

ELEKTRİK TESİSLERİNDE DOLAYLI
DOKUNMAYA KARŞI KORUMA ve
TOPRAKLAMA

GİRİŞ

Elektrik enerjisi sayılamayacak kadar çok yerde işimizi normal şartlarda kolaylaştırırken, yalıtım bozuklukları insanlar ve diğer canlılar için tehlike oluşturabiliyor.

Bu tehlike *Elektrik Çarpması* olarak adlandırılır. Yalıtım bozuklukları yangınlara da yol açabilir.

İnsanların ve diğer canlıların elektrik çarpması için vücutlarının iki ayrı noktasının farklı elektriksel potansiyellerde olması ve bu sebeple üzerlerinden akım geçmesi gerekir.

Bir insanın gerilim altındaki tesis bölümlerine dokunması doğrudan veya dolaylı yollardan olabilir. Bu çalışmada dolaylı yoldan dokunma sonuçları ve koruma yöntemleri ele alınacaktır.

ELEKTRİK ÇARPMASI SONUÇLARI

Elektrik çarpması ile meydana gelen kazalar, etki bakımından üç grupta toplanabilir.

- 1) Elektrik akımının sinirler, adaleler ve kalp çalışması üzerindeki etkileri,
- 2) Elektrik akımından doğan ısınmanın ve arkların yaptığı zararlar, yanmalar,
- 3) Korku sebebi ile düşme, çarpma gibi mekanik zararlar.

İnsan ve hayvanlar üzerinde elektrik çarpması olayı aynı şekilde oluşur.

BESLEMENİN OTOMATİK KESİLMESİ

Elektrik tesislerinde (teknik hatalar, aşırı akımlar, yalıtım bozukluğu, delinme vb.) sonucunda ortaya çıkan tehlikeli dokunma gerilimini ortadan kaldırmak için beslemenin kesilmesi önemli ve en çok uygulanan bir yöntemdir.

Besleme devresinin kesilmesi; *kesiciler, sigortalar ve Artık Akım Anahtarı (Kaçak Akım Rölesi)* gibi devre elemanları ile sağlanır.

Bu gibi cihazların çalışabilmesi için hata akımının, cihazların önceden ayarlanmış faaliyet akımlarından daha büyük olması şarttır.

Topraklamanın yapılması ile hata akımının büyütülmesi sağlanır.

TOPRAKLAMA

Topraklama, elektrikli işletme araçlarının normal işletmede gerilim altında olmayan metal kısımlarının bir iletkenle toprakla birleştirilmesidir.

Topraklama yapmaktaki amaç; elektrik işletme araçlarının üzerinde meydana gelebilecek hata akımında insan vücudu üzerinden geçecek akımı olduğunca az tutmak ve bu arada devredeki koruma cihazlarının çalışmasını sağlayarak arızalı kısmın hızla devre dışı olmasını sağlamaktır.

İnsan hayatını ve cihazların kullanım ömrünü riske atmamak için elektrik kaçağı riskine karşı **temel topraklama** yapılmalıdır. Böylece cihaz üzerinde oluşabilecek fazla elektrik akımı, direnci çok az olan toprak hattı üzerinden toprağa iletilecek ve cihaza dokunan insanın hayati tehlikesi ortadan kalkmış olacaktır.

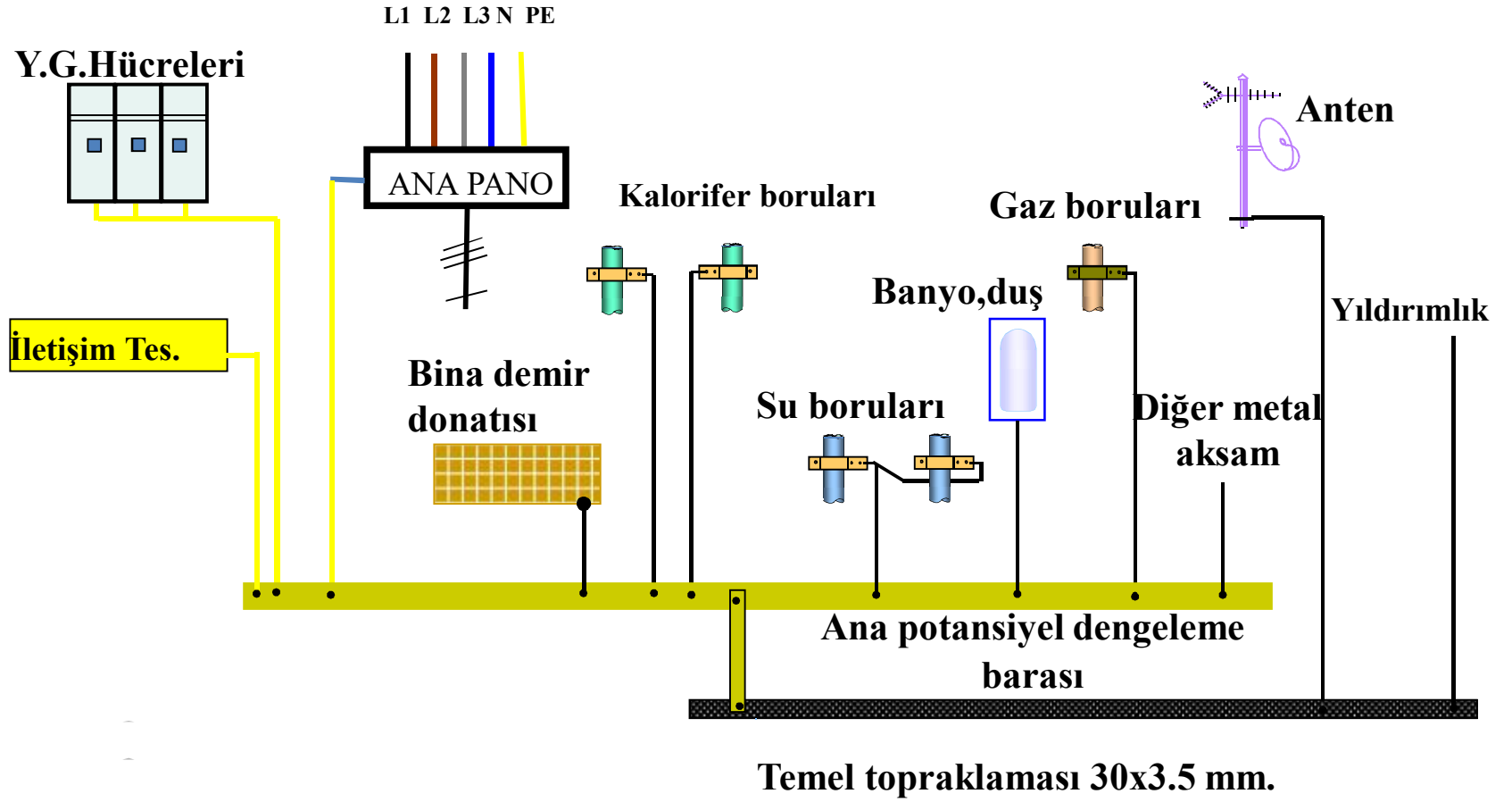
Topraklama

Topraklamada en güvenli sistem eş potansiyel sistemdir. Bu sistemde tüm topraklamalar birbirine irtibatlanır. Tesis içerisinde herhangi iki noktada oluşabilecek gerilim farkı önlenmiş ve tüm noktalarda eş potansiyel sağlanmış olur.

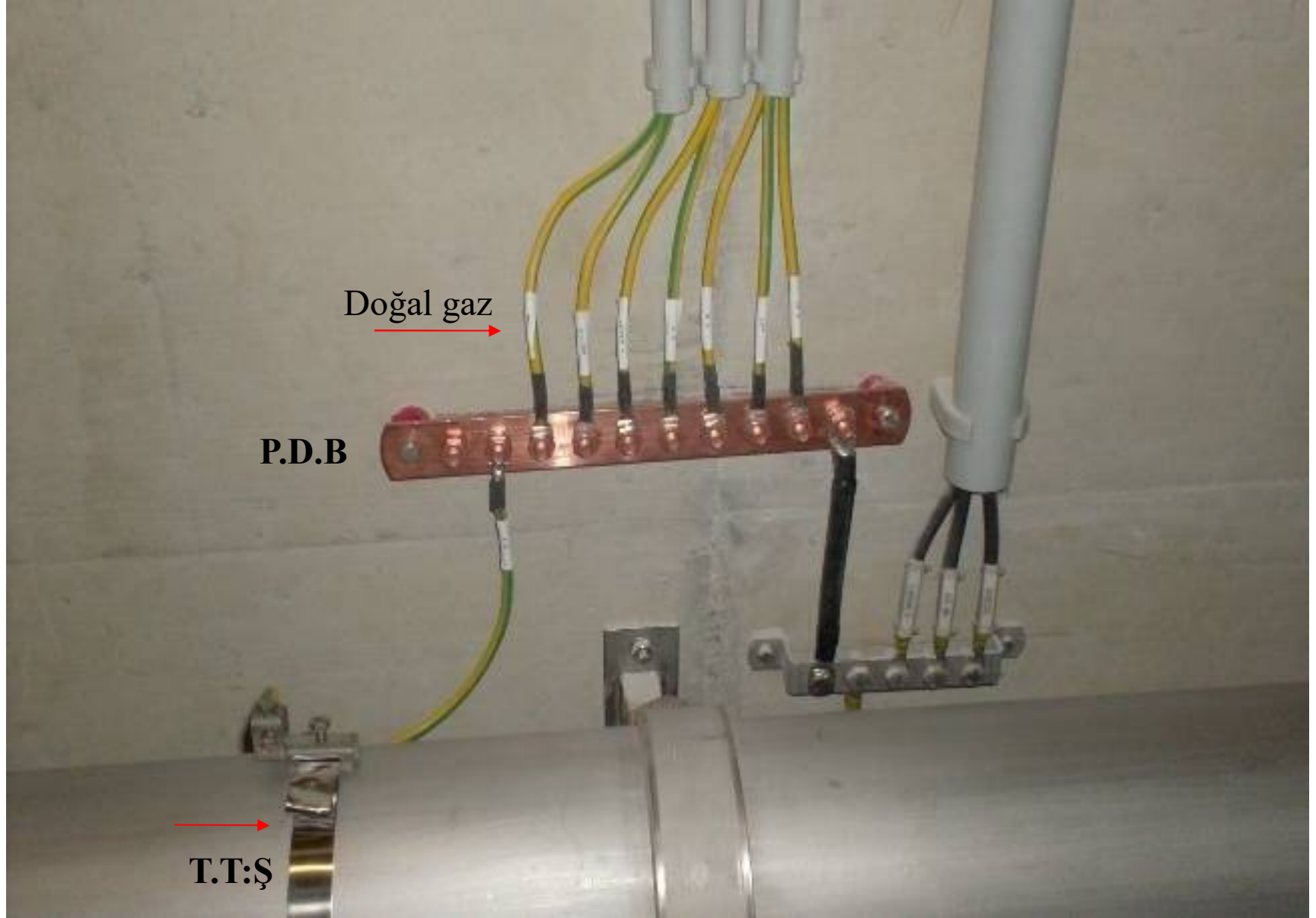
Bu sistemde statik elektrik de oluşmayacağından statik elektrik kaynaklı yangın riski ortadan kalkacaktır.

