldintzak: gainkargarik eza eta eremuari dagokion tenperatura minimoa [p(P) ; $\theta = \theta_{min} = \theta_{27.1Artikulukoa}$] $\Rightarrow$ g_{min}

4.6. Hutsarte isolatu baten hedapen-taula

Aurreko puntuan ikusi diren pausoak tenperatura berezi baterako ematen dira, hain zuzen ere, GTSEAk agindutako tenperaturarako. Baina eroaleen hedapena egitean, baliteke beste tenperatura bat izatea. Hori gertatuz gero, nola jakin daiteke zer tentsio mekaniko eman behar zaion eroaleari? Datu hori aurretik jakiteko, tenperatura bakoitzari egokitu zaion tentsioa kalkulatuko da, eta taula bat osatu. Taula horri “hedapen-taula” deitzen zaio.

Aldaketa-ekuazioa erabiliz eta eroalearentzat bortitzena[****] den egoera hasierako egoeratzat hartuta, tenperatura soilik aldatzen denean eroaleari eman behar zaion tentsioa kalkulatuko da, egoera horietan eroaleak bere pisua soilik izaten duelako hipotesia eginda (gainkargarik gabe).

Kalkulu hori egin behar da tenperatura hauetarako ere: -5, 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 ºC

Horrela, teknikariek, eroaleen hedapena egitean, ikusi beharko dute tenperatura zein den. Une horretako tenperaturaren arabera, eroaleari eman behar zaion tentsioa eta gezia jakingo dituzte, hedapen-taula erabiliz.

4.7. Adibidea

Demagun B eremutik igarotzen den sare baterako 300 m-ko luzera duen hutsarte bat kalkulatu behar dugula.

Demagun kalkulu elektrikotik ateratako eroale mota HAWK dela. Eroale horren datuak hauek dira. * Diametroa D = 21,793 mm. * Sekzioa S = 281,1 mm². * Pisua P = 0,9746 kg/m.
* Haustura-karga Q= 8817,8 kg. * Elastikotasun-modulua E = 7730 kg/mm² * Luzapen-koefizientea $\alpha = 1,899\ 10^{-5}\ ºC^{-1}$

Hasteko, kalkula dezagun haizearen ondorioz eta izotzaren ondorioz sortzen diren gainkargak:

p (P) = P/S = 0,9746 / 281,1 = **0,003467** kg/m.mm²

Haizearen gainkarga: $P_{HA} = 0,05\ D = 0,05 \times 21,793 = 1,089$ kg/m.

Eroalearen pisua eta haizearen gainkarga: $(P^2 + P_{HA}^2)^{1/2} = (0,974^2 + 1,089^2)^{1/2} = 1,461$kg/m

Beraz, bien arteko eragina: **p (P + HA)** = 1,46 / 281,1 = **0,00519** kg/m.mm².

[****] Tentsio maximoa sortzen duena

Izotzaren gainkarga: $P_{IZ} = 0,18 \sqrt{D} = 0,18 \sqrt{21,793} = 0,84$ kg/m

Eroalearen eta izotzaren pisua: $P + H = P + P_H = 0,974 + 0,84 = 1,814$kg / m.

Beraz, bien arteko eragina: **p (P + IZ)** = 1,814 / 281,1 = **0,006454** kg/mm².

- **<u>Trakzio maximoa: GTSEAk 27.1 artikuluan adierazitako baldintzak p(P + IZ) ; q = -15</u>**

27.1 artikuluaren arabera, tentsioak, gehienez, hau izan behar du:

$$T_1 = Q / n = 8817,8 / 2,5 = 3527 \text{ kg} \quad \text{Beraz, } t_1 = T_1 / S = 12,55 \text{ kg/mm}^2$$

Eroaleak jasango duen pisua: $p_1 (P + IZ) = 0,006454$ kg/mm².

Eta tenperatura: $\theta_1 = -15$ ºC.

