



Fırat Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi  
Elektrik - Elektronik Mühendisliği Bölümü

# ***ELEKTRİK TESİS PROJESİ***

***(DERS NOTLARI)***

*Hazırlayan: Arş. Gör. Gökay BAYRAK*

*ELAZIĞ-2007*

## GİRİŞ:

### Derste İstenilenler:

→Havai hatlı Alçak Gerilim dağıtım şebekesi (dallı şebeke) projesi ve 1/1000 ölçekli imar planı temin edilecektir.

→2 adet OG/AG dağıtım transformatörü tarafından beslenebilecek bir bölge tespit edildikten sonra, imar planı eskiz kağıdına kurşun kalemle çizilecek.

→Kaldırım çizgileri çizilmeyecek.

Direkler → 0,2

Yollar ve sokaklar → 0,2

AG Hatları → 0,4 (AG)

Müşterek Hat → 0,8 (OG) ile çizilecektir.

→ Trafodan çıkan fazlar:

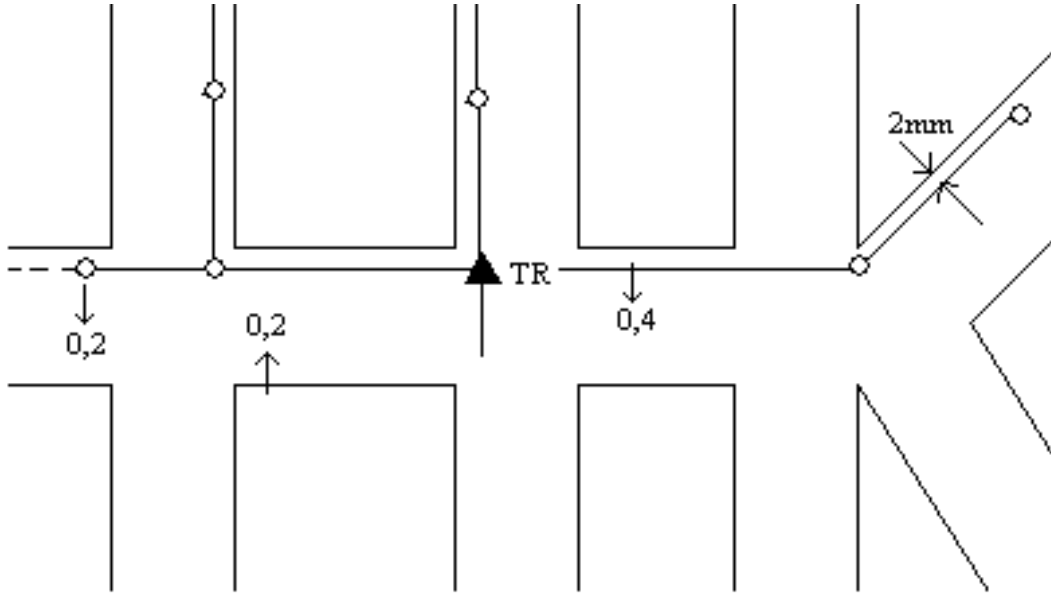
3 Faz → Abone Besleme Fazı

1 Faz → Sokak Aydınlatma Fazı

1 Faz → Nötr Aydınlatma Fazı

1 Faz → Yarı Gece Sokak Aydınlatma Fazı

En az 5 faz seçilecek.Köy hatları için 3 faz yeterli.En fazla ise 6 faz kullanılmalıdır.



**Şekil 1:** Proje Çizimi için kullanılan çizgi kalınlıkları

Çizimde dikkat edilmesi gereken hususlar:

- 1- Yol aydınlatma özelliklerini göz önünde bulundurmak.
- 2- Trafoya geri dönüş şeklinde besleme (geri besleme) yapmamak.
- 3- Trafo bölgelerini birbirinden düz hatlarla ayırabilmek.
- 4- Trafo yerinin iyi belirlenmesi.
- 5- Trafo çıkış kolları mümkün mertebe 4 kol olacak.(3 veya 5 kol da olabilir.)
- 6- Trafo besleyeceği bölgenin orta kısmında bir yere gelmelidir.
- 7- Geniş yollar varsa dar sokaklardan hat geçirilmemelidir.(Sokağın uzunluğu 50 metreden az ise)

→Trafo olarak direk tipi trafo kullandığımızı farz ediyoruz.400 kVA ‘ ya kadar olan trafolar direk tipi olabilir.Trafonun gücü daha büyük çıkarsa bina tipi yapılabilir.

→AG ‘ de iki direk arasındaki mesafe 50 metre veya daha azdır.Maksimum 50 metredir.Daha fazla olamaz.

→Cadde varsa dar sokaktan hat geçmemesi daha avantajlıdır.

→Standart trafo güçleri:

25-40-63-80-100-125-160-200-250-315-400-500-630-800-1000-1250-1600 kVA

→3 Fazlı Sigortaların Standart Değerleri:

6-10-16-20-25-35-50-63-80-100-125-160-200-250 A

→3 Fazlı Şalterlerin Standart Değerleri:

10-16-25-40-63-100-200-400-600-800-1000 A

→Faz İletken Kesiti:

1,5 - 2,5 - 4 - 6 - 10 - 16 - 25 - 35 - 50 - 70 - 95 mm<sup>2</sup>

### **AG Projesi Dosya Kapsamı:**

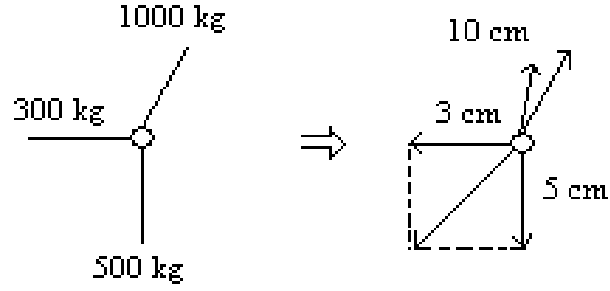
Bir AG proje dosyasında aşağıda belirtilen dökümanlar sırasıyla yer alacaktır:

- 1- Fihrist
- 2-Gerekçe Raporu (Münferit Projelerde)
- 3-Keşif Özeti
- 4-OG Şebekesi Keşif Cetveli
- 5-AG Şebekesi Keşif Cetveli
- 6-Transformatör Merkezi Keşif Cetveli
- 7-Güç Hesapları
- 8-AG Gerilim Düşümü Hesapları
- 9-Direkt seçim ve toplam cetvelleri
- 10-Vektör diyagramları (trafo ve kritik direklere ait)
- 11-AG Tek Hat Şeması
- 12-1/25000 ‘lik plan (Münferit Projelerde)
- 13-AG Şebeke Planı (1/1000 Ölçekli)

### **OG Projesi Dosya Kapsamı:**

- 1- Fihrist
- 2-Gerekçe veya Açıklama Raporu
- 3-Keşif Özeti
- 4-1/100000’lik genel elektrifikasyon planlama haritası
- 5-Tek Hat Şeması
- 6-Kesici Açma Gücü Hesabı
- 7-OG Gerilim Düşümü ve güç kaybı hesabı
- 8-Keşif cetvelleri
- 9-Direk, travers listesi ve toplamları
- 10-1/25000’lik nihai enerjilendirme planı
- 11-OG Plan Profili

**12-Proje Tip Dökümanları veya yüklenici tarafından yapılan enerji nakil hattı,direk, vs. ile ilgili hesap,konstrüksiyon ve detaylar.**



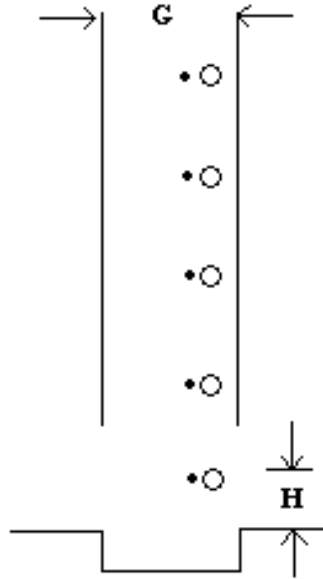
**Şekil 2: Vektör Diyagramı**

### **Yollarda ve Kavşaklarda Aydınlatma:**

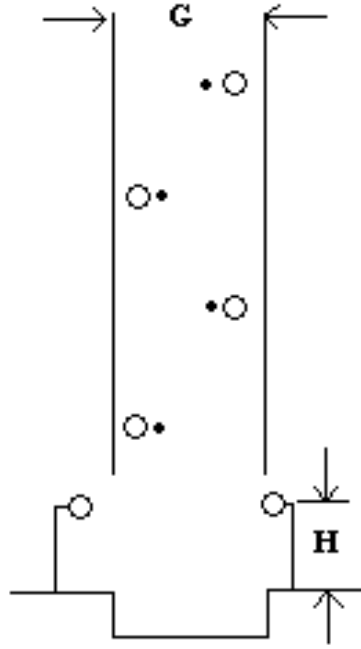
#### **1) Gidiş-Geliş Yolları:**

Genişlik yükseklikten az ise bu yolda tek taraflı aydınlatma yapılır.

$$\frac{G}{H} \leq 1 \quad H \text{ ortalama 10 metre alınabilir.}$$

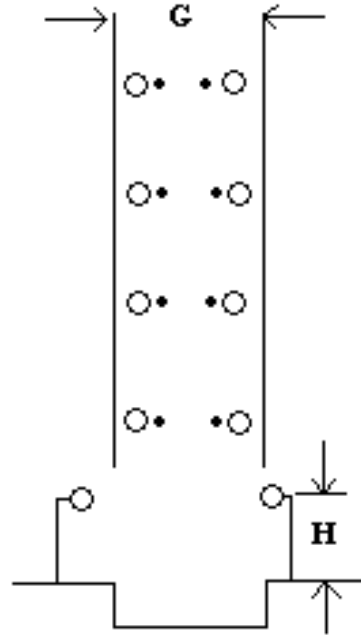


**Şekil 3: Tek Taraflı Düzen**



$$G = (1 / 1,5) \times H$$

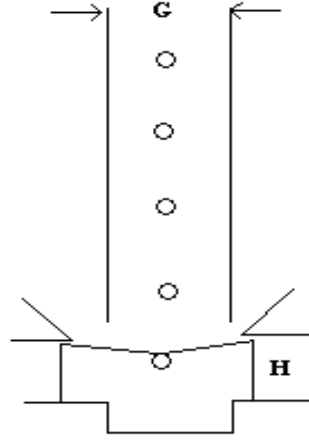
**Şekil 4:** İki taraflı kaydırılmış düzen



**Şekil 5:** İki taraflı karşılıklı düzen

$$G > 1,5 \times H$$

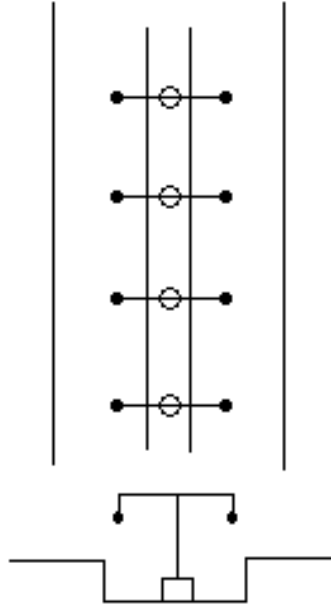
Enine askı düzeninde lambalar arası 50 metre şartı aranmaz.Tarihi yapıların bulunduğu dar sokaklarda kullanılabilir.