Şebekelerde, topraklama yalnız dolaylı dokunmaya karşı koruma görevi yapmaz, aynı zamanda şebekede gerilim yükselmelerini sınırlar.

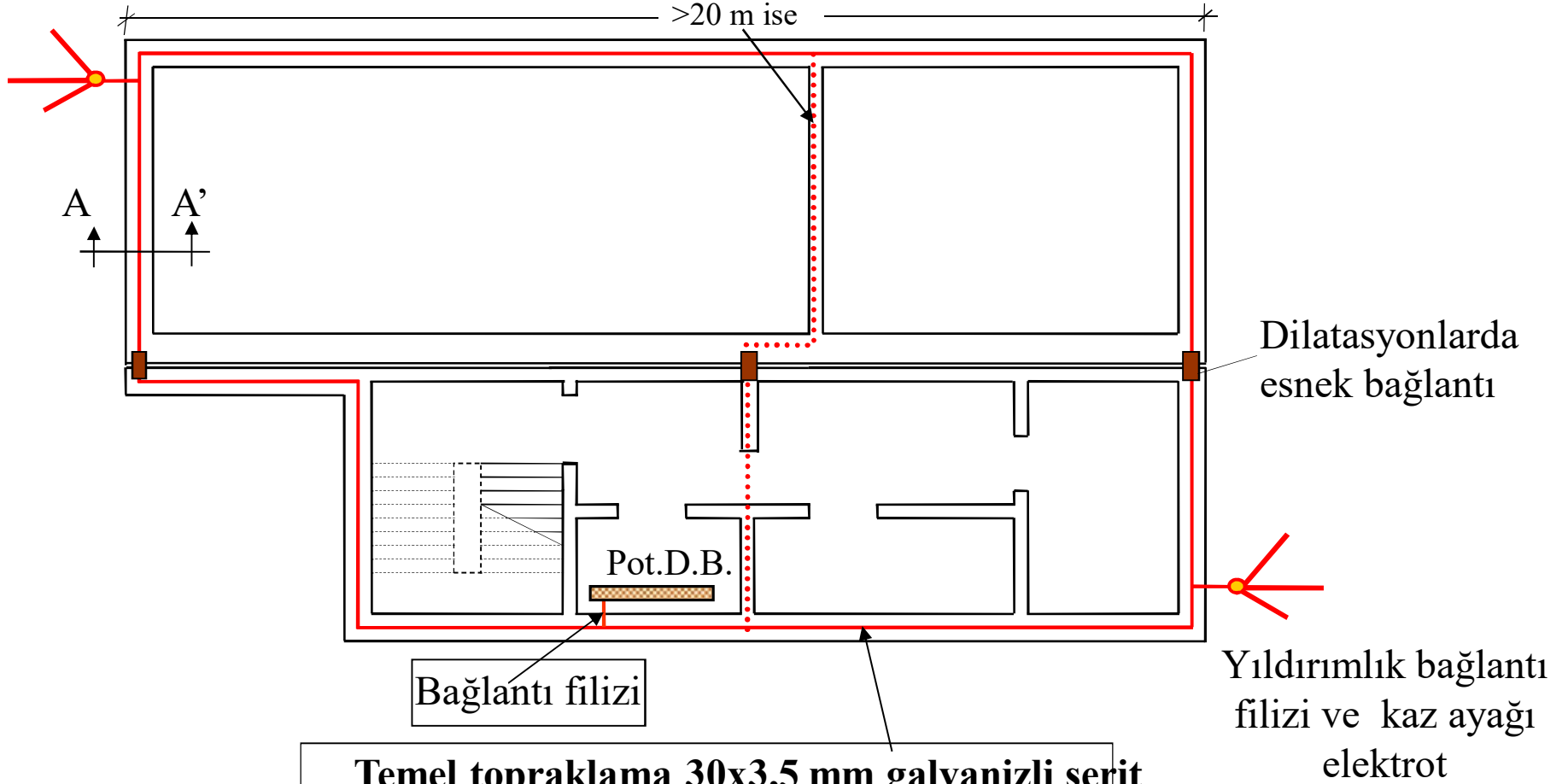
ANA POTANSİYEL Dengeleme ŞEMASI



ANA POTANSİYEL DENGELEME ŞEMASI



TEMEL TOPRAKLAMA PROJESİ PLANI



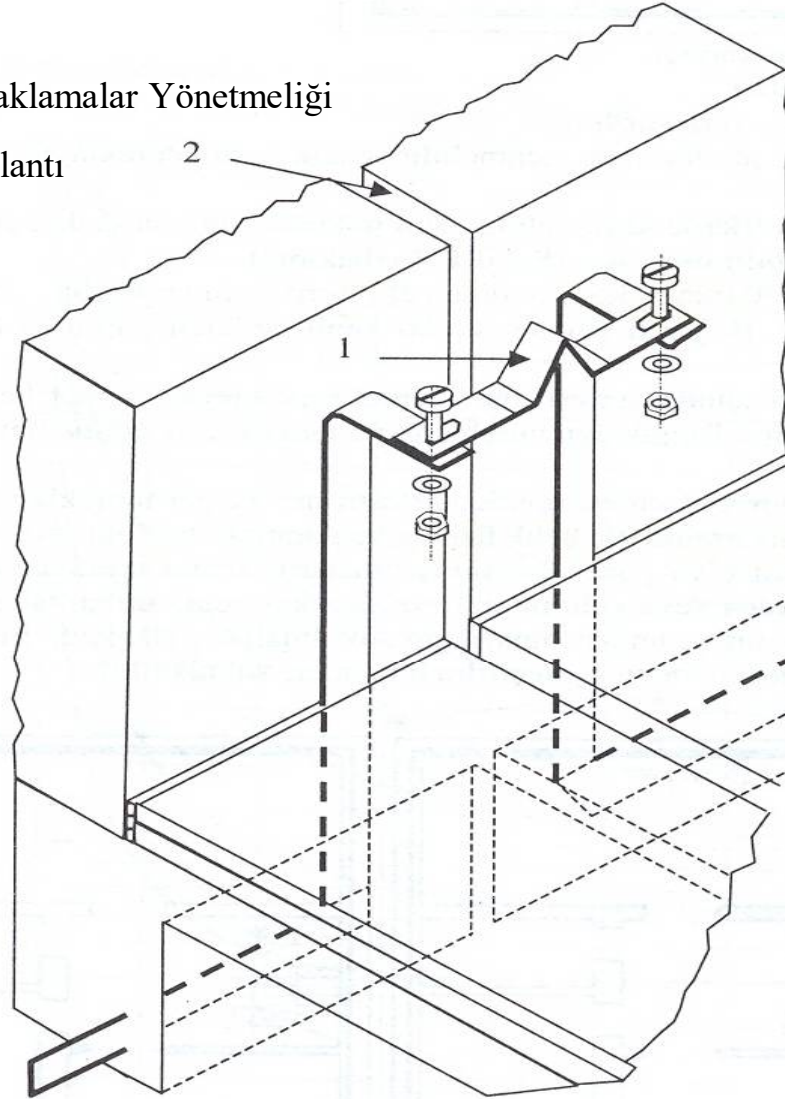
Temel topraklama 30x3,5 mm galvanizli şerit