Beraz, dagokion gezia: $$g = \frac{p\,a^2}{8t} = \frac{0,006454 \; 300^2}{8 \quad 12,55} = 5,785 \text{ m}$$

Eta k balioa:

$$K = t_1 - \frac{a^2 \, p_1^{\,2}}{24 \, t_1^{\,2}} E \Rightarrow \qquad K = 12,55 - \frac{300^2 * 0,006454^2}{24 * 12,55^2} 7730 = 12,55 - 7,666 = 4,8837$$

- **<u>Hipotesi osagarria: GTSEAren 27.1 artikuluaren baldintzak p(P + HA) ; q = -10</u>**

Eroalearen datuak: E = 7730 kg/mm² ; $\alpha = 1,899\ 10^{-5}$ ºC^{-1}

Hasierako datuak: $t_1 = 12,55$. ; $p_1 = 0,006454$; $\theta_1 = -15$ ºC ; K = 4,8837

Eta hipotesi honetan: $p_2 = p(P + HA) = 0,00519$ Kg/mm². ; $\theta_2 = -10$ ºC

Egoera-aldaketaren ekuazioa hau da:

$$t_2^{\,2} \left(t_2 + \alpha E (\theta_2 - \theta_1) - K \right) = \frac{a^2 \, p_2^{\,2}}{24} E$$

Beraz: $t_2^{\,2} \{ t_2 + 0,14679 (-10 - (-15)) - 4,8837 \} = 780,81$

$$t_2^{\,2} (t_2 - 4,15) = 780,81$$

Hurbilketaren bidez: $t_2 = 10,82 \Rightarrow T_2 = t_2 S = 10,82 * 281,1 = 3041,5$ kg.

Ikusten denez, *<u>hipotesi osagarriak ez du trakzio maximoa gainditzen</u>*.

Gezia: $$g = \frac{p\,a^2}{8t} = \frac{0,00519 \; 300^2}{8 \quad 10,82} = 5,39 \text{ m}$$

- **<u>Haizearen ondoriozko gezi maximoaren egoeraren tentsioa: GTSEAren 27.3a artikuluaren baldintzak p(P + HA) ; q = 15</u>**

Eroalearen datuak: $E = 7730\ kg/mm^2$; $\alpha = 1{,}899\ 10^{-5}\ ºC^{-1}$

Hasierako datuak: $t_1 = 12{,}55$. ; $p_1 = 0{,}006454$; $\theta_1 = -15$ ºC ; $K = 4{,}8837$

Eta hipotesi honetan: $p_2 = p(P + HA) = 0{,}00519\ Kg/mm^2$. ; $\theta_2 = 15$ ºC

Egoera-aldaketaren ekuazioa hau da:

$$t_2^2 \left(t_2^2 + \alpha E(\theta_2 - \theta_1) - K \right) = \frac{a^2 p_2^2}{24} E$$

Beraz: $t_2^2 \{ t_2 + 0{,}14679\ (15 - (-15)) - 4{,}8837 \} = 780{,}81$

$$t_2^2 (t_2 - 0{,}48) = 780{,}81$$

Hurbilketaren bidez: $t_2 = 9{,}4 \Rightarrow T_2 = t_2\ S = 9{,}4 * 281{,}1 = 2642{,}34$ kg.

Ikusten denez, *<u>hipotesi horrek ez du trakzio maximoa gainditzen</u>*.

Gezia.
$$g = \frac{p\,a^2}{8t} = \frac{0{,}00519\ 300^2}{8\ \ 9{,}4} = 6{,}2\ m$$

- **<u>Tenperaturaren ondoriozko gezi maximoaren egoeraren tentsioa: GTSEAren 27.3b artikuluaren baldintzak p(P) ; q = 50º</u>**

Eroalearen datuak: $E = 7730\ kg/mm^2$; $\alpha = 1{,}899\ 10^{-5}\ ºC^{-1}$

Hasierako datuak: $t_1 = 12{,}55$. ; $p_1 = 0{,}006454$; $\theta_1 = -15$ ºC ; $K = 4{,}8837$

Eta hipotesi honetan: $p_2 = p(P) = 0{,}003467\ Kg/mm^2$. ; $\theta_2 = 50$ ºC

Egoera-aldaketaren ekuazioa hau da:

$$t_2^2 \left(t_2^2 + \alpha E(\theta_2 - \theta_1) - K \right) = \frac{a^2 p_2^2}{24} E$$

Beraz: $t_2^2 \{ t_2 + 0{,}14679\ (50 - (-15)) - 4{,}8837 \} = 348{,}43$

$$t_2^2 (t_2 + 4{,}6575) = 348{,}43$$

Hurbilketaren bidez $t_2 = 5{,}8 \Rightarrow T_2 = t_2\ S = 5{,}8 * 281{,}1 = 1.630{,}38$ kg.