**Şekil 6:** Enine Askı Düzeni

## 2) Expres ve Otoyollarda

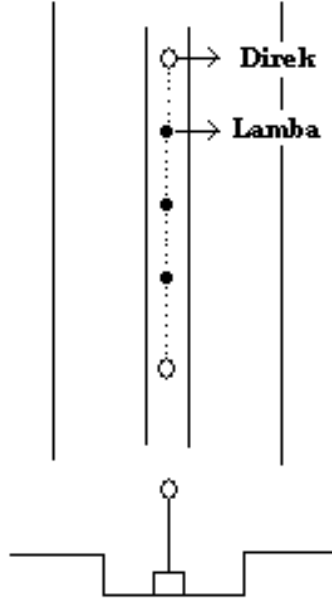
### a) Refüjde Konsollu İki Sıralı Düzen



**Şekil 7:** Refüjde Konsollu İki Sıralı Düzen

→Projede lambalar en son çizilir.

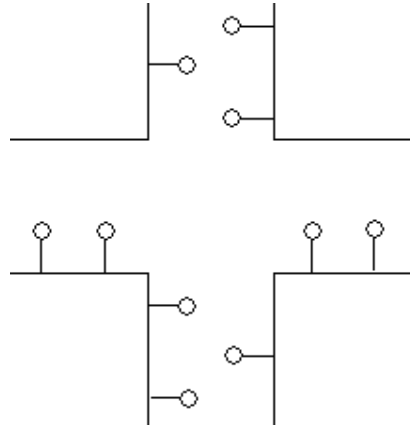
### b) Refüjde boyuna askı düzeni:



**Şekil 8:** Refüjde Boyuna Askı Düzeni

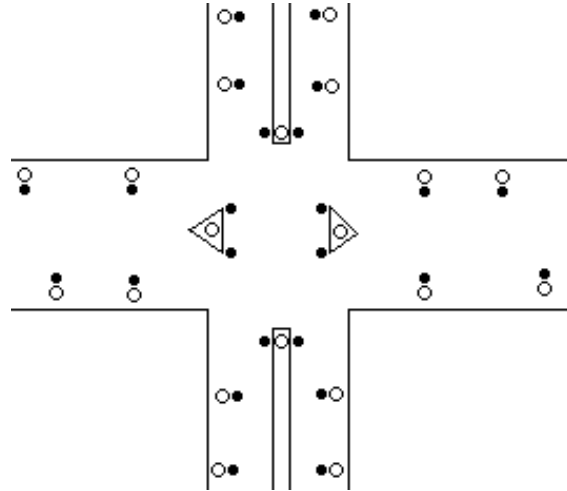
Bu tür düzende direkler arası mesafe 80-90 metre olabilir.

**3) Kavşaklar:**

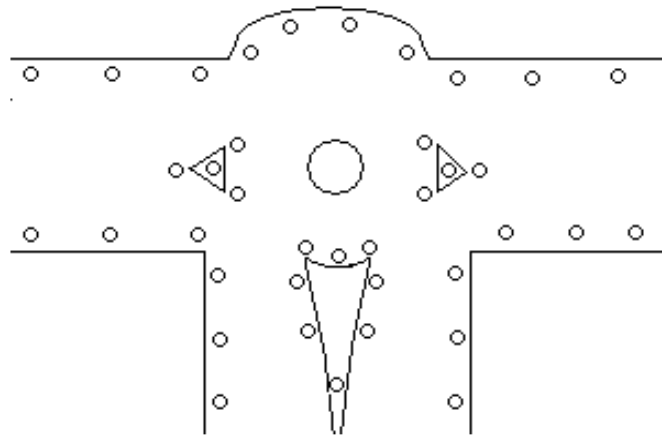


**Şekil 9:** Kavşaklar

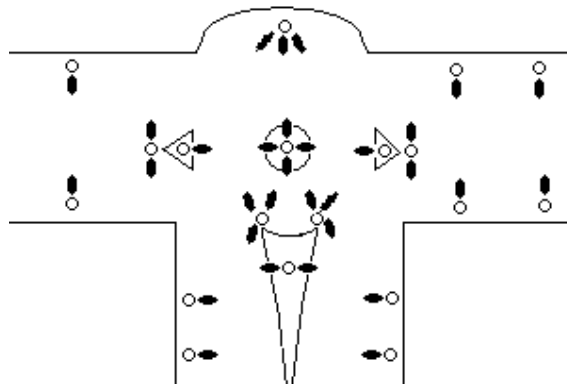
Kavşak yerinde iki köşeye çapraz olarak lamba yerleştirilir. Bu tür yerlerde kavşaktan başlamak daha avantajlıdır. Direkler sokak çizgisinden 2 mm uzakta çizilmelidir.



Şekil 10: 2 Yönlü Kavşaklar



Şekil 11: Alçak Direkler



Şekil 12: Uzun Direkler

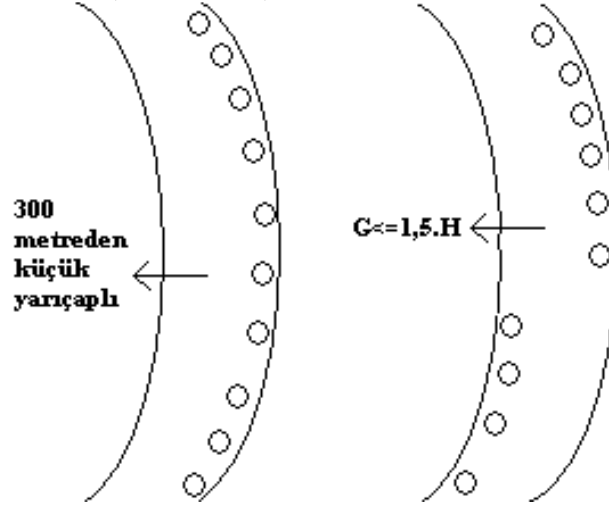
#### 4) Virajlar:

300 metreden büyük yarıçaplı virajlar,düz yol gibi aydınlatılır.Daha küçük yarıçaplı virajlarda lambalar arası açıklık düz yollardakinin 0,5 ile 0,75 katı kadar küçük tutulur.

$G \leq 1,5.H$  ise lambalar tek taraflı olarak virajın dışına yerleştirilir.Daha geniş yollarda iki taraflı karşılıklı düzen tercih edilir.İki taraflı kaydırılmış düzen kesinlikle kullanılmaz.

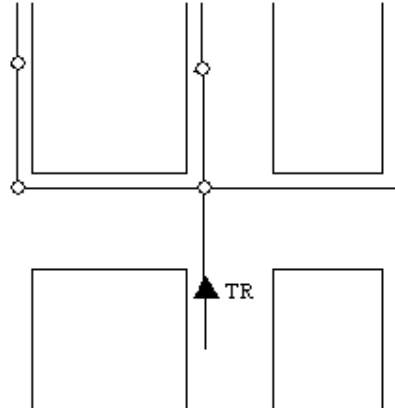


→Yeşil alanlarda çimen aydınlatma armatürü kullanılır.Çimen aydınlatma armatüründe akkor Flamanlı lambalar bulunur. (40 W, 60 W)

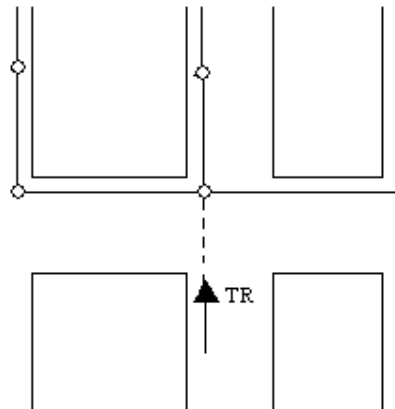


Şekil 13: Virajlar

Geniş yollarda kesikli çizgi yer altı kablosudur.Dar yollarda ise yer altı yerine havadan geçiş yapabiliriz.



Şekil 14: Dar yollarda havadan direkt geçiş



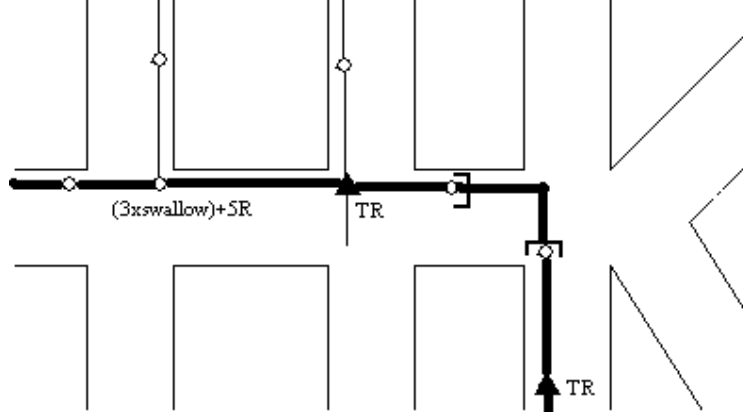
Şekil 15: Geniş yollarda yer altı geçişi

Trafo yerini seçerken dikkat edilecek nokta;projenin ortasına yakın bir yere gelmeli ve dört kol alabilecek bir yere konulmalıdır.