Temel topraklamada bakır şerit kullanılmaz

Temel boyutları 20 m'den büyükse gözler yapılmalı

Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği

Dilatasyonlarda esnek bağlantı



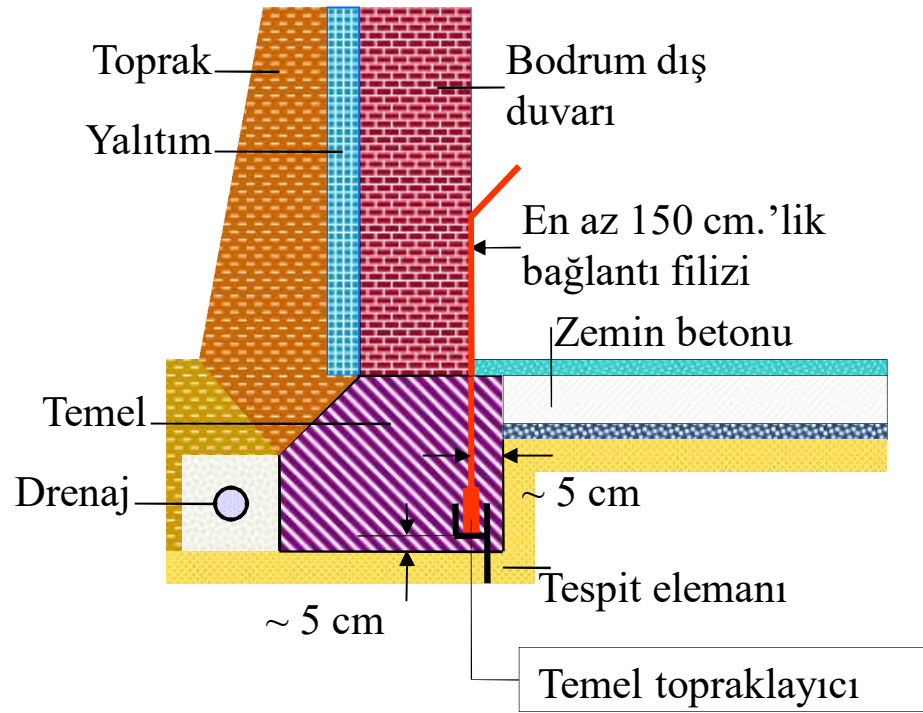
Galvaniz şeridin dilatasyon geçişi dışarıda olmalıdır.

Asansör kuyusuna ray için ve kazan dairesine kazan için ayrı bağlantı filizleri tavsiye edilir.

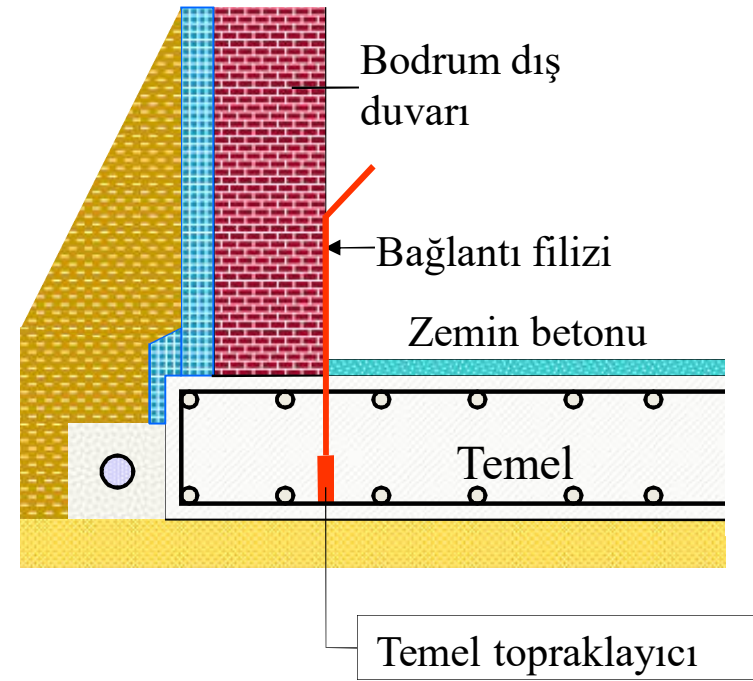
- 1 Esnek bağlantı (genleşme köprüsü),
- 2 Dilatasyon derzi (hareket aralığı).

Şekil-L.4 İnşaatların içinde, esnek bağlantı ile hareket aralıklarının köprülenmesine örnek

TEMEL TOPRAKLAMA DETAY A-A' kesitleri

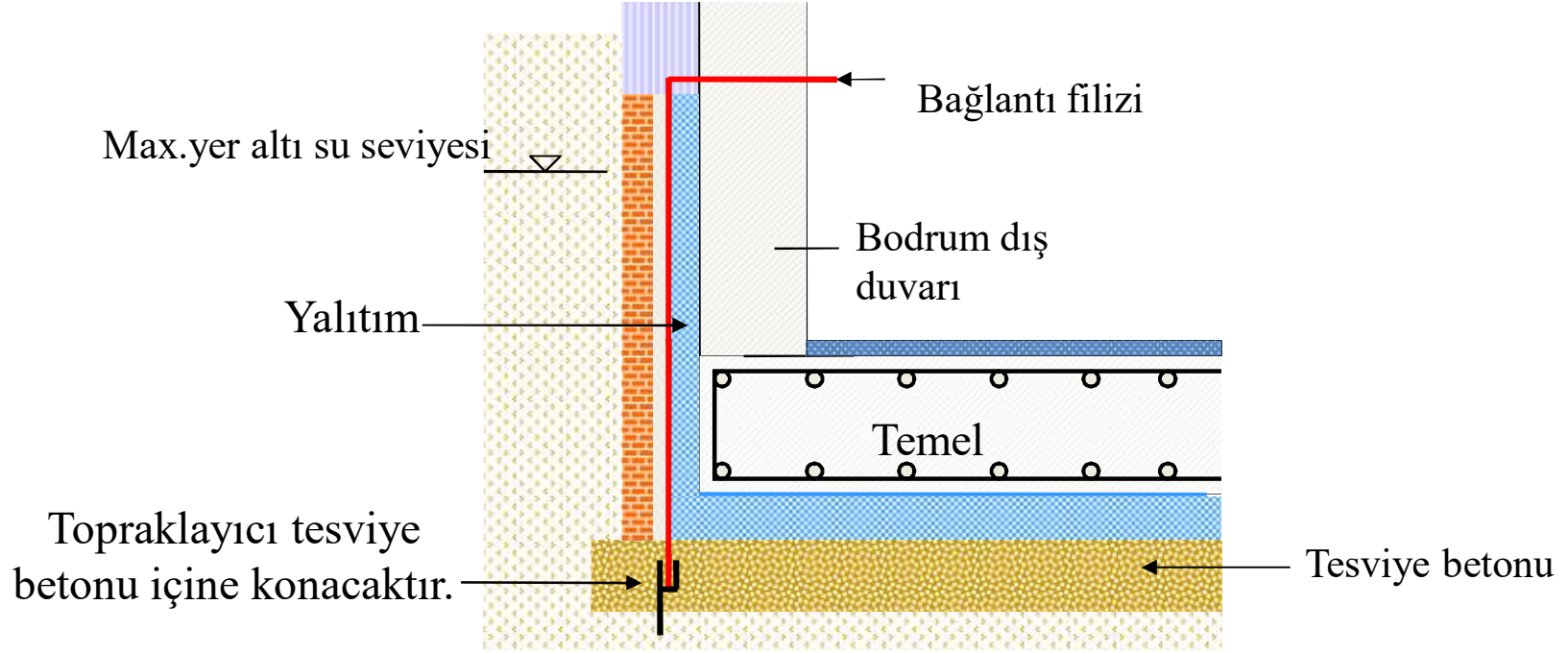


Demir donatısı bulunmayan temel



Demir donatısı bulunan temel

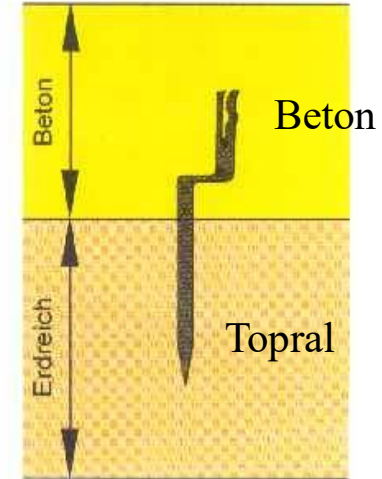
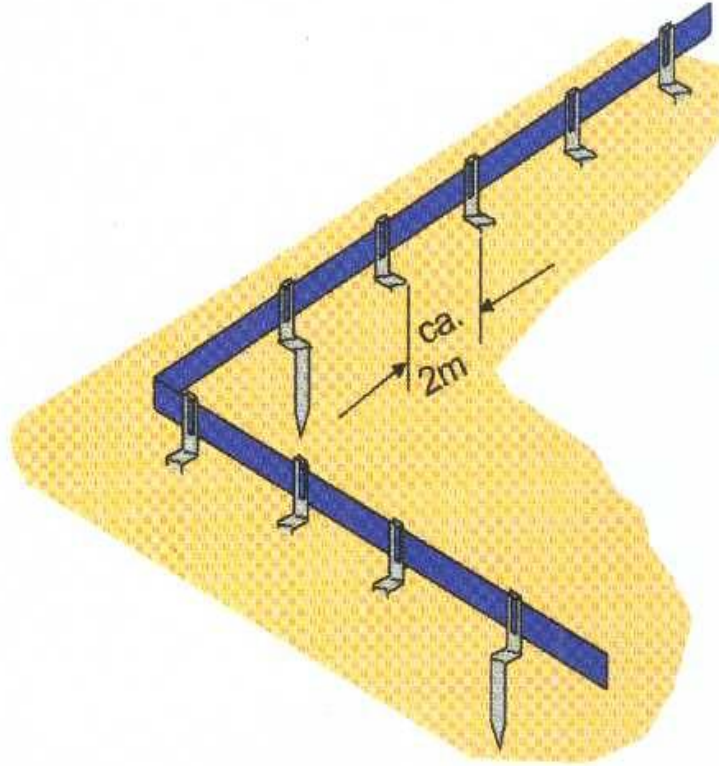
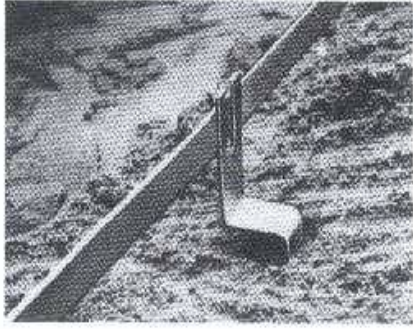
TEMEL TOPRAKLAMA DETAYLARI A-A' kesiti