Ikusten denez, *<u>hipotesi horrek ez du trakzio maximoa gainditzen</u>*.

Gezia.
$$g = \frac{p\,a^2}{8t} = \frac{0{,}003467\ 300^2}{8\ \ 5{,}8} = 6{,}725\ m$$

- **Izotzaren ondoriozko gezi maximoaren egoeraren tentsioa: GTSEAren 27.3 artikuluaren baldintzak p(P + IZ) ; g = 0**

Eroalearen datuak: $E = 7730$ kg/mm² ; $\alpha = 1{,}899\ 10^{-5}$ ºC^{-1}

Hasierako datuak: $t_1 = 12{,}55$. ; $p_1 = 0{,}006454$; $\theta_1 = -15$ ºC ; $K = 4{,}8837$

Eta hipotesi honetan: $p_2 = p(P + IZ) = 0{,}006454$ Kg/mm². ; $\theta_2 = 0$ ºC

Aldaketaren ekuazioa:

$$t_2^2\left(t_2^2 + \alpha E(\theta_2 - \theta_1) - K \right) = \frac{a^2 p_2^2}{24} E$$

Beraz: $t_2^2 \{ t_2 + 0{,}14679\ (0 - (-15)) - 4{,}8837 \} = 1207{,}45$

$t_2^2 (t_2 - 2{,}6818) = 1207{,}45$

Hurbilketaren bidez: $t_2 = 11{,}6 \Rightarrow T_2 = t_2\ S = 11{,}6 * 281{,}1 = 3260{,}76$ kg.

Ikusten denez, *hipotesi horrek ez du trakzio maximoa gainditzen*.

Gezia.

$$g = \frac{p\,a^2}{8t} = \frac{0{,}006454\ 300^2}{8\ \ 11{,}6} = 6{,}26\text{m}$$

Azkeneko hipotesiak aztertu ondoren, argi ikusten da gezi maximoa sortzen duen egoera *tenperaturaren ondoriozkoa dela, hau da:*

$g_{max} = 6{,}725$ m

- **Gezi minimoa: gainkargarik eza eta tenperatura minimoa [p(P) ; g = -15]**

Eroalearen datuak: $E = 7730$ kg/mm² ; $\alpha = 1{,}899\ 10^{-5}$ ºC^{-1}

Hasierako datuak: $t_1 = 12{,}55$. ; $p_1 = 0{,}006454$; $\theta_1 = -15$ ºC ; $K = 4{,}8837$
Eta honetan: $p_2 = p(P) = 0{,}003467$ kg/mm².(gainkargarik gabe) ; $\theta_2 = -15$ ºC (*tenperatura minimoa)*

Aldaketaren ekuazioa:

$$t_2^2\left(t_2^2 + \alpha E(\theta_2 - \theta_1) - K \right) = \frac{a^2 p_2^2}{24} E$$

Beraz: $t_2^2 \{ t_2 + 0{,}14679\ (-15 - (-15)) - 4{,}8837 \} = 348{,}43$

$t_2^2 (t_2 - 4{,}8837) = 348{,}43$

Hurbilketaren bidez: $t_2 = 9{,}1 \Rightarrow T_2 = t_2\ S = 9{,}1 * 281{,}1 = 2621{,}71$ kg.