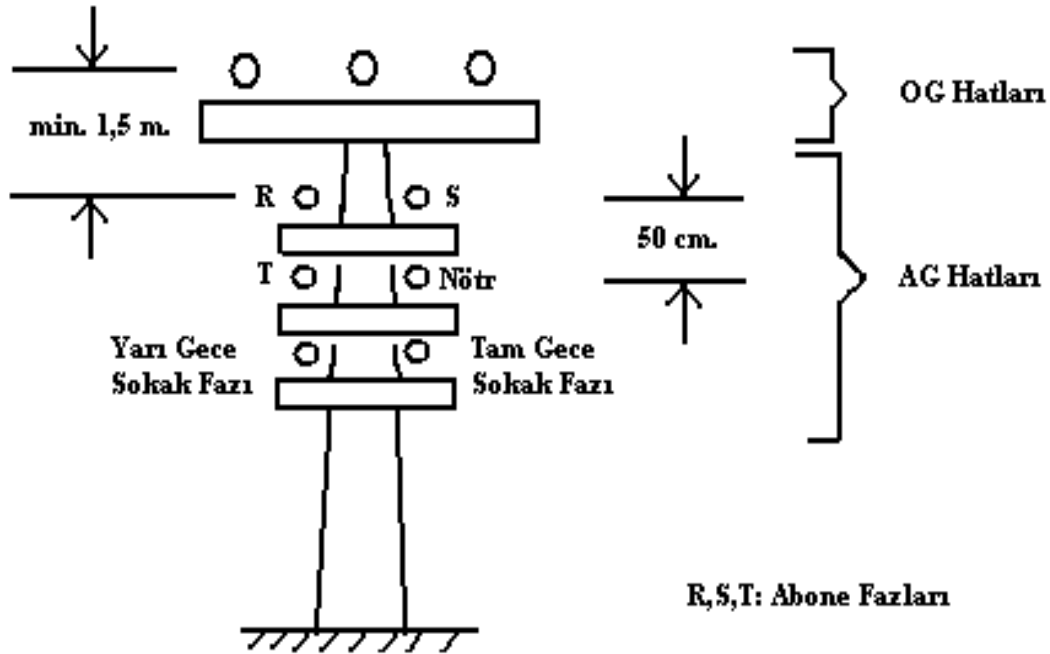
Büyük ve geniş yollarda, yolun yarısı bir trafodan,diğer yarısı ikinci trafodan beslenmelidir.

OG hatları sadece trafoları beslemek için kullanılacaktır. Bu hatlarla ilgili hesap yapılmayacaktır. OG hattı projenin bir tarafından girip, diğer tarafından çıkacak şekilde gösterilecektir. Bu hattın bulunduğu direkler müşterek direk olacak ve bu direklerin hesabı yapılacaktır.

OG Hattı, refüjlü yollarda ortadan götürülür. YG'de kullanılan traverslere konsol denilir. Direkler üzerinde traverslerin seçimi de yapılmalıdır.



Şekil 16: OG Hattının Projede Gösterilişi



Şekil 17: Taşıyıcı Direk

#### İletken Cinsleri:

$3xL + R/L \rightarrow AG$

$(3x25) + 3xL + R/L \rightarrow AG$  ile OG iletkenleri farklı ise (Mesela AG:Al, OG:Cu ise)

$(1/0 AWG) + 3xL + R/L \rightarrow AG$  ile OG iletken cinsleri aynı ise. (Biz bunu kullanacağız)

OG Hattı yüksekten geçtiği için yeraltından geçirmeyeceğiz. (AG Hattını geçirebiliriz)

→OG 'de saf Al iletken kullanılmaz.OG 'de kullanılan St-Al iletkenler standart olarak üç tanedir:

Swallow-Kırlangıç

Raven-Kuzgun

Pigeon-Güvercin

→AG'de kullanacağımız en küçük kesitli iletken Rose'dur.

**AG Hat Tertipleri (Al için):**

5 x Rose	5xR
3 x Lily + Rose/Lily	3xL+R/L
3 x Iris + Rose/Lily	3xI +R/L
3xPansy + Rose/Iris	3xP +R/I
3xPoppy+Rose/Pansy	3xPo +R/P
3xAster+Rose/Pansy	3xA+R/P
3xPhlox + Rose/Poppy	3xPh+R/Po
3xOxlip+Rose/Aster	3xO+R/A
3xDaisy+Lily/Phlox	3xD+L/Ph
3xPeony+Lily/Oxlip	3xPe+L/O

3xL +R/L de;

L:Abone Fazı

R:Sokak Aydınlatma Fazı

L:Nötr

**AG Hat Tertipleri (Cu için):**

3x16+10/16 mm <sup>2</sup>	Bazen 5x10 mm <sup>2</sup>
3x25+10/25 mm <sup>2</sup>	
3x35+10/25 mm <sup>2</sup>	
3x50+10/35 mm <sup>2</sup>	
3x70+10/50 mm <sup>2</sup>	
3x95+10/50 mm <sup>2</sup>	

İletken Adı	Kısaltması	Türkçe Karşılığı	Kesiti mm <sup>2</sup>	Yüklenebilme Akımı (A)	Ağırlığı (kg/km)
Rose	R	Gül	21,14	110	58
Lily	L	Zambak	26,60	125	73
Iris	I	Süsen Çiçeği	33,53	143	92
Pansy	P	Hercai Menekşe	42,49	165	116
Poppy	Po	Gelincik	53,48	193	146
Aster	A		67,14	225	184
Phlox	Ph	Alev Çiçeği	84,91	262	232
Oxlip	O		107,38	306	293
Daisy	D	Papatya	135,20		
Peony	Pe		152,10		
10 mm <sup>2</sup>				78	
16 mm <sup>2</sup>				104	
25 mm <sup>2</sup>				137	
35 mm <sup>2</sup>				168	
50 mm <sup>2</sup>				210	
70 mm <sup>2</sup>				260	
95 mm <sup>2</sup>				310	

İletken Adı	Kesiti (mm <sup>2</sup> )	Yüklenilme Akımı (A)	Ağırlığı (kg/km)
Swallow	26,69/4,45	120	107,8
Raven	53,52/8,92	195	216,2
Pigeon	85,12/14,18 (Al) / (St)	275	343,9

### Topraklama:

Parafudurlar ve direkler koruma topraklaması yapılır. İşletme topraklaması ise yaklaşık 15 direktten sonra tekrar yapılır.

Koruma topraklaması gövde topraklamasıdır. Direklerin, parafudurların, gerilim altında bulunmayan metal kısımların topraklamasıdır. Amacı canlıları, özellikle insanları elektrik çarpmalarına karşı korumaktır.

İşletme topraklamasında ise daima nötr topraklanır. Yönetmelikte toprak geçiş direnci 2 Ω olarak tavsiye edilir. Üst sınır 5 Ω'dur.

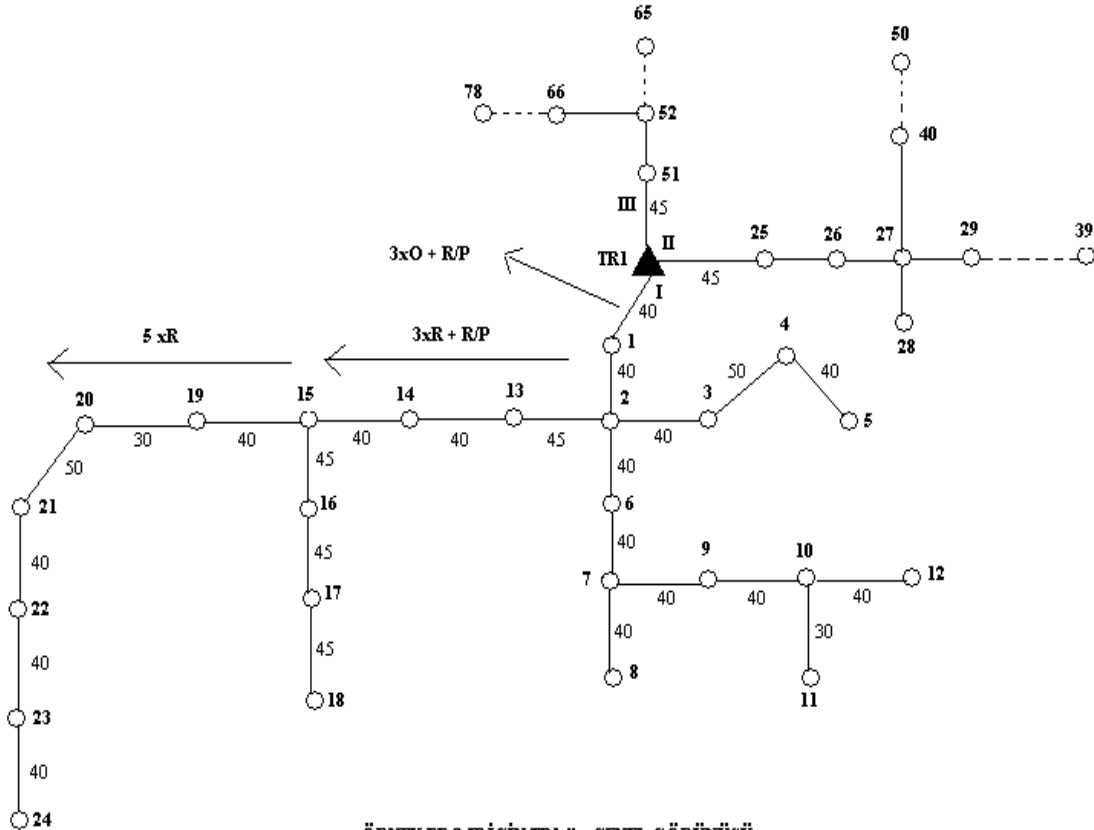
İşletme topraklamasını birkaç yerde yapmamızın sebebi :

→ Nötr iletkeninin kopmasına karşı tedbir olarak. (Nötr kopuksa ve fazın biri gövdeye temas ederse gövdeye dokunan kişi çarpılır)

→ Birbirine paralel bağlı olan topraklamalar toprağa geçiş direncini düşürür.

NOT: Bütün müşterek direklerde koruma topraklaması uygulanması mecburidir.