Dışarıdan basınç yapan suya karşı yalıtılmış binalarda temel topraklayıcı, yalıtımın altındaki beton tabakası içine yerleştirilmelidir. Bağlantı filizleri ya dış yüzeyden veya yalıtım malzemesi arkasındaki dolgu tabakasından beton içine gömülü durumda yukarı çıkarılmalı ve en yüksek yeraltı su seviyesinin üstünden bina içine sokulmalıdır. Altta çakıl serilmiş ise hesaplarda çakılın özgül direnci kullanılmalı, ya da elektrot çakıl tabakanın da altına konmalıdır. **Yön. Ek-L Bina yalıtımının içinde kalan temel**

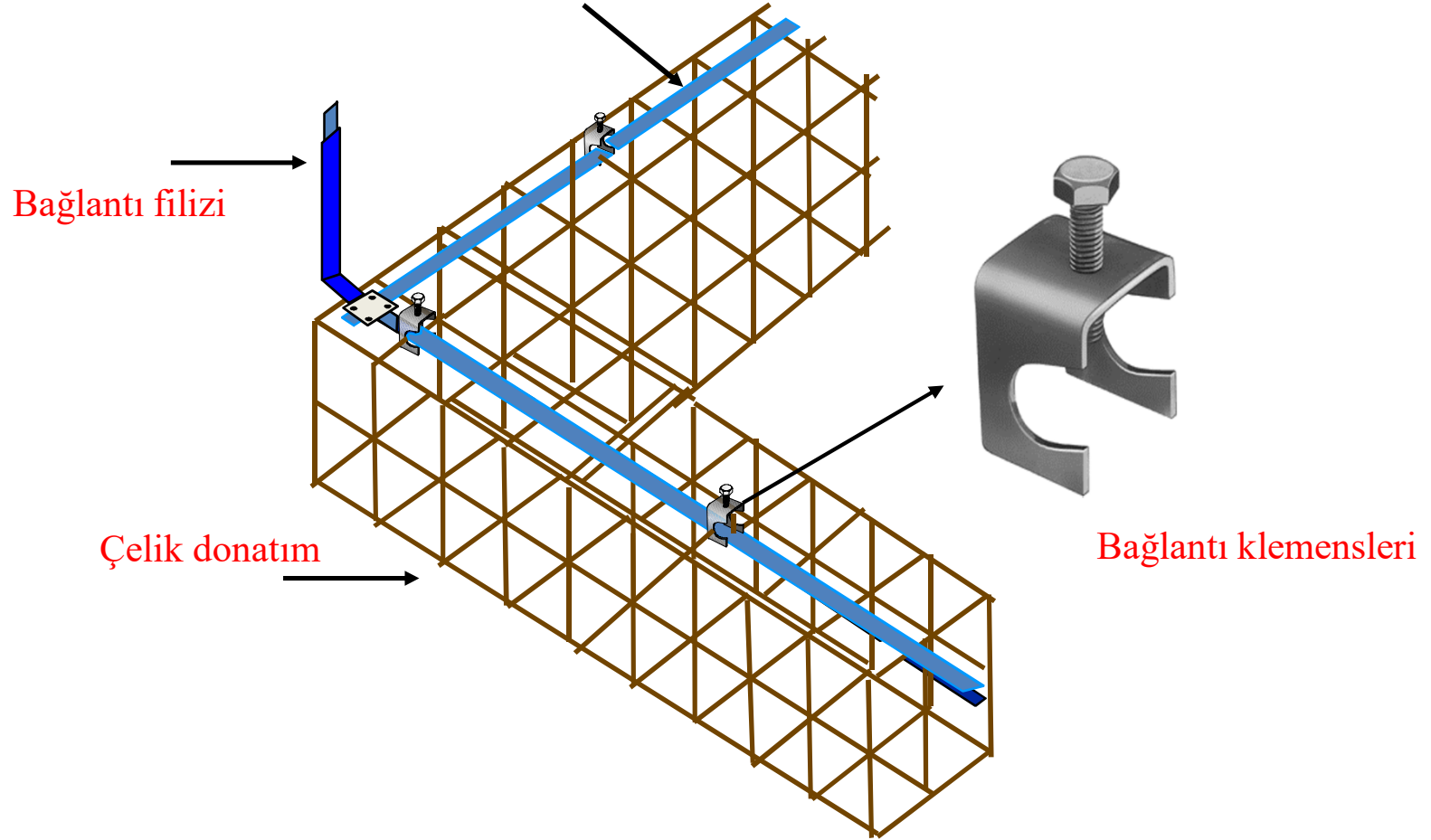
Temel topraklamada mesafe tutucuların görünüşü

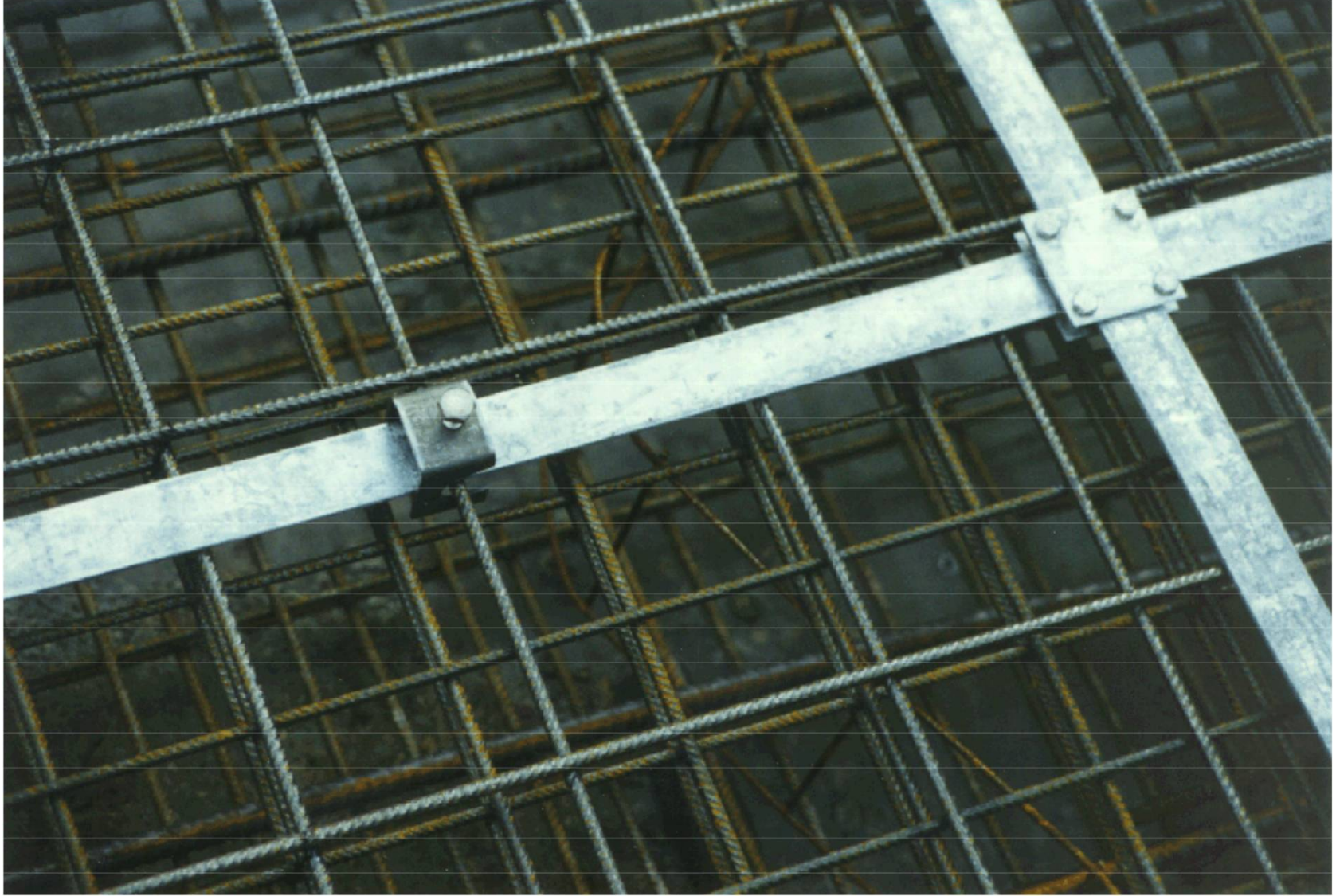
- *Temelde bohçalama varsa bu şekil*



Temel topraklama şeridi (30x3,5 mm) en alt sıradaki çelik hasır üzerine yerleştirilmeli ve yerini sabitlemek için yaklaşık 2m'lik aralıklarla çelik hasırla bağlanmalıdır. Yönetmelik Ek-L.4

Temelde bohçalama yoksa bu şekil yapılır, çubuk çakmaya gerek yoktur.