Gezia.

$$g = \frac{p\,a^2}{8t} = \frac{0{,}003467\ 300^2}{8\ \ 9{,}1} = 4{,}29\ \text{m}$$

- **Hedapen-taula**

Aldaketa-ekuazioa erabiliz eta eroalearentzat bortitzena[****] den egoera hasierako egoeratzat hartuta, tenperatura soilik aldatzen deean eroaleari eman behar zaion tentsioa kalkulatuko da, egoera horietan eroaleak bere pisua bakarrik izaten duelako hipotesia eginda (gainkargarik gabe).

Kasu honetan, eroalearen datuak: $E = 7730$ kg/mm² ; $\alpha = 1{,}899\ 10^{-5}$ ºC^{-1}

Eta hasierako datuak: $t_1 = 12{,}55$. ; $p_1 = 0{,}006454$; $\theta_1 = -15$ ºC ; $K = 4{,}8837$

Kalkulu hori egin behar da tenperatura hauetarako ere: -5, 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 ºC

Tenperatura –5 ºC

Eroalearen datuak: $E = 7730$ kg/mm² ; $\alpha = 1{,}899\ 10^{-5}$ ºC^{-1}
Hasierako datuak: $t_1 = 12{,}55$. ; $p_1 = 0{,}006454$; $\theta_1 = -15$ ºC ; $K = 4{,}8837$

Eta hipotesi honetan: $p_2 = p(P) = 0{,}003467$ kg/mm². ; $\theta_2 = -5$ ºC

Egoera-aldaketaren ekuazioa hau da:

$$t_2^2 \left(t_2^2 + \alpha E(\theta_2 - \theta_1) - K \right) = \frac{a^2 p_2^2}{24} E$$

Beraz: $t_2^2 \{ t_2 + 0{,}14679\ (-5 - (-15)) - 4{,}8837 \} = 348{,}43$

$t_2^2 (t_2 - 3{,}4158) = 348{,}43$

Hurbilketaren bidez: $t_2 = 8{,}26 \Rightarrow T_2 = t_2\ S = 8{,}26 * 281{,}1 = 2330{,}14$ kg.

Gezia.

$$g = \frac{p\,a^2}{8\,t} = \frac{0{,}003467\ 300^2}{8\ \ 8{,}26} = 4{,}72\text{m}$$

Tenperatura 0 ºC

Hipotesi honetan: $p_2 = p(P) = 0{,}003467$ kg/mm². ; $\theta_2 = 0$ ºC

Beraz: $t_2^2 \{ t_2 + 0{,}14679\ (0 - (-15)) - 4{,}8837 \} = 348{,}43$

$t_2^2 (t_2 - 2{,}68185) = 348{,}43$

Hurbilketaren bidez: $t_2 = 8{,}06 \Rightarrow T_2 = t_2\ S = 8{,}06 * 281{,}1 = 2265{,}66$ kg.

Gezia.

$$g = \frac{p\,a^2}{8\,t} = \frac{0{,}003467\ 300^2}{8\ \ 8{,}06} = 4{,}81\ \text{m}$$

Tenperatura 5 ºC

Eta hipotesi honetan: $p_2 = p(P) = 0{,}003467$ kg/mm². ; $\theta_2 = 5$ ºC

[****] Tentsio maximoa sortzen duena

Beraz: $t_2^2 \{ t_2 + 0,14679 (5 -(-15)) – 4,8837\} = 348,43$

$t_2^2 (t_2 -1,9479) = 348,43$

Hurbilketaren bidez: $t_2 = 7,75 \Rightarrow T_2 = t_2 S = 7,75 * 281,1 = 2178,5$ kg.

Gezia.

$$g = \frac{p a^2}{8 t} = \frac{0,003467 \ 300^2}{8 \ 7,75} = 5,02 \text{ m}$$

Kalkulu hori egin behar da tenperatura hauetarako ere: -5, 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 ºC, eta azkenean lortuko den taula hau izango da:

Tenperatura	.t (kg/mm^2)	T (kg)	Gezia g (m)
-5	8,26	2230,1	4,72
0	8,06	2265,6	4,81
5	7,75	2178,5	5,02
10	7,45	2084,1	5,22
15	7,2	2024	5,4
20	6,91	1942,4	5,63
25	6,7	1883,4	5,8
30	6,5	1827,15	6
35	6,3	1771	6,18

Eta, horren ondorioz, teknikariek eroaleen hedapena egiten dutenean, ikusi beharko dute zer tenperatura dagoen. Une horretako tenperaturaren arabera, eroaleari eman behar zaion tentsioa eta gezia jakingo dute, hedapen-taula erabiliz.