### PROJE HESAPLAMALARI:

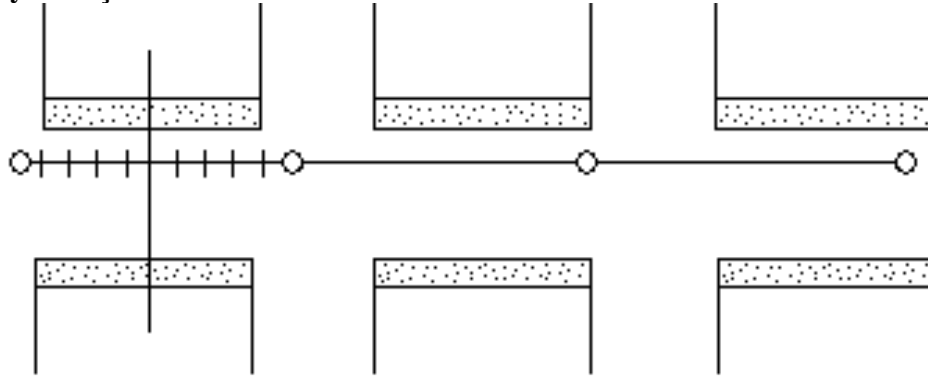


ÖRNEK PROJE İÇİN TR1 'İN GENEL GÖRÜNÜŞÜ

Şekil 18: Örnek Proje

## 1) Direk Güçlerinin Hesabı:

### a) Yayılı Güç Yöntemi:



**Şekil 19:** Yayılı Güç Yöntemi

Hattın her birim boyundan belirli bir gücün çekildiği varsayılır. Hattın boyu belli olduğuna göre çarpılarak, iki direk arası için toplam yük belirlenmiş olur. Aboneler direkler aracılığıyla hatta bağlandığı için hesaplanan hat yükleri direklere indirilerek (indirgenerek) direk güçleri bulunmuş olur. Buna göre bir direkten çekilen güç:

$$P_{a-b} = \frac{J \cdot n \cdot \ell}{2} \quad (\text{W})$$

Bağıntısıyla bulunur.

$P_{a-b}$  = Bağlı olduğu direğin (b) yardımıyla güç hesabı yapılacak olan direkten çekilen (a) güç (watt)

$\ell$  = a-b direkleri arasındaki mesafe (metre)

$n$  = İmar durumuna göre belirlenecek (kabul edilebilecek) ortalama kat sayısı.

İmar planında:

B-5 : Bitişik düzende 5 katlı

A  $\frac{5}{2}$  3 : Ayrık düzende 5 kata müsaade (Önden 2 m. , yandan 3 m. boşluk bırakmak kaydıyla)

→5 Katlı ayrık düzende ortalama 3 kat alınabilir. (aralardaki boş arsalardan dolayı)

→7 Katlı bitişik düzende yollardan dolayı ortalama 6 kat alınabilir.

$J$  : Güç Yoğunluğu (W/m.kat) Bölgenin aile başına nüfus miktarı ve nüfus artış hızı bu faktörü belirler.

$J$  köylerde 20, şehirlerde ise 40 veya 50 (büyük şehirlerde) alınır. Bizim projelerimizde 40 olarak alınabilir.

Örnek proje için  $n=3$  ve  $J=40$  olarak seçilmiştir.

### 1.1 TR1 I Nolu Kol İçin Direk Güçlerinin Hesabı:

Trafo direğinden çekilen güç:

$$P_{T-I} = \frac{40 \cdot 3 \cdot 40}{2} = 2400 \text{ W}$$

$$P_{T-25} = \frac{40.3.45}{2} = 2700 \text{ W}$$

$$P_{T-51} = \frac{40.3.45}{2} = 2700 \text{ W}$$

$$P_{T-R} = P_{T-1} + P_{T-25} + P_{T-51} = 7800 \text{ W}$$

1 numaralı direktten çekilen güç:

$$P_{1-T} = \frac{40.3.40}{2} = 2400 \text{ W}$$

$$P_{1-2} = \frac{40.3.40}{2} = 2400 \text{ W}$$

$$P_1 = P_{1-T} + P_{1-2} = 4800 \text{ W}$$

2 numaralı direktten çekilen güç:

$$P_2 = P_{2-1} + P_{2-3} + P_{2-6} + P_{2-13} = 2400 + 2400 + 2400 + 2700 = 9900 \text{ W}$$

Direk No	Direk Gücü (W)	Direk Akımı (A)
TR1	2400	3,64
1	4800	7,29
2	9900	15,04
3	5400	8,2
4	5400	8,2
5	2400	3,64
6	4800	7,29
7	7200	10,94
8	2400	3,64
9	4800	7,29
10	6600	10,03
11	1800	2,73
12	2400	3,64
13	5100	7,75
14	4800	7,29
15	7500	11,39
16	5400	8,2
17	5400	8,2
18	2700	4,1
19	4200	6,38
20	4800	7,29
21	5400	8,2
22	4800	7,29
23	4800	7,29
24	2400	3,64

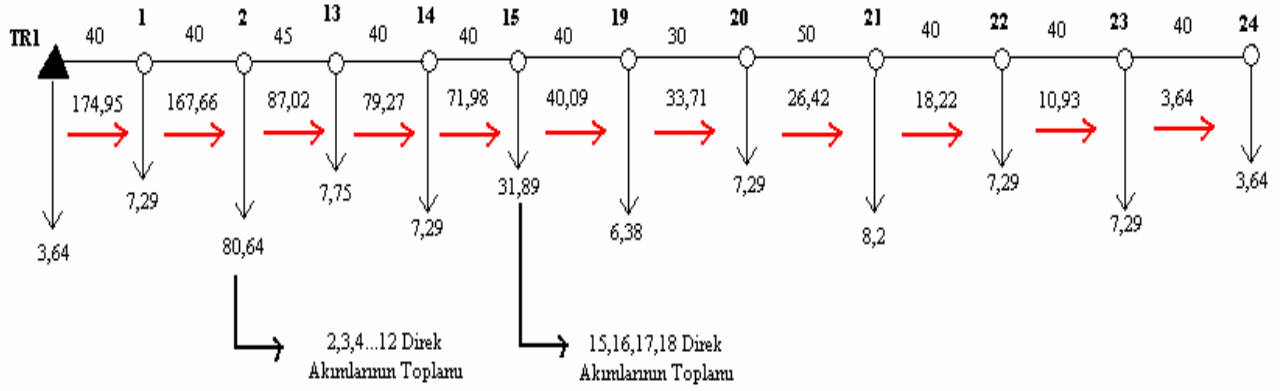
$$I_a = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot 380.1}$$

Evlerde reaktif güç dikkate alınmaz. Bu nedenle  $\cos \varphi = 1$  olarak alınır ve güç ifadelerinden yararlanılarak direk akımları hesaplanır.

## 2. Moment ve Kesit Hesabı:

### 2.1. TR1, I Nolu Kol İçin:

Kolun en uzun ve en yüklü tarafı seçilir:



Şekil 20: TR1, I Nolu Kol İçin Moment ve Kesit Hesabı

#### Moment ifadesi:

$$\begin{aligned} M &= 40(174,95 + 167,66 + 79,27 + 71,98 + 40,09 + 18,22 + 10,93 + 3,64) \\ &\quad + 45(87,02 + 30(33,71) + 50(26,42)) \\ &= 22669,6 + 3915,9 + 1011,3 + 1321 \\ &= 28917,8 \text{ m.A} \end{aligned}$$

#### Kesit:

$$S = \frac{M}{K \cdot \delta} \text{ ile hesaplanır. Burada;}$$

$K = \text{İletkenlik (} K_{al} = 35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2 \text{)}$

$\delta = \text{Caiz max. cer gerilmesi (} \delta_{AL} = 8 \text{ kg}/\text{mm}^2 \text{)}$

$$S = \frac{28917,8}{35 \cdot 8} = 103,28 \text{ mm}^2 \quad \text{Bu değere en yakın standart üst kesit Oxlip iletkenidir. Buna göre hat tertibi } 3 \times O + R/A \text{ olur.}$$

2-15 numaralı direkler arasındaki kesiti belirlemek için:

$$M_2 = M_T - 40(174,95 + 167,66) = 15213,4 \text{ m.A}$$

$$S_2 = \frac{15213,4}{35,8} = 54,33 \text{ mm}^2 \quad \text{Standart kesit : Aster, Hat tertibi 3 x A + R / P olur.}$$

$$M_{15} = 2915,2 + 1011,3 + 1321 = 5247,5 \text{ m.A}$$

$$S_{15} = 18,74 \text{ mm}^2 \quad \text{Standart Rose iletkeni seçilir. Hat tertibi 5 x R olur.}$$

### **Isıya Göre Kontrol:**

$$I_1 = \frac{I_{\max}}{\cos \varphi} = \frac{174,95}{0,8} = 218,69 \text{ A}$$

Oxlip iletkeninin akım taşıma kapasitesi 306 A olduğundan uygundur.

$$I_2 = \frac{87,02}{0,8} = 108,77 \text{ A}$$

Aster iletkeninin akım taşıma kapasitesi 225 A olduğundan uygundur.

### **3. Gerilim Düşümü Hesapları:**

$$\% e = \frac{100}{K.S.U^2} \ell.P + \frac{100.X}{U^2} \ell.Q \quad \text{X:Hattın reaktansı}$$

$$K.S.U^2 = 10^{-7} \cdot K_{\text{tri}}$$

$$U^2 = 10^{-7} \cdot M_{\text{tri}}$$

$$\% e = 10^{-7} \cdot K_{\text{tri}} \cdot \ell.P + 10^{-7} \cdot M_{\text{tri}} \cdot \ell.Q$$

Yukarıdaki eşitliğin ikinci kısmı mesken beslemelerinde göz önünde bulundurulmaz.

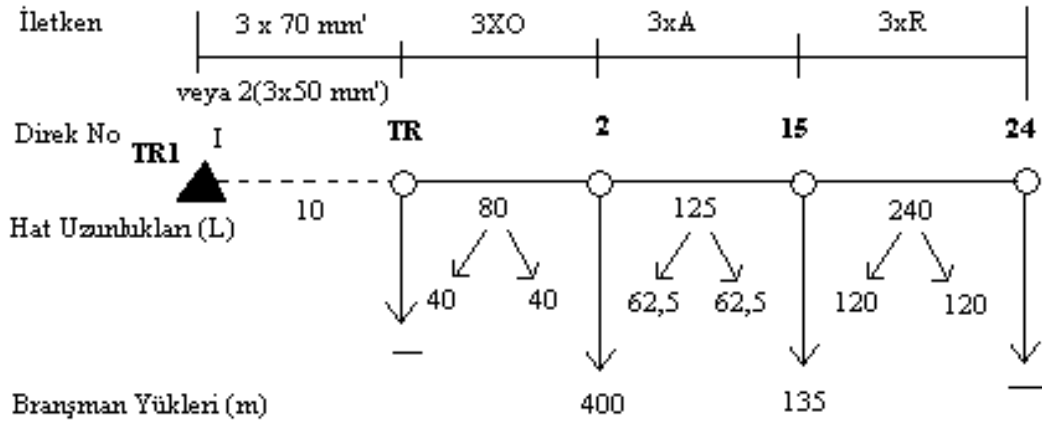
Al ve Cu iletkenler için K ve M katsayıları sayfa 12'deki tabloda verilmiştir. Moment hesabında olduğu gibi en uzun yol seçilir. Al kesiti Cu 'dan 1,6 kat daha büyüktür ancak Al 0,5 kat daha hafiftir.