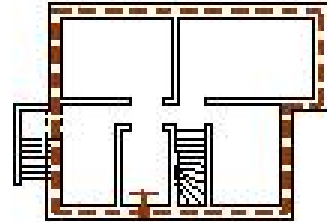




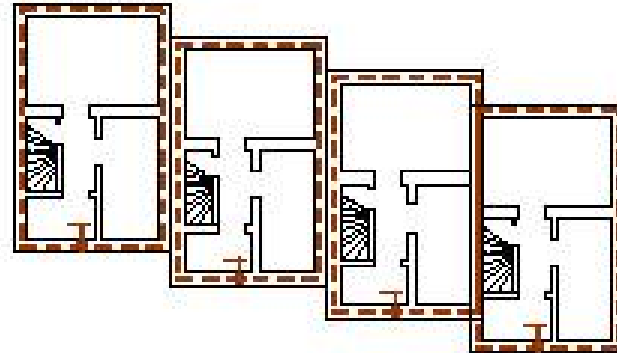
Çelik donatımlı temel topraklayıcının üstten görünüşü

Temel topraklamaya örnekler:

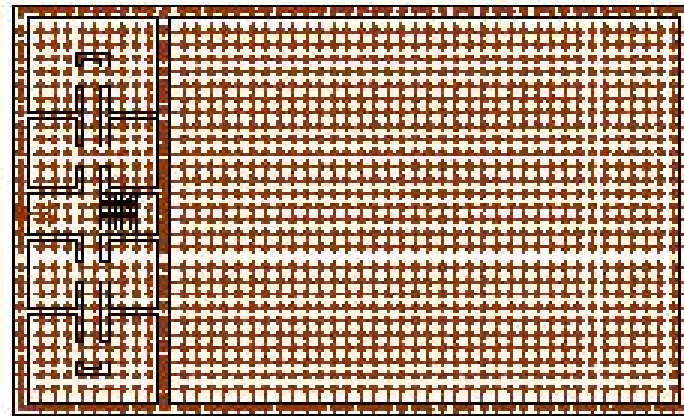
a. Tek bina



b. Bitişik binalar



b. İşletme ve bürolar

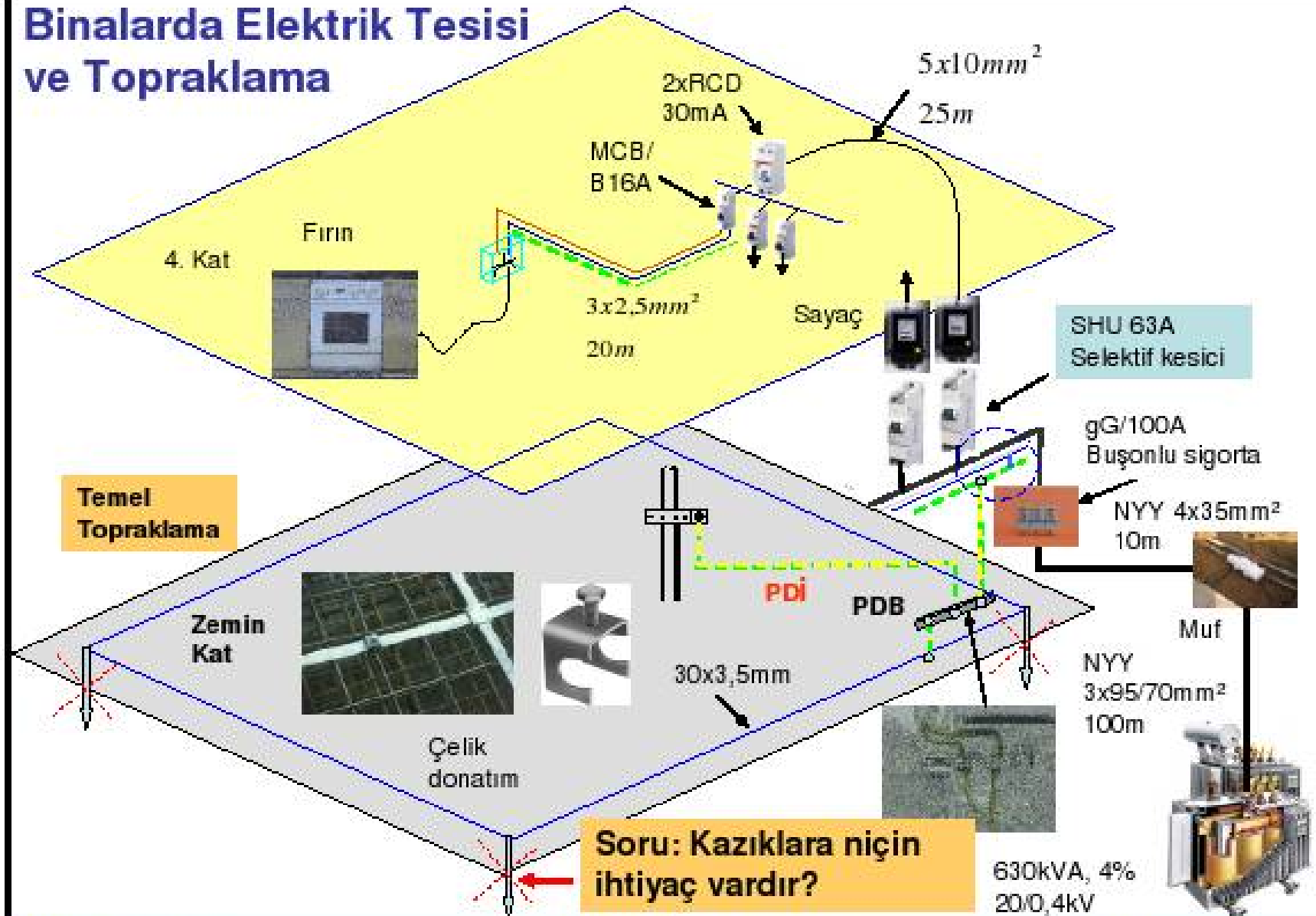


┆ Topraklama filizi

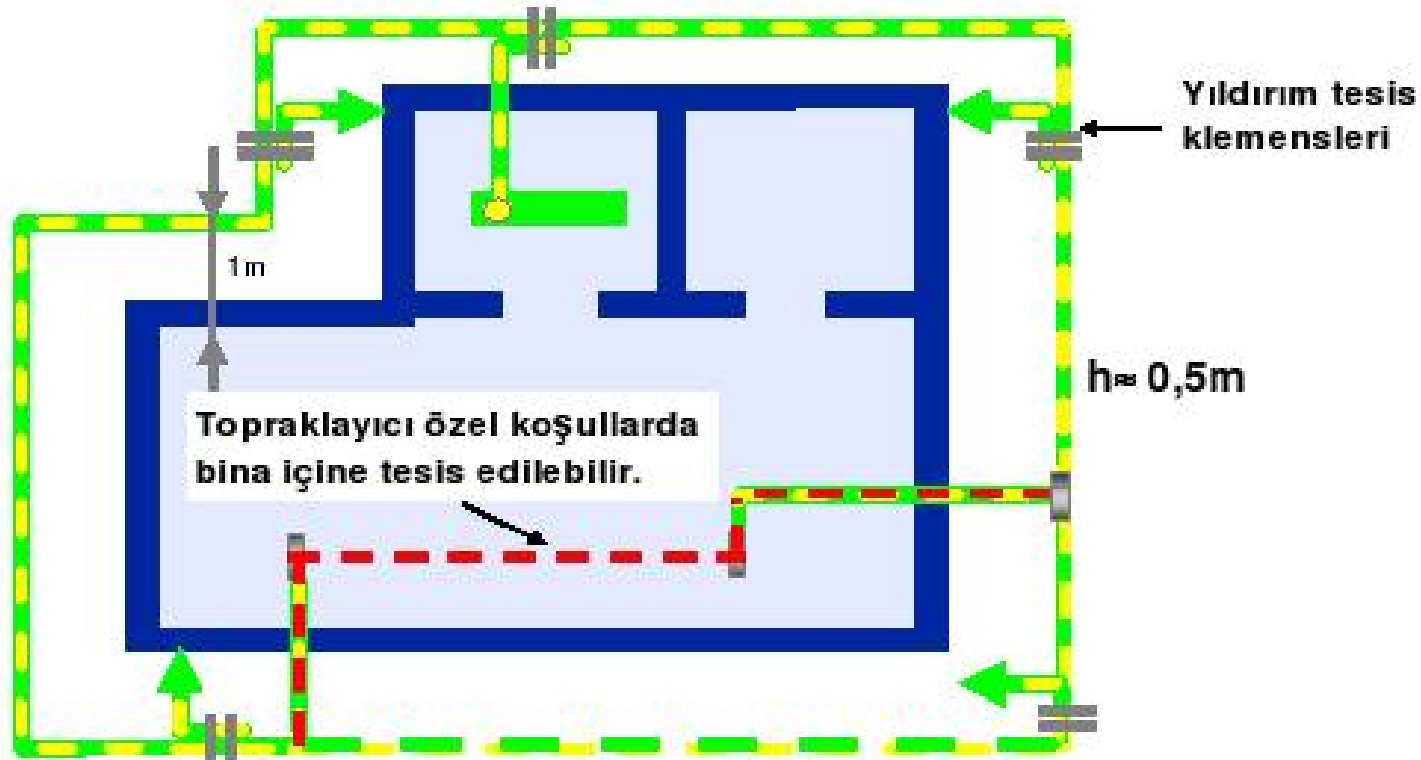
⊞ Ağ gözlü topraklayıcı

81

Binalarda Elektrik Tesisi ve Topraklama



4. Halka topraklayıcı



$$R_E = \frac{\rho_E}{\pi^2 \cdot D} \cdot \ln \frac{2\pi \cdot D}{d}$$

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{A}$$

$$R_E \approx \frac{2 \cdot \rho_E}{3 \cdot D}$$

83

Gözlü topraklayıcı

$$D = (4axb/\pi)^{1/2}$$

$$D = 1.13 (axb)^{1/2}$$

$$L = a.n + b.m$$

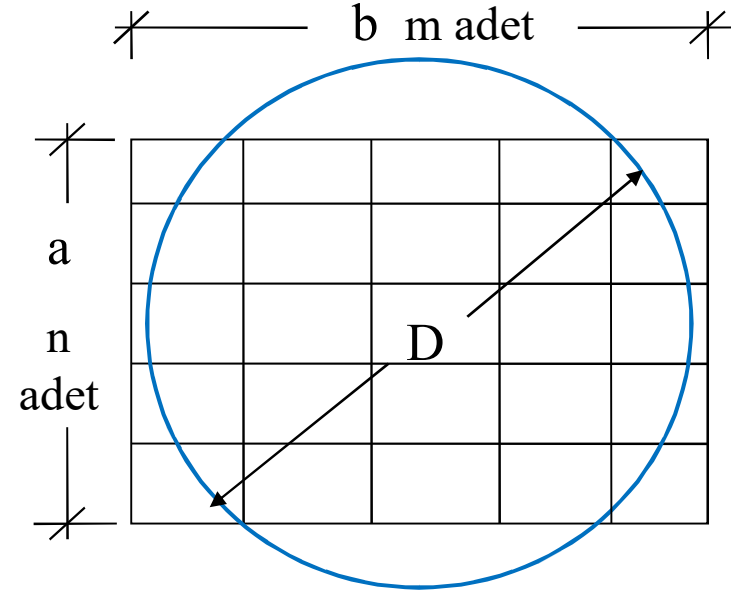