4.8. Hutsarte batzuez osaturiko tartea. Erregulazio-hutsartea. Hedapen-taula.

Ikusiko dugunez, isolagailuak erabiltzen dira eroalea zutoinetik zintzilikatzeko. Isolagailu bertikalak erabiltzen badira, beharrezkoa da isolagailuak bertikalki gelditzea. Tarte bereko hutsarte bakoitzak tentsio desberdina izango balu, isolagailuak tentsio handiagoa dagoen aldera okertuko lirateke. Beraz, tarte bereko hutsarte guztietan tentsio berbera eman behar zaio eroaleari.

Hori lortzeko, tarte batean tentsioa kalkulatuko da batez besteko hutsarte baterako. Batez besteko hutsarte-luzerari “erregulazio-hutsartea” deitzen zaio.

Desnibel txikia duten hutsarteetan, honela kalkulatzen da erregulazio-hutsartea:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum_1^n a_i^3}{\sum_1^n a_i}}$$

Edo:

$$a_r = \frac{a_{max} - a_{min}}{2} + \frac{2}{3}(a_{max} - a_{min})$$

a_i = hutsarte bakoitzak duen luzera
a_r = erregulazio-hutsartearen luzera
a_{max} = luzera maximoa duen hutsartea
a_{min} = luzera minimoa duen hutsartea

Orduan, kalkulu hauek egin behar dira:

1) Hautatu eroalea kalkulu elektrikoaren bidez.
2) Hautatu hutsarte-luzerak (a_i).
3) Kalkulatu erregulazio-hutsartea (a_r).
4) Ekoizleak emandako datuen arabera, kalkulatu $T_{max.}$ $T_{max} = Q/_n$ eta $t_{max} = T_{max} / S$
5) Tentsio horrekin eta trakzio maximoaren egoerako baldintzekin, kalkulatu erregulazio-hutsarteari dagokion gezia.

$$g_r = \frac{p\, a_r^{\,2}}{8t}$$

6) Kalkulatu-hasierako baldintzei dagokien K balioa. $K = t_1 - \frac{a_r^{\,2}\, p_1^{\,2}}{24\, t_1^{\,2}} E$

7) Kalkulatu hipotesi osagarriari dagokion tentsioa, egoera-aldaketaren ekuazioaren bidez.

$$t_2^{\,2}\left(t_2 + \alpha E(\theta_2 - \theta_1) - K\right) = \frac{a_r^{\,2}\, p_2^{\,2}}{24} E$$

8) Sortzen den tentsioa txikiagoa bada, K balioa finkatuta geldituko da. Bestela, kalkulatu K-ren beste balio bat egoera horretarako.
9) Kalkulatu haizearen ondoriozko gezi maximoaren egoeraren tentsioa, eta ziurtatu tentsio maximoa baino txikiagoa dela. Kalkulatu erregulazio-gezia.

10) B eta C eremuetan, kalkulatu izotzaren ondoriozko gezi maximoaren egoeraren tentsioa eta ziurtatu tentsio maximoa baino txikiagoa dela. Kalkulatu erregulazio-gezia (g_r).

11) Kalkulatu tenperaturaren ondoriozko gezi maximoaren egoeraren tentsioa, eta ziurtatu tentsio maximoa baino txikiagoa dela. Kalkulatu erregulazio-gezia.