→ Direk iniş-çıkışları yaklaşık 10 m. alınabilir. Moment hesabında iniş çıkışlar dikkate alınmaz.

→ AG'li hava hatlarında gerilim düşümü sınırı %5-6'dır. OG ve YG'de bu oran %10, motorlarda %3, iç tesisatta ise %1,5 ten küçük olmalıdır.



### 3.1 Abone Gerilim Düşümü Hesabı:



Şekil 21: Abone Gerilim Düşümü Hesabı

AKTİF GÜÇ					
Branşman Noktasına İnce Edilen Yük		40	502,5	317,5	120
Hat Yükleri (m)	980	940	437,5	120	
Güç Yoğunluğu (J)	40	40	40	40	
K	1,77 veya 2,48/2	1,84	2,93	9,36	
$\%e_a=10^{-7} \cdot K.L.P$	0,069	0,55	0,64	1,07	
Toplam $\%e_a=2,34 < 5$ uygundur.					

AG şebekesi gerilim düşümü hesaplarında Al iletkenler için K ve M katsayıları:

İletken	$K_{tri}$	$M_{tri}$	$K_{mono}$	$M_{mono}$
Rose	9,36	2,34	55,8	13,96
Lily	7,42	2,28	44,3	13,62
Iris	5,88	2,24	35,1	13,38
Pansy	4,67	2,18	27,9	13,04
Poppy	3,70	2,14	22,1	12,80
Aster	2,93	2,07	17,5	12,46
Phlox	2,33	2,02	13,9	12,10
Oxlip	1,84	1,98	11,0	11,84

AG şebekesi gerilim düşümü hesaplarında Cu iletkenler için K ve M katsayıları:

İletken	$K_{tri}$	$M_{tri}$	$K_{mono}$	$M_{mono}$
10 mm <sup>2</sup>	12,4	2,62	74,5	15,7
16 mm <sup>2</sup>	7,75	2,40	46,5	14,4
25 mm <sup>2</sup>	4,96	2,26	29,8	13,6
35 mm <sup>2</sup>	3,54	2,16	21,2	13,0
50 mm <sup>2</sup>	2,48	2,06	14,9	12,4
70 mm <sup>2</sup>	1,77	1,08	10,6	11,9

Bu yaptığımız Abone Gerilim Düşümü Hesabıdır. Binaların aydınlatmasında da Aydınlatma Gerilim Düşümü Hesabını yapabiliriz.  
Aydınlatma gerilim düşümü hesabı için kullanacağımız armatürlerin güçleri:

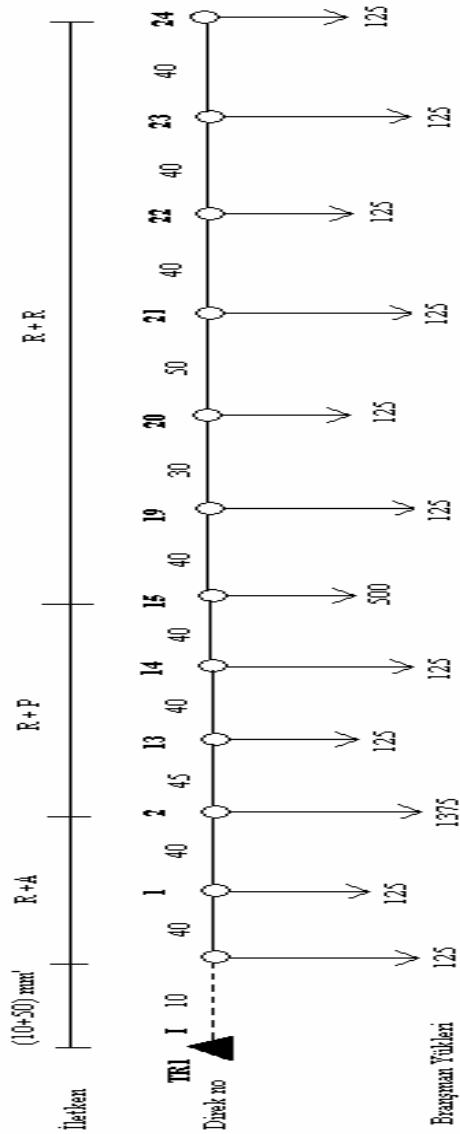
**Sodyum buharlı** 90 W (Kavşak, köprü, tünel, otoyol Aydınlatmalarında-sarı renkli)

**Civa buharlı** 125 W veya 250 W (Sokaklar ve yollar için-yeşilimsi beyaz)

**Fluoresan** : Yol aydınlatması için uzun armatürlerden (3x40) W → Sokaklar ve yollar için

**Çimen aydınlatma armatürü:** (3x40) W akkor Flamanlı lambalar kullanılır. (mantar tipi)

### 3.2 Aydınlatma Gerilim Düşümü Hesabı:



**Şekil 22:** Aydınlatma Gerilim Düşümü Hesabı

AKTİF GÜÇ													
Branşman Noktasına İnce Edilen Yük	125	125	1375	125	125	500	125	125	125	125	125	125	125
Hat Yükleri (m)	3125	3000	2875	1500	1375	1250	750	625	500	375	250	125	
Güç Yoğunluğu (J)													
K	44,7	36,65	36,65	41,85	41,85	41,85	55,8	55,8	55,8	55,8	55,8	55,8	55,8
%e <sub>a</sub> =10 <sup>-7</sup> .K.L.P	0,14	0,44	0,42	0,28	0,25	0,20	0,16	0,1	0,13	0,08	0,05	0,02	
Toplam %e <sub>a</sub> =2,27 < 5 uygundur.													

Cu hat tertibi : 3 x 70 + 10 / 50 seçilmiştir.

$$(R+P) \text{ için } K_{\text{mono}} = \frac{55,8 + 27,9}{2} = 41,85$$

$$(R+A) \text{ için } K_{\text{mono}} = \frac{55,8 + 17,5}{2} = 36,65$$

$$(10+50) \text{ mm}^2 \text{ için: } K_{\text{mono}} = \frac{74,5 + 14,9}{2} = 44,7$$

Gerilim düşümü büyük olursa (R+ A) deki R büyütülür ve hat tertibinin dışına çıkarılır. Refüjde aydınlatma direkleri varsa faz-nötr yer altından götürülür. İletken kesiti 6 mm<sup>2</sup> alınabilir. Hatta eğer fazla uzun değilse 4 mm<sup>2</sup> de alınabilir.

#### 4. Trafo Güçlerinin Hesabı:

##### 4.1 TR1 İçin:

$$I_I = (174,95 + 3,64) = 178,59 \text{ A}$$

$$I_{II} = (105,22 + 4,10) = 109,63 \text{ A}$$

$$I_{III} = (152,15 + 4,10) = 156,25 \text{ A}$$

$$I_{\text{top}} = I_I + I_{II} + I_{III} = 444,47 \text{ A}$$

174,95 → Moment hesabından geldi.

$$P_{\text{ŞEBEKE}} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_T \cdot \cos \varphi$$

$$= \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 444,47 \cdot 0,8 = 234,033 \text{ kW}$$

$$P_{\text{AYD}} = (78+1) \times 125 = 9,875 \text{ kW}$$

Burada 78 direğin her birinde bir lamba ve trafo direğindeki lamba ile toplam 79 lamba olacaktır.

$$P_{KAY} = \%10. (P_{\text{ŞEBEKE}} + P_{\text{AYD}}) = \%10. (234,033 + 9,875) = 23,404 \text{ kW}$$

$$P_T = P_{\text{ŞEBEKE}} + P_{\text{AYD}} + P_{KAY} = 234,033 + 9,875 + 23,404 = 267,312 \text{ kW}$$

$$\text{TR1'in görünür gücü: } S_1 = \frac{P_T}{\cos \varphi} = \frac{267,312}{0,8} = 334,14 \text{ kVA}$$

Nominal Trafo Güçleri:

25-40-63-80-100-125-160-200-250-315-400-500-630-800-1000-1250-1600 kVA

olduğu göz önünde bulundurulursa standart trafo gücü örnek hesaplama için 400 kVA olarak seçilebilir.

### 5. Direk Hesapları ve Seçimleri:

Direklerin görevleri bakımından sınıflandırılması:

#### 1- Taşıyıcı Direkler:

- a) Normal Taşıyıcı Direk (T)
- b) Köşede Taşıyıcı Direk (KT)

#### 2- Durdurucu Direkler:

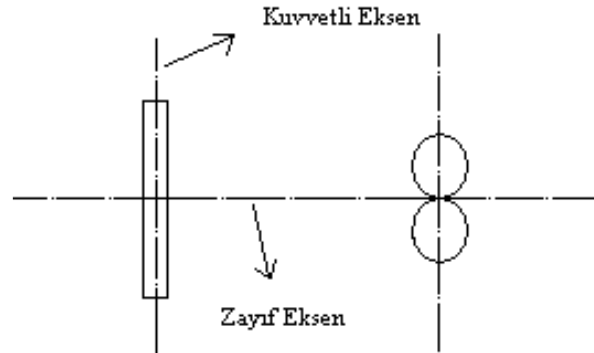
- a) Normal Durdurucu Direk (D)
- b) Köşede Durdurucu Direk (KD)