$$R_E = \rho_E / 2D + \rho_E / L$$

R_E : Topraklama direnci (Ω)

D : Gözlü topraklayıcının eşdeğer daire alan çapı (m)

ρ_E : Toprak özgül direnci ($\Omega.m$)

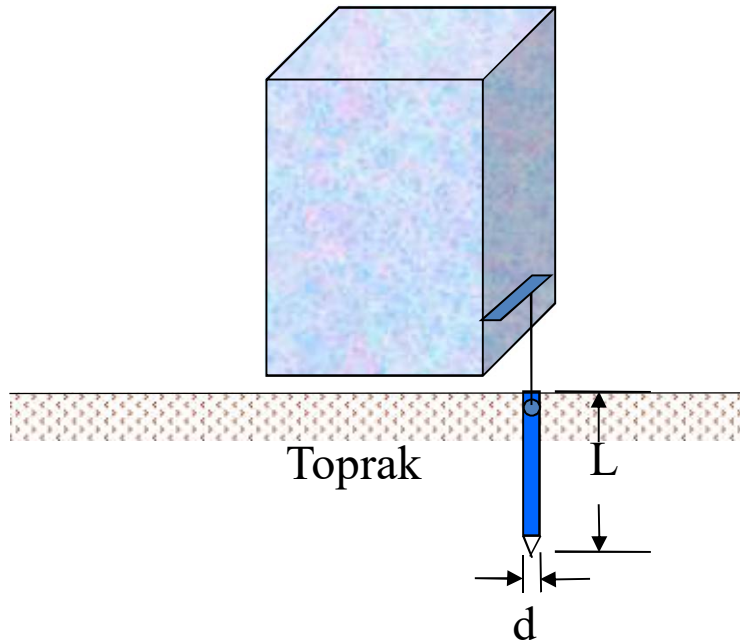
L : Topraklayıcı toplam iletken uzunluğu (m)



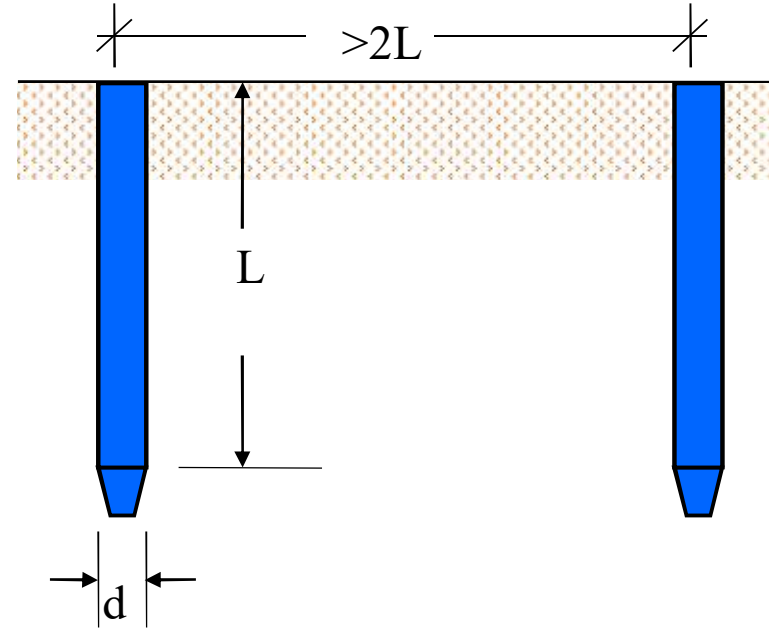
Çubuk topraklayıcı (Derin topraklayıcı)

Tam formül : $RE=(\rho_E/2\pi L)\ln(4L/d)$

Yaklaşık formül: $R_E = \rho_E / L$



Birbirini etkileyip direncin büyümemesi için çubuklar arası uzaklık en az $2L$ 'den büyük olmalı



Şerit topraklayıcı

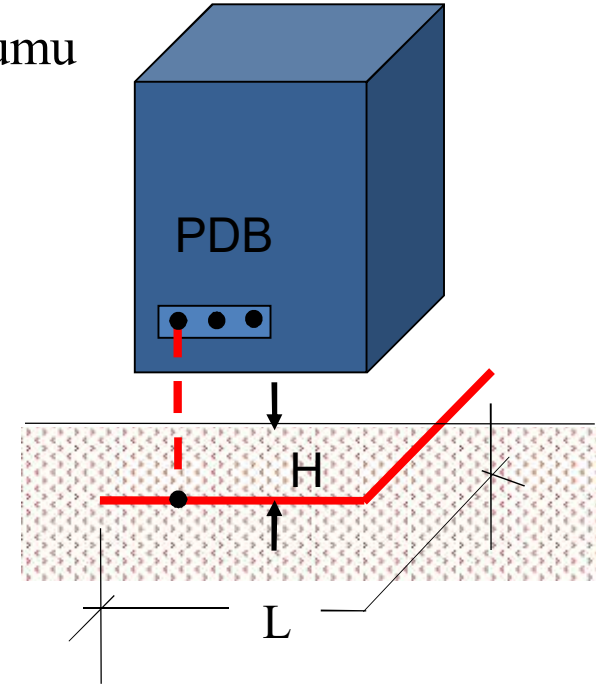
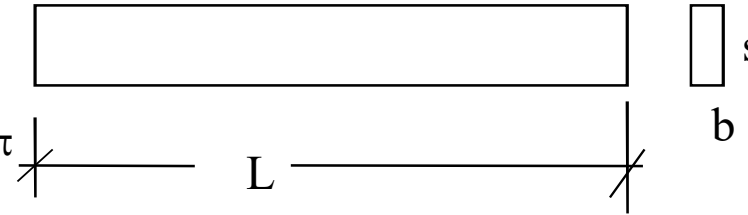
Toprak yüzeyine ve H derinliğine tesis edilmesi durumu

$$R_E = (\rho_E / \pi L) \ln(2L/d)$$

$$R_E = \frac{\rho_E}{2\pi L} \ln \frac{2L}{d} \left(1 + \frac{\ln \frac{L}{2H}}{\ln \frac{2L}{d}} \right)$$