12) Ikusi azkeneko bi gezien arteko gezi maximoa. Egoera horretan, kalkulatu hutsarte bakoitzari egokituko zaion gezia (g_i); izan ere, horren araberakoa izango da hutsarte bakoitzeko zutoinen altuera.

$$g_i = \frac{p\,a_i^2}{8t}$$

$$g_r = \frac{p\,a_r^2}{8t}$$

$$\boxed{g_i = g_r \frac{a_i^2}{a_r^2}}$$

13) Hedapen-taula: egoera-aldaketaren ekuazioa erabiliz eta eroalearentzat bortitzena[****] den egoera hasierako egoeratzat hartuta, tenperatura soilik aldatzen den bakoitzean erregulazio-hutsartean eroaleari eman behar zaion tentsioa kalkulatuko da, egoera horietan eroaleak bere pisua soilik izaten duelako hipotesia eginda (gainkargarik gabe).

14) Kalkulu hori egin behar da tenperatura hauetarako ere: -5, 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 ºC, eta tenperatura bakoitzean hutsarte bakoitzari egokituko zaion gezia kalkulatuko da. Horrela, teknikariek eroaleen hedapena egitean, ikusi beharko dute tenperatura zein den. Une horretako tenperaturaren arabera, eroaleari eman behar zaion tentsioa eta gezia jakingo dituzte, hedapen-taula erabiliz.

[****] Tentsio maximoa sortzen duena.

4.9. Adibidea

Demagun B eremuan dagoen industrialde batek 175 MVA behar dituela. Ingurutik pasatzen den sare batetik elikatu behar dugu. Saretik industrialdera, 1.195 m-ko distantzia dago. Demagun cosφ=0,9 dela.

Ingurua aztertu ondoren, komeni zaigu hutsarte-luzera hauek izatea:

1. hutsartea	310 m
2. hutsartea	290 m
3. hutsartea	275 m
4. hutsartea (industrialdearen ondoan)	320 m

Beraz, tarte bat bakarrik izango du sareak, eta lau hutsartez osatuta egongo da.

1))) Hautatu eroalea kalkulu elektrikoaren bidez:

$Q_{max} = \sqrt{3}\, U\, I_{max} \Rightarrow I_{max} = Q_{max} / \sqrt{3}\, U = 175.000/\sqrt{3}\, 220 = 460$ A

Behar dugun intentsitatea ikusita, hona hemen merkatuan dauden eroale batzuk:

	HAWK	Gull	Condor	Cardinal
Imax	574,28	713,116	799,61	888,98

Horrek esan nahi du hasiera batean HAWK eroalea izan daitekeela egokiena.

Baina HAWK eroalea intentsitate hori distantzia horretara eramateko gai izago ote den edo ez ikusteko, kalkulu elektrikoa egin behar dugu. $P_{GARRAIO}$ eta $I_{GARRAIO}$ (sareak garraia dezakeen potentzia eta intentsitate maximoa, bere luzera eta egoerak kontuan harturik) jakiteko egiten da kalkulu elektrikoa. Momentu elektrikoaren bidezko kalkulua egin ondoren, egiaztatzen da HAWK eroalea erabil daitekeela.

2))) Hutsarte-luzerak (a_i) hautatuta daude.

3))) Kalkulatu erregulazio-hutsartea (a_r):

$$a_r = \{ (310^3+290^3+275^3+320^3) \;/\; (310+290+275+320) \}^{1/2} = 300 \text{ m}$$

4))) Ekoizleak emandako datuen arabera, kalkulatu: $T_{max} = Q/_n$ eta $t_{max} = T_{max} / S$

4.7. puntuan ikusiriko datuak baliagarriak dira:

p (P) = P/S = 0,9746 / 281,1 = **0,003467** kg/m.mm²

p (P + HA) = 1,46 / 281,1 = **0,00519** kg/m.mm².

p (P + IZ) = 1,814 / 281,1 = **0,006454** kg/mm².

T_1 = Q / n = 8817,8 / 2,5 =3527 kg. Orduan $t_1 = T_1 / S$ = 12,55 kg/mm²

5))) Tentsio horrekin eta trakzio maximoaren egoerako baldintzekin, kalkulatu erregulazio-hutsarteari dagokion gezia.

Eroaleak jasango duen pisua : p_1 (P + IZ) = 0,006454 kg/mm².