#### 3- Ayrım (Branşman) Direkleri: (A)

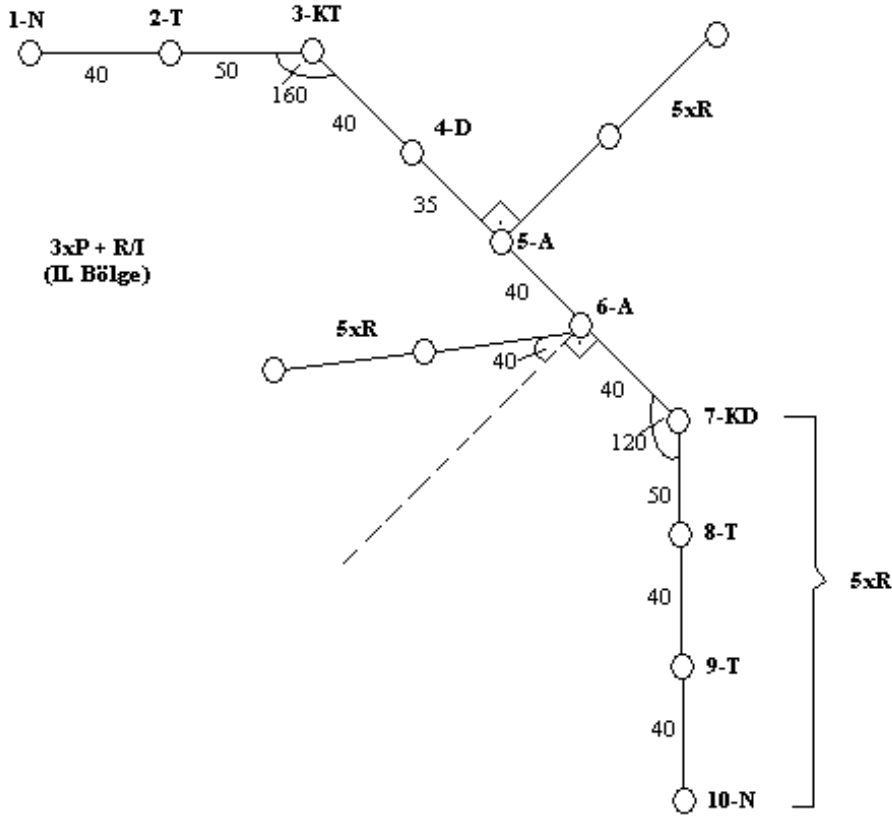
#### 4- Nihayet (Son) Direkleri : (N)

Tepe kuvvetleri bakımından direk eksenini ikiye ayırır:

- a) Zayıf Eksen
- b) Kuvvetli Eksen



Şekil 23: Zayıf ve Kuvvetli Eksen



Şekil 24: Direk Seçimi İçin Örnek Proje

### Direk Hesapları:

#### 1) Normal Taşıyıcı Direklerin Seçimi:

Rüzgar kuvvetine göre seçilirler. Genellikle yönetmelikteki 1. varsayım en büyük tepe kuvvetini verir. Bu durumda rüzgar kuvveti direğin kendisine de etki edeceğinden bu kuvvet direk tepesine indirgenerek (W), direğin rüzgarsız durumdaki tepe kuvvetinden (P) çıkartılır. Bu şekilde bulunan tepe kuvvetine rüzgarlı tepe kuvveti denir.

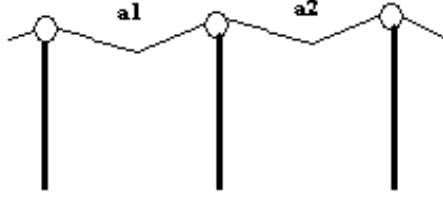
1. varsayım:  $P - W \geq$  Tellere gelen rüzgar kuvveti

P: Rüzgarsız tepe kuvveti (kg.k)

W: Direğe etki eden rüzgar kuvveti (kg.k)

Boy / Tepe Kuvveti = 9,3 / 1,5 (P=1,5x100=150kg.k) ve W= 27 kg.k

P-W (Rüzgarlı Tepe Kuvveti) = 150-27=123 kg.k



Rüzgar Açıklığı:

$$a_w = \frac{a_1 + a_2}{2} = \frac{40 + 50}{2} = 45 \text{ m}$$

olarak hesaplanır.

**Şekil 25:** Rüzgar Açıklığı Hesabı

### 2-T Direğinin Seçimi:

Tablo 3.1'e göre:

3xPansy : 3x0,44 = 1,32 kgk/m

1xRose: 1x0,31 = 0,31 kgk/m

1Iris : 1x0,392=0,392 kgk/m

Toplam:2,022 kgk/m

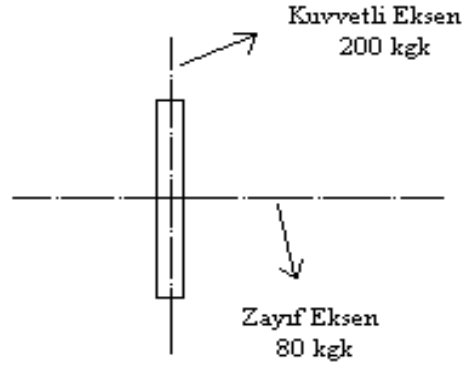
2-T direğine etki eden toplam rüzgar kuvveti: 45x2,022=91 kgk olur.

Tablo 3.7'den demir direk olarak 6,5U tipi (P-W=143 kgk) seçilir.

Tablo 3.10'dan ağaç direk olarak 0-10 tipi (P-W=146 kgk) seçilir.

Tablo 3.9'dan beton direk olarak 1,5/10 tipi ( P=150 kgk, W=29 kgk, P-W=121 kgk) seçilir.

Direk Tipi	P	P-W
10-Hç	344-229	308-168
6,5U	200-80	143-40
1,5/10	150	150-29



**Şekil 26:** Eksenlere etki eden kuvvetler

**NOT:**Bir direği diğer direklere bağlayan hat uzunluklarından biri 40 m. veya daha fazlaysa direk normal boylu seçilir.Uzunlukların her ikisi de 40 metreden az ise kısa boylu seçilir.

## 2) Köşede Taşıyıcı Direklerin Seçimi:

Yönetmelikteki 1. ve 6. varsayımlar genellikle en büyük kuvveti verir.Hangisi daha büyük tepe kuvveti verirse direk o varsayıma göre seçilmiş olur.

1.varsayım:  $P \geq \text{Max. çekme kuvvetleri bileşkesi}$

6.varsayım:  $P-W \geq +5 \text{ }^\circ\text{C}$  deki çekme kuvvetleri bileşkesi ile bu bileşke yani yani açılırtay yönünde iletkenlere etki eden rüzgar kuvvetleri toplamı.

NOT: I. Bölgede buz yükü dikkate alınmaz.Tablo 3.1 bölgelere göre iletkenlerin birim boyuna etki eden rüzgar kuvvetini verir.

## 3-KT Direğinin Seçimi:

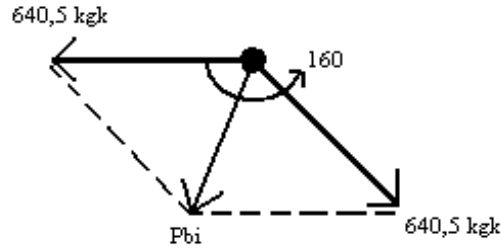
$$3 \times \text{Pansy} = 3 \times 138,5 = 415,5 \text{ kgk}$$

$$1 \times \text{Rose} = 1 \times 100 = 100 \text{ kgk}$$

$$1 \times \text{Iris} = 1 \times 125 = 125 \text{ kgk}$$

$$\text{Toplam: } 640,5 \text{ kgk}$$

I. varsayıma göre:



**Şekil 27:**Örnek Hesaplama

$$P_{bi} = 2 \cdot P \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 640,5 \cdot \cos 80 = 223 \text{ kgk}$$

6. varsayıma göre:

$$3 \times \text{Pansy} = 3 \times 24,25 = 72,75 \text{ kgk}$$

$$1 \times \text{Rose} = 1 \times 12 = 12 \text{ kgk}$$

$$1 \times \text{Iris} = 1 \times 19 = 19 \text{ kgk}$$

$$\text{Toplam: } 103,75 \text{ kgk}$$

$$P_{bi}=2.P.\cos\frac{\alpha}{2}=2.103,75.\cos 80=36 \text{ kgk}$$

Rüzgar kuvveti;  $3xP+R/I$  için normal taşıyıcıda 2,022 kgk/m olarak hesaplanmıştı.

$$a_w = \frac{a_1 + a_2}{2} = \frac{40 + 50}{2} = 45 \text{ m}$$

Toplam  $2,022 \times 45 = 91$  kgk bulunur.

6. varsayıma göre açığortay yönünde etkiyen toplam kuvvet  $P_{top}=91+36=127$  kgk bulunur.

1. varsayımın sonucu daha büyük tepe kuvveti gerektirdiğinden direk seçimi 1. varsayıma göre seçilmelidir.

Demir direk olarak 8I (P=300 kgk)

Beton direk olarak 2,5/10 (P=250 kgk)

Ağaç direk olarak A-10 (P=261 kgk)

### 3) Normal Durdurucu Direklerin Seçimi:

Yönetmelikteki 1. varsayıma göre seçim yapılır. Bu varsayıma göre; iletkenlerin max. çekme kuvvetlerinin bir yanda %100 olduğu, diğer yanda ise iletken sayısına göre aşağıdaki çizelgede gösterilen oranlarda zayıfladığı kabul edilerek yani;

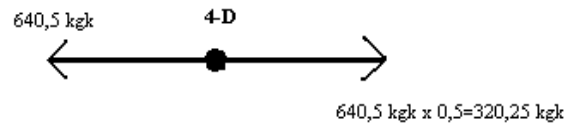
$$P \geq (\text{Tek taraflı max. çekme kuvvetleri toplamı}) \times a$$

Olacak şekilde direk seçilir. Burada "a" ya kopma veya zayıflama çarpanı denilir.

İletkenlerin toplam sayısı (toprak teli hariç)	2	3	4	5	6 ve yukarısı
a	1	0,75	0,60	0,50	0,40

### 4-D Direğinin Seçimi:

$3xP+R/I$  için ma. Çekme kuvvetleri toplamı 640,5 kgk idi. a katsayısı çizelgeye göre 0,5 tir.



$$P_{bi}=640,5-320,25=320,25 \text{ kgk}$$

### Şekil 28: 4-D Direğinin Seçimi

Direğin hangi tarafındaki kuvvet az ise, o tarafını zayıflatıyoruz.

Ağaç : Hç-10

Demir: 8U

Beton: 3,5/10 olarak seçilebilir.