Kalınlık: $d = b/2$

Çap: $d = 2(b+s)/\pi$



Levha topraklayıcı

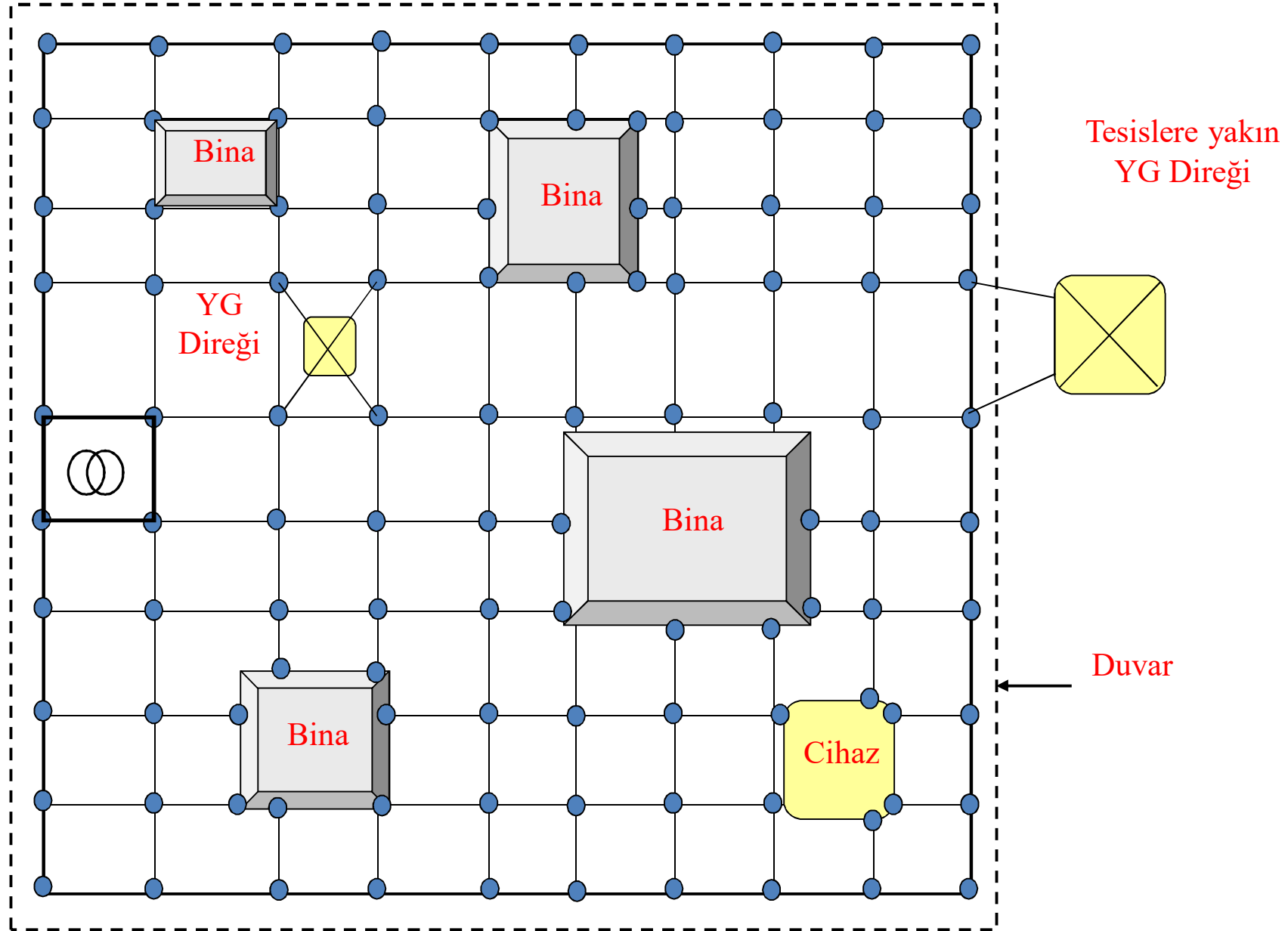
Günümüzde önemini yitirdiğinden tavsiye edilmemektedir.

Yıldız topraklayıcı

Elk. Tes. Top. Yönetmelik Ek-T kullanılabilir.

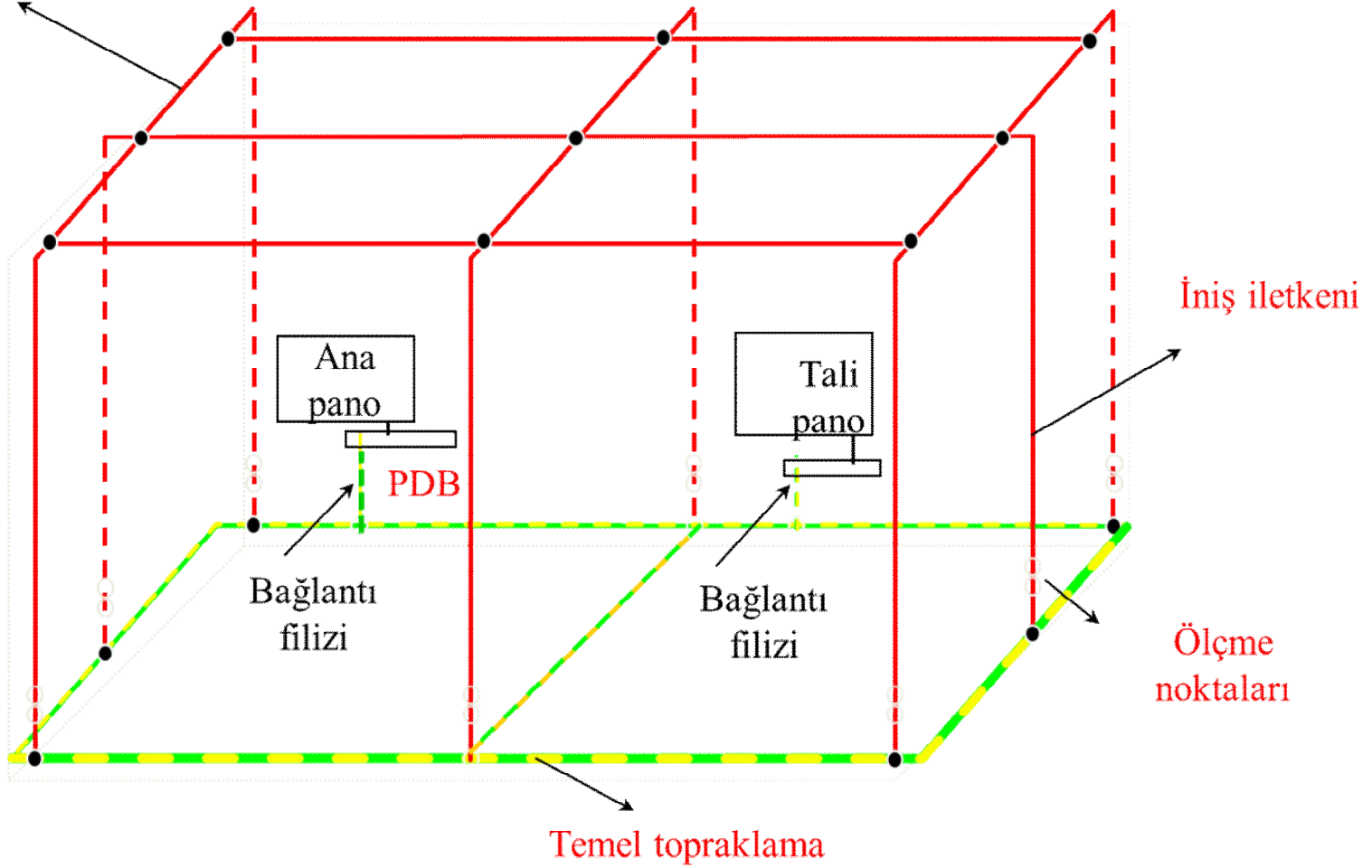
Elk.Tes.Topraklamalar Yönetmeliğine göre kimyasal malzeme kullanımı

1. Topraklayıcıların dış yüzeylerinin oksitlenmesine,
2. İletkenliği bozduğuna,
3. Topraklayıcıların bozulma, çürüme, bağlantıların kopmasına neden olduğu için kullanılması kesinlikle tavsiye edilmez.



Şekil 40: Bir endüstri merkezinde ağ şeklinde tesis edilmiş topraklama ve potansiyel dengeleme sistemi

Yakalama uçları



IEC 61024-1'ne göre bina dışı yıldırım koruması, temel topraklama ve potansiyel dengelemesinin birlikte tesisi

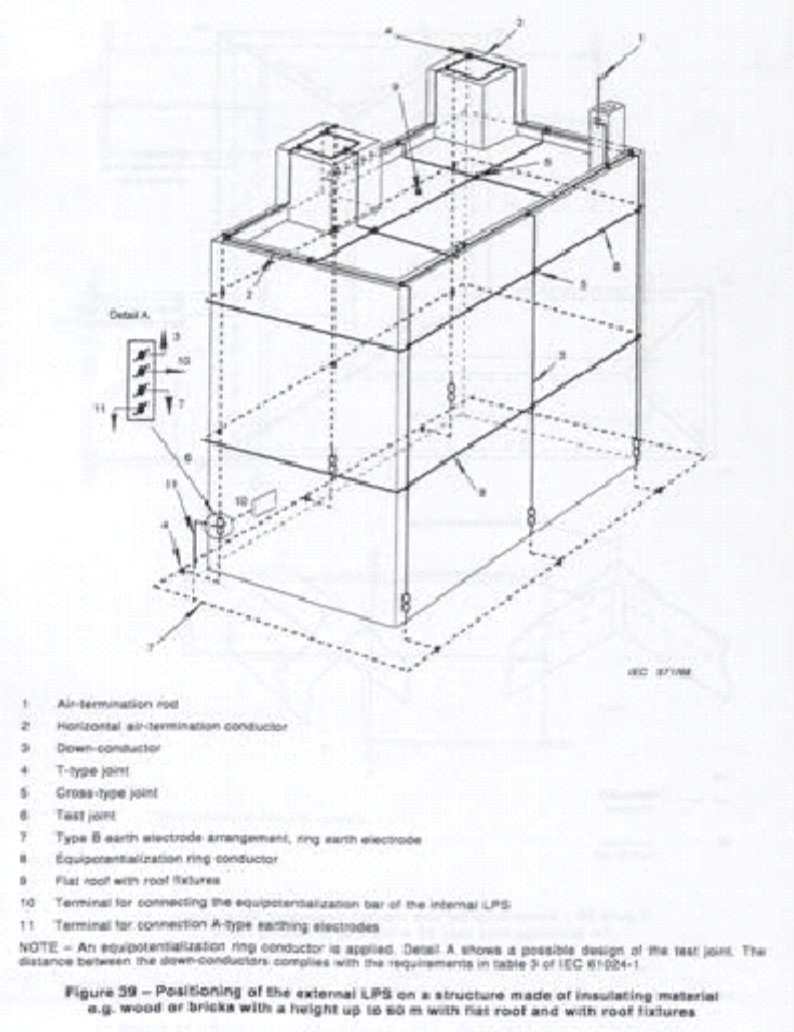
FRANKLİN ÇUBUĞU UYGULAMA YERLERİ

- **Küçük Tabanlı Yapılar**
- **Cami Minaresi, Deniz Feneri, Nöbetçi Kulübesi v.b.**
- **Faraday Kafesli Yapılarda Özel Nokta Koruması**
- **Baca Çıkıntıları, Özellikle düz çatılardaki cihazlar**