Beraz, dagokion gezia

$$g_r = \frac{p\, a_r^2}{8t} = \frac{0{,}006454 \;\; 300^2}{8 \quad 12{,}55} = 5{,}785 \text{ m}$$

6))) Kalkulatu hasierako baldintzei dagokien K balioa.

$$K = 12{,}55 - \frac{300^2 * 0{,}006454^2}{24 * 12{,}55^2} 7730 = 12{,}55 - 7{,}666 = 4{,}8837$$

7))) Kalkulatu hipotesi osagarriari dagokion tentsioa egoera-aldaketaren ekuazioaren bidez.

Hipotesi honetan: $p_2 = p(P + HA) = 0{,}00519$ kg/mm². ; $\theta_2 = -10$ ºC

$$t_2^2 \left(t_2 + \alpha E(\theta_2 - \theta_1) - K \right) = \frac{a_r^2 \; p_2^2}{24} E$$

Beraz: $t_2^2 \{ t_2 + 0{,}14679 (-10 - (-15)) - 4{,}8837 \} = 780{,}81$

$$t_2^2 (t_2 - 4{,}15) = 780{,}81$$

Hurbilketaren bidez: $t_2 = 10{,}82 \Rightarrow T_2 = t_2 \, S = 10{,}82 * 281{,}1 = 3041{,}5$ kg.

Ikusten denez, *<u>hipotesi osagarriak ez du trakzio maximoa gainditzen</u>*.

$$g_r = \frac{p\, a_r^2}{8t} = \frac{0{,}00519 \;\; 300^2}{8 \quad 10{,}82} = 5{,}39 \text{ m}$$

8))) ***K*** balioa finkatuta geldituko da.

9))) Kalkulatu haizearen ondoriozko gezi maximoaren egoeraren tentsioa eta ziurtatu tentsio maximoa baino txikiagoa dela. Kalkulatu erregulazio-gezia.

Hipotesi honetan: $p_2 = p(P + HA) = 0{,}00519$ kg/mm². ; $\theta_2 = 0$ ºC

Beraz: $t_2^2 \{ t_2 + 0{,}14679 (15 - (-15)) - 4{,}8837 \} = 780{,}81$

$$t_2^2 (t_2 - 0{,}48) = 780{,}81$$

Hurbilketaren bidez: $t_2 = 9{,}4 \Rightarrow T_2 = t_2 \, S = 9{,}4 * 281{,}1 = 2642{,}34$ kg.

Ikusten denez, *<u>hipotesi horrek ez du trakzio maximoa gainditzen</u>*.

Gezia.

$$g_r = \frac{p\, a_r^2}{8t} = \frac{0{,}00519 \;\; 300^2}{8 \quad 9{,}4} = 6{,}2 \text{ m}$$

10))) B eremua denez, kalkulatu izotzaren ondoriozko gezi maximoaren egoeraren tentsioa eta ziurtatu tentsio maximoa baino txikiagoa dela. Kalkulatu erregulazio-gezia.

hipotesi honetan: $p_2 = p(P) = 0{,}003467$ kg/mm². ; $\theta_2 = 50$ ºC

Beraz: $t_2^2 \{ t_2 + 0{,}14679\,(50 - (-15)) - 4{,}8837\} = 348{,}43$

$t_2^2 (t_2 + 4{,}6575) = 348{,}43$

Hurbilketaren bidez: $t_2 = 5{,}8 \Rightarrow T_2 = t_2\, S = 5{,}8 * 281{,}1 = 1630{,}38$ kg.

Ikusten denez, *<u>hipotesi horrek ez du trakzio maximoa gainditzen</u>*.

Gezia. $$g_r = \frac{p\, a_r^2}{8t} = \frac{0{,}003467 \;\; 300^2}{8 \;\; 5{,}8} = 6{,}725 \text{ m}$$

11))) Kalkulatu haizearen ondoriozko gezi maximoaren egoeraren tentsioa eta ziurtatu tentsio maximoa baino txikiagoa dela. Kalkulatu erregulazio-gezia.

hipotesi honetan: $p_2 = p(P + IZ) = 0{,}006454$ kg/mm². ; $\theta_2 = -10$ ºC

Beraz: $t_2^2 \{ t_2 + 0{,}14679\,(0 - (-15)) - 4{,}8837\} = 1207{,}45$

$t_2^2 (t_2 - 2{,}6818) = 1207{,}45$

Hurbilketaren bidez: $t_2 = 11{,}6 \Rightarrow T_2 = t_2\, S = 11{,}6 * 281{,}1 = 32690{,}76$ kg.