#### 4) Köşede Durdurucu Direklerin Seçimi:

Yönetmelikteki 1. ve 5. varsayımlar göz önüne alınır:

1.varsayım:  $P \geq$  iletkenlerin en büyük çekme kuvvetlerinin bir yanda %100 olduğu, diğer yanda ise a oranında zayıfladığı varsayılarak bulunacak bileşke kuvvet.

5.varsayım:  $P \geq$  iletkenlerin ve toprak tellerinin en büyük çekme kuvvetleri bileşkesi.

#### 5) Nihayet Direklerin Seçimi:

Yönetmelikteki 1. varsayım kullanılır.

1.varsayım:  $P \geq$  iletkenlerin ve toprak iletkenlerinin max. çekme kuvvetleri toplamı.

#### 10-N Direğinin seçimi:

$$P_{bi}=5 \times 100=500 \text{ kgk}$$

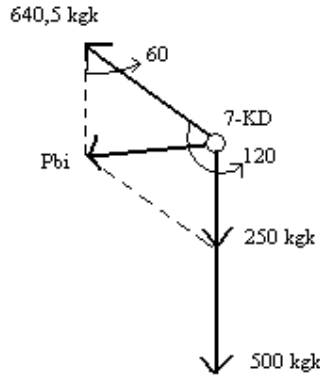
Demir : 10 I (500 kgk)

Beton : 5/10 (500 kgk)

Ağaç : OÇ-10 (534 kgk)

#### 7-KD Direğinin Seçimi:

1.varsayım:



Şekil 29: 7-KD Direğinin Seçimi

$$P_{bi}=\sqrt{(640,5)^2 + (250)^2 - 2.(640,5).(250).\cos 60^\circ}$$

$$P_{bi}=559 \text{ kgk}$$

5. varsayım:

$$P_{bi}=\sqrt{(640,5)^2 + (500)^2 - 2.(640,5).(500).\cos 60^\circ}$$

$$P_{bi}=583 \text{ kgk}$$

5. varsayıma göre direk seçimi yapılır:

Demir : 10U (700 kgk)

Beton : 6/10 (600 kgk)

Ağaç : AÇ-10 (783 kgk)

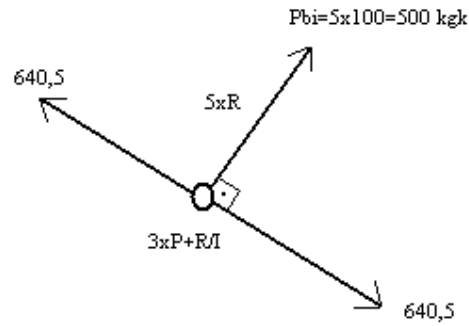
### 6) Ayrım Direkleri:

1. varsayım:  $P \geq$  Ana hat ve kollardaki iletkenlerin ve toprak iletkenlerinin max. çekme kuvvetlerinin bileşkesi.

2. varsayım: En büyük bileşke kuvveti verecek şekilde ana hat ve kollardan birinde, çizelgede verilen a çarpanları oranında bir zayıflama göz önüne alınarak bulunacak bileşke kuvvet.

5-A direğini göz önüne alalım:

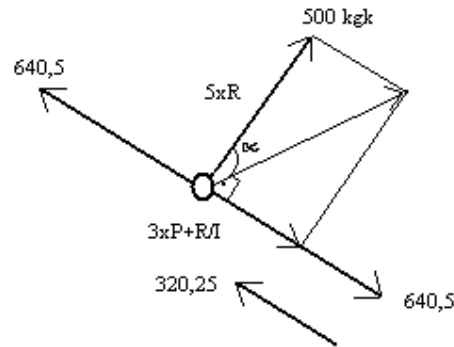
1. varsayıma göre;



Şekil 30: 5-A Direğinin I. Varsayıma Göre Seçimi

$P_{bi}=5xR=5x100=500$  kgk

2. varsayıma göre:



Şekil 30: 5-A Direğinin II. Varsayıma Göre Seçimi

Zayıflamayı küçük olan taraftan alacağız.  $a=0,5$  olarak alınırsa;

$$640,5 \times 0,5 = 320,25 \text{ kgk}$$

$$P_{bi} = \sqrt{(500)^2 + (320,25)^2} = 594 \text{ kgk}$$

Direk 2. varsayıma göre seçilmelidir:

Demir : 10U (700 kgk)

Beton : 6/10 (600 kgk)

Ağaç : AÇ-10 (783 kgk)

Burada A tipi demir veya çift ağaç direk kullanılırsa, bunların kuvvetli eksenlerinin hatta dik doğrultuda olması uygun bir yerleştirme şeklidir. Çünkü bileşke kuvvet ile hatta dik doğrultu arasındaki açı 35 dereceden küçüktür. ( $\alpha = 32,64^\circ$ )

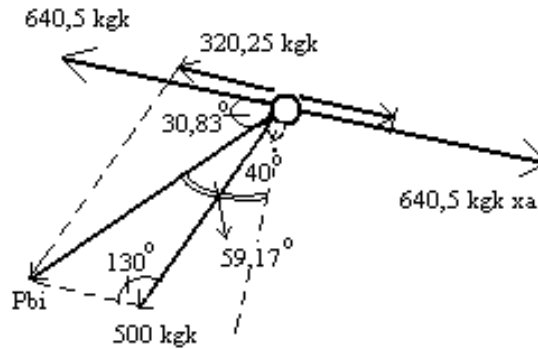
Eğer bir bileşke kuvvetin kuvvetli ekseninden sapması 35 dereceden daha büyük olursa bu bileşke kuvveti aşağıdaki çizelgede verilen "m" katsayısına bölerek, kuvvetli eksen yönünde gerekli olan direk tepe kuvveti yeniden bulunmalıdır.

$\alpha$	0-35°	40°	50°	60°	70°	90°
m	1	0,9	0,78	0,71	0,67	0,66

Direk branşman yönünde yerleştirilmelidir. Örneğin;

$$\frac{P_{bi}}{0,71} = \frac{5,94}{0,71} \cong 837 \text{ kgk}$$

#### 6-A Direğinin seçimi:



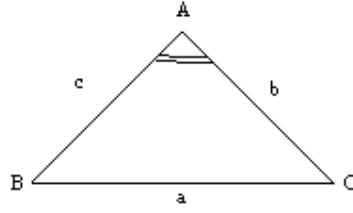
Şekil 31: 6-A Direğinin Seçimi

$$P_{bi} = \sqrt{(500)^2 + (320,25)^2 - 2 \cdot (500) \cdot (320,25) \cdot \cos 130^\circ}$$

$$P_{bi} = 747 \text{ kgk}$$

**NOT:**Cosinüs Teoremi'nde:

**Cosinus Teoremi**



**Şekil 32:** Cosinüs Teoremi

$a^2 = b^2 + c^2 - 2.b.c.\cos A$  şeklindedir.

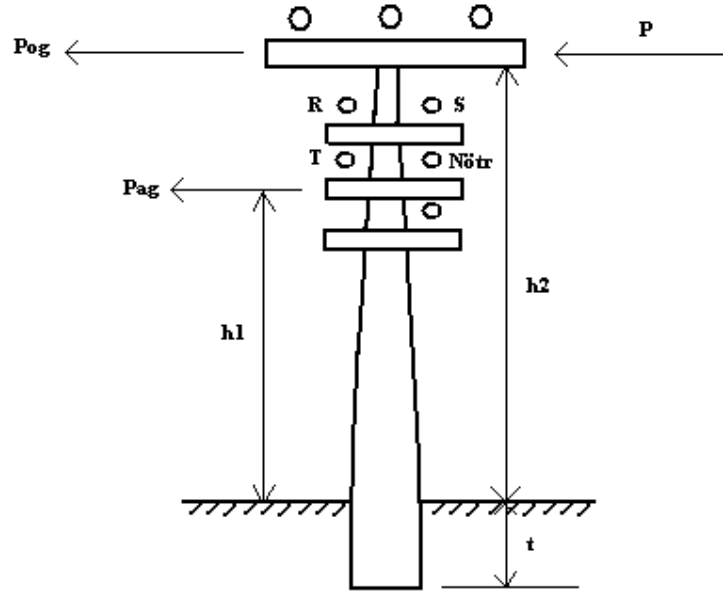
$\alpha = 30,84^\circ$  olduğundan demir direğin (12I) veya ağaç direğin (Aç-10) kuvvetli eksenini ana hat doğrultusunda yerleştirilirse, herhangi bir problem söz konusu olmaz.

Demir : 12 I (900 kgk)

Beton : 8/10 (800 kgk)

Ağaç : Aç-10 (783 kgk)

**Müşterek Direk Seçimi:**



**Şekil 33:**Müşterek Direk

$$P = \frac{h_1}{h_2} P_{AG} + P_{OG}$$

$\frac{h_1}{h_2}$  : AG irca katsayısı. (0,85 alınır)

$$P=0,85. P_{AG} + P_{OG}$$

**NOT:**Bütün müşterek direk boyları 11 metre alınacaktır.

OG İletkeni	Rüzgar Kuvveti kgk/m	Çekme Kuvvetleri (kgk)		
		I. bölge	II. Bölge	III. Bölge
3 x swallow	1,13	440	445	416

$$1 \text{ x swallow} = \frac{1,13}{3} = 0,376 \text{ kgk/m}$$

$$\text{I. Bölge için çekme kuvveti: } \frac{440}{3} = 146 \text{ kgk}$$

**Müşterek Direk Seçiminde Dikkat edilecek Hususlar:**

1-Swallow iletkeninde taşıyıcı köşe olarak kullanma sınırı 130 derecedir.Bundan daha küçük açılarda AG iletkenleri taşıyıcı olarak geçse bile swallow iletkeninin durdurulması gerektiğinden direk müşterek durdurucu köşe direği (MDK) niteliğini kazanacaktır.

MD : Müşterek Durdurucu

MN: Müşterek Nihayet

MA: Müşterek Ayırım

MT: Müşterek Taşıyıcı

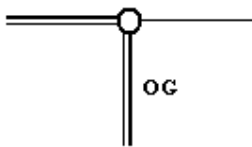
MTK: Müşterek Taşıyıcı Köşe

**MN Direği**



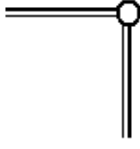
MN direği.AG gibi hesaplaması yapılır.

**MA Direği**



İkisi de durdurucu veya taşıyıcı ise toplanır.Biri durdurucu diğeri taşıyıcı ise durdurucuya göre hesap yapılır.