Franklin Çubuğu Koruma Konisi Tepe Yarı Açıları

H(YÜKSEKLİK) K.SEVİYESİ	α açıları	20 M	30 M	45 M	60 M
SEVİYE-1	α	25	*	*	*
SEVİYE-2	α	35	25	*	*
SEVİYE-3	α	45	35	25	*
SEVİYE-4	α	55	45	35	25

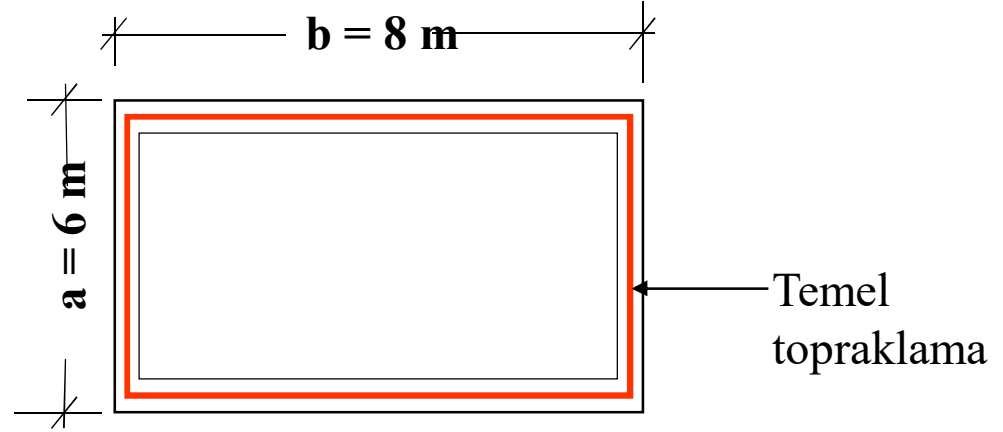
FARADAY KAFESİ UYGULAMASI



Temel topraklama hesabı

Örnek 1:

6 m x 8 m boyutunda bir binada temel topraklayıcının yayılma direnci hesabı:



Toprak özgül direnci $150 \Omega \cdot \text{m}$

Topraklayıcıya eşdeğer dairenin çapı ,

$$D = (4 \cdot a \cdot b / \pi)^{1/2} \text{ veya } D = 1,13 \sqrt{a \cdot b}$$

$R_A = 2 \cdot \rho_E / 3D$ yaklaşık formül

$$D = (4 \cdot 6 \cdot 8 / \pi)^{1/2} = 7,8 \text{ m}$$

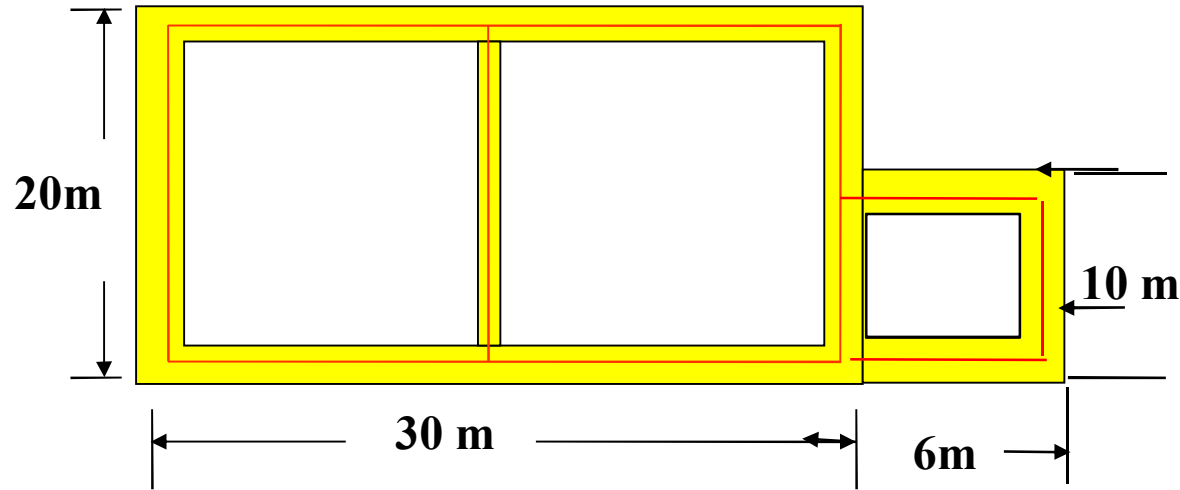
$$R_A = 2 \cdot 150 / 3 \cdot 7,8 = 12,8 \Omega,$$

$$R = 12,8 \cdot 1,3 = 16,6 \Omega$$

Yaklaşık değer veren formül kullanıldığında çıkan sonuç **%30** artırılmalıdır.

Örnek 2 :

Bir bina 660 m² alana oturmaktadır. Toprak özgül direnci 150 Ω .m'dir. Topraklama direnci ?



$$A=660 \text{ m}^2$$

$$\rho_E = 150 \Omega.m$$

Hesap ağ topraklayıcıya göre yapılmalıdır.

$$D=1,13 \cdot A^{1/2} = 29 \text{ m}, L=3 \cdot 20 + 10 + 2 \cdot 30 + 2 \cdot 6 = 142 \text{ m}.$$

$$R_E = 2 \cdot \rho_E / 3 \cdot D = 2 \times 150 / 3 \times 29 = 3,45 \Omega$$

$$R_E = \rho_E / 2D + \rho_E / L = 150 / 2 \cdot 29 + 150 / 142 = 3.64 \Omega$$

Alçak gerilim şebekeleri

AG şebekelerinde temel olarak üç çeşit topraklama bağlantısı vardır. Bağlantı şekillerini belirleyen isimlerde;

- **İlk harf transformatörün sıfır noktasının toprakla bağlantı durumunu belirtmektedir.**

T Toprağa bağlı,

I Topraktan yalıtılmış.

- **İkinci harf ise cihazların toprağa bağlantı durumunu belirtmektedir.**

T Toprağa bağlı

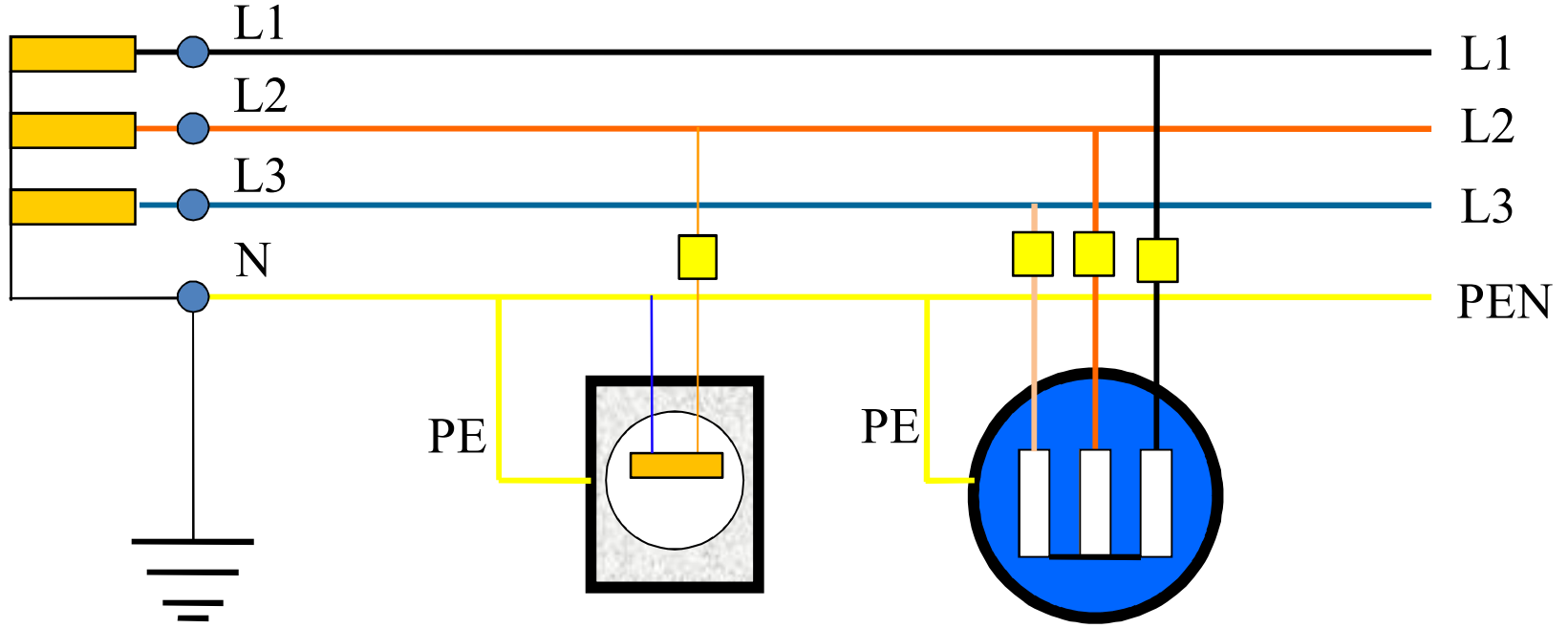
N Sıfır hattına bağlı

Bu duruma göre üç ana sistem **TN, TT, IT** şeklinde oluşmakta **TN** sistemin ise yine üç adet alt grubu meydana gelmektedir.

TN-C, TN-S, TN-C-S

S:Ayrık (separated), **C:** Birleştirilmiş (combined)

AG ŞEBEKELERİNDE TOPRAKLAMA ŞEKİLLERİ