Ikusten denez, *<u>hipotesi horrek ez du trakzio maximoa gainditzen</u>*.

Gezia. $$g_r = \frac{p\, a_r^2}{8t} = \frac{0{,}006454 \;\; 300^2}{8 \;\; 11{,}6} = 6{,}26 \text{ m}$$

12))) Azkeneko bi hipotesiak aztertu ondoren, argi ikusten da gezi maximoa sortzen duen egoera *<u>tenperaturaren ondoriozkoa dela, hau da:</u>*

$$.gr_{max} = 6{,}725 \text{ m}$$

Egoera horretan, kalkulatu hutsarte bakoitzari egokituko zaion gezia; izan ere, horren araberakoa izango da hutsarte bakoitzeko zutoinen altuera.

13))) Hedapen-taula: egoera-aldaketaren ekuazioa erabiliz eta eroalearentzat bortitzena[****] den egoera hasierako egoeratzat hartuta, tenperatura soilik aldatzen den bakoitzean erregulazio-hutsartean eroaleari eman behar zaion tentsioa kalkulatuko da, egoera horietan eroaleak bere pisua soilik duelako hipotesia eginda (gainkargarik gabe).

Tenperatura –5 Cº

[****] Tentsio maximoa sortzen duena.

hipotesi honetan: $p_2 = p(P) = 0{,}003467$ kg/mm². ; $\theta_2 = -5$ ºC

Beraz: $t_2^2 \{ t_2 + 0{,}14679 (-5 -(-15)) - 4{,}8837\} = 348{,}43$

$t_2^2 (t_2 - 3{,}4158) = 348{,}43$

Hurbilketaren bidez: $t_2 = 8{,}26 \Rightarrow T_2 = t_2 S = 8{,}26 * 281{,}1 = 2.330{,}14$ kg.

Gezia.

$$g_r = \frac{p\, a_r^2}{8t} = \frac{0{,}003467 \;\; 300^2}{8 \;\; 8{,}26} = 4{,}72 \text{ m}$$

Eta hutsarte bakoitzari dagokion gezia.

$$g_i = \frac{p\, a_i^2}{8t} \Rightarrow$$

1. hutsartea=310 m	.g_1= 5,03 m
2. hutsartea=290 m	.g_2= 4,41 m
3. hutsartea=275 m	.g_3= 3,97 m
4. hutsartea=320 m	.g_4= 5,37 m

14))) Kalkulu hori egin behar da tenperatura hauetarako ere: -5, 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 ºC, eta tenperatura bakoitzerako hutsarte bakoitzari egokituko zaion gezia kalkulatuko da. Horrela, teknikariek eroaleen hedapena egitean, ikusi beharko dute tenperatura zein den. Une horretako tenperaturaren arabera, eroaleari eman behar zaion tentsioa eta gezia jakingo dituzte, hedapen-taula erabiliz.

Hedapen-taula hau izango da:

Tenperatura	.t (kg/mm^2)	T (kg)	g_r (m)	g_1 (m)	g_2 (m)	g_3 (m)	g_4 (m)
-5	8,26	2230,1	4,72	5,03	4,41	3,97	5,37
0	8,06	2265,6	4,81	5,14	4,50	4,04	5,47
5	7,75	2178,5	5,02	5,36	4,69	4,22	5,71
10	7,45	2084,1	5,22	5,57	4,88	4,38	5,94
15	7,2	2024	5,4	5.77	5,04	4,54	6,14
20	6,91	1942,4	5,63	6,01	5,26	4,73	6,40
25	6,7	1883,4	5,8	6,20	5,42	4,87	6,60
30	6,5	1827,15	6	6,40	5,60	5,05	6,83
35	6,3	1771	6,18	6,60	5,78	5,20	7,03