### MDK Direği



Açı 130 dereceden küçük olduğu için (OG' de) köşede durdurucu kullanılır.

### 2-MN Direkleri İçin:

a) OG iletkeni taşıyıcı, AG iletkeni nihayet durumunda ise MN direği AG iletkenine göre seçilir.

b)Diğer durumlarda ise varsayımlar bütün iletkenlere uygulanır.

### Trafo Direkleri:

Tr. Direk Tipi	Tepe Kuvveti	Direk Ağırlığı	Direğe Konulacak Tr. Gücü
T <sub>15</sub> /T <sub>15K</sub>	1500	848/795 784/725	100 kVA dahil
T <sub>25</sub> /T <sub>25K</sub>	2500	938/885 868/810	160 kVA dahil
T <sub>35</sub> /T <sub>35K</sub>	3500	1027/975 960/905	250 kVA dahil
T <sub>50</sub> /T <sub>50K</sub>	5000	1154/1097 1080/1025	400 kVA dahil

Tabloda direğe konulacak trafo gücü önemli değildir.Önemli olan bizim hesaplayacağımız tepe kuvvetidir.

OG irca katsayısı 1,437' dir.

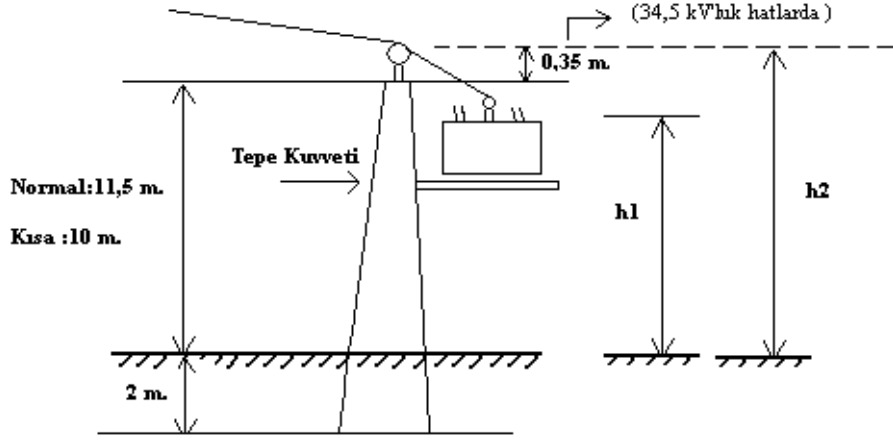
$$P = P_{AG} + \frac{h_2}{h_1} P_{OG}$$

$$P = P_{AG} + 1,437 \cdot P_{OG}$$

Trafo direklerinde direğin tepe kuvveti, tepeden itibaren 1,5 metre aşağıdaki AG orta traversine tatbik edilebilecek maksimum kuvvet demektir.

Beton trafo direkleri için gerekli özellikler:

- Trafo direğinin boyu normal olarak 11,5 metredir.En küçük tip 8 / 11,5 'tir.
- Trafo direği sembolün önüne TR yazılarak belirtilir. TR – 8/11,5 gibi
- Trafo direğinin seçimi AG direklerinin seçiminde kullanılan cetvellere göre yapılır.Bulunan değere 300 kg platform ağırlığı ilave edilir.
- Trafo direkleri normal ve kısa tip olmak üzere iki çeşitir.Kısa direkler, normal direklerden 1,5 m. kısadır.Dört tipi vardır.Bunlar; T<sub>15</sub> ,T<sub>25</sub> ,T<sub>35</sub> ve T<sub>50</sub> dir.
- Trafo direğinin tepe değeri AG seviyesindeki değerdir.
- Direk ağırlıklarına OG travers ağırlıkları dahil değerdir.
- 34,5 kV'luk hatlarda izolatör boyu 35 cm'dir.



**Şekil 34:** Trafo Direği

Eski projelerde trafo direkleri 3 tip idi.

TR-20 → 2000 kgk

TR-26 → 2600 kgk

TR-23 → 2300 kgk (seksiyonerli)

#### Trafo Direği Vektör Diyagramı Çizimi:

- AG havai hat cerleri buz yükü bölgesine göre aynen alınır.
- OG enerji nakil hattı cerri ise;

$$P = P_{AG} + \frac{h_2}{h_1} P_{OG}$$

- Mesnet izolatörlü halde (normal direk)

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{11,5 + 0,35}{8} = 1,48 \quad \text{ile çarpılarak AG seviyesine indirgenir.}$$

- Gergi izolatörlü halde (normal direk);

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{11,5}{8} = 1,437 \quad \text{ile çarpılarak AG seviyesine indirgenir.}$$

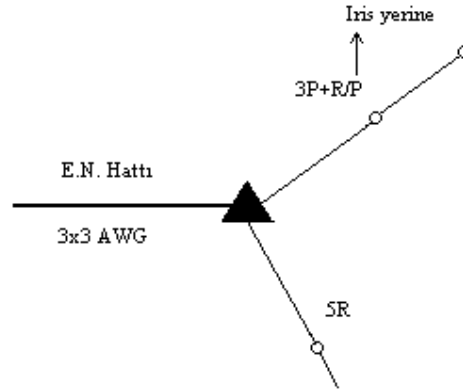
- Mesnet İzolatörlü Halde (Kısa Direk)

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{10 + 0,35}{8} = 1,294 \quad \text{ile çarpılarak AG seviyesine indirgenir.}$$

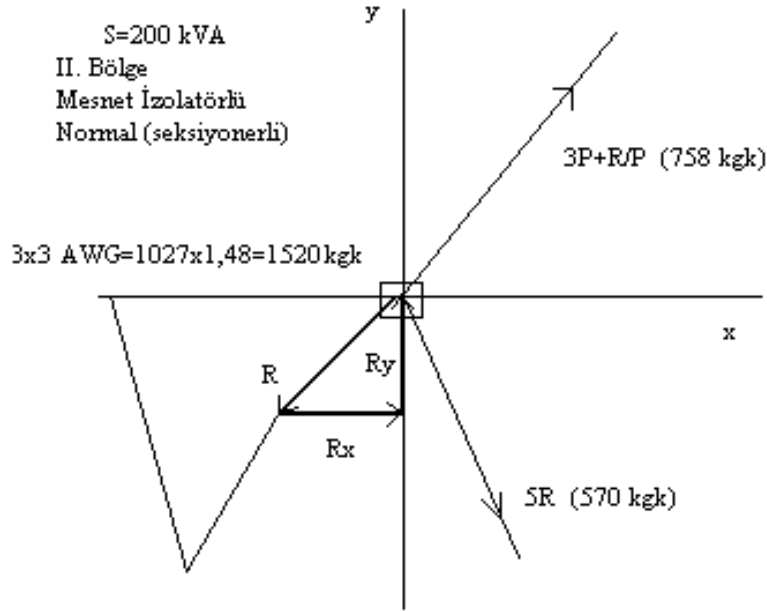
- Gergi izolatörlü halde (kısa direk)

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{10}{8} = 1,25 \quad \text{ile çarpılarak AG seviyesine indirgenir.}$$

→ Beton trafo direklerinin seçiminde hesaplanan tepe kuvvetine 300 kg. platform ağırlığı ilave edilir.



Şekil 35: Trafo Direğine Bağlı Kollar



Şekil 36: Trafo Direğine Etki Eden Kuvvetler

$$R=R_x + R_y = 780 + 140=920 \text{ kgk}$$

$R < T_{15} =1500 \text{ kgk}$  seçilir.

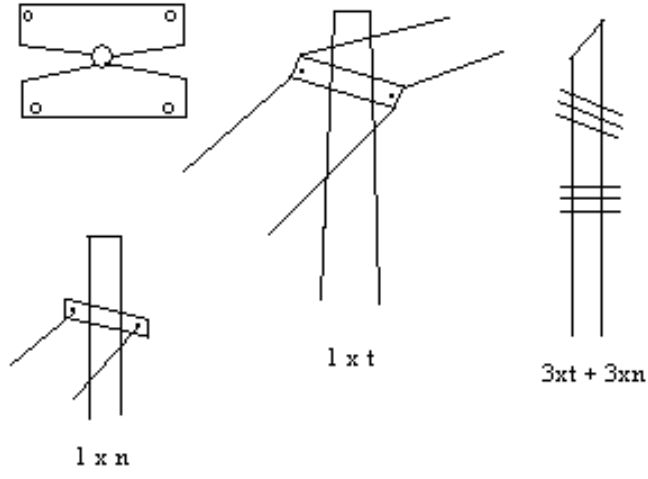
**NOT:** Trafo direği E.N. Hattı geliş istikametine bir yüzü dik olarak dikilecektir.

**AG Traversleri:** iki çeşittir:

1- t: Taşıyıcı →Taşıyıcı bağ kullanılan direklerde

2- n: Nihayet →Durdurucu bağ kullanılan direklerde





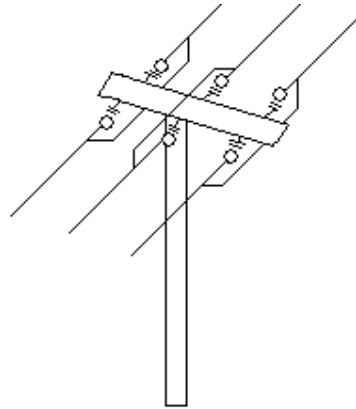
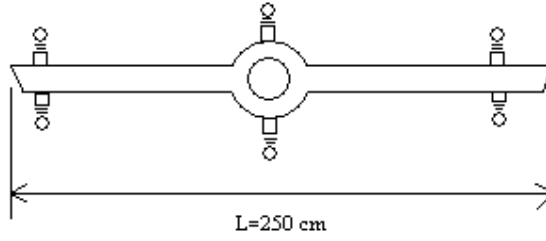
**Şekil 37:** Çeşitli AG Traversleri

**OG Traversi:**

D-250: Durdurucu

T-250 : Taşıyıcı

N-250 : Nihayet



**Şekil 38:** OG Traversleri

**Park ve Sokak Aydınlatmaları İçin Direk İsimleri:**

PA-4,5 , PA-5 , PA-6 ..... Park Aydınlatması

AD-8/1

AD-8/2

AD-8/3

AD-9/1...5

AD-10/1...5

AD-11/1...5 şeklinde devam edenler Aydınlatma direkleridir.

→ AG izolatörleri : E-60, E-80, E-95

OG izolatörleri : VHD, VKS şeklinde belirtilir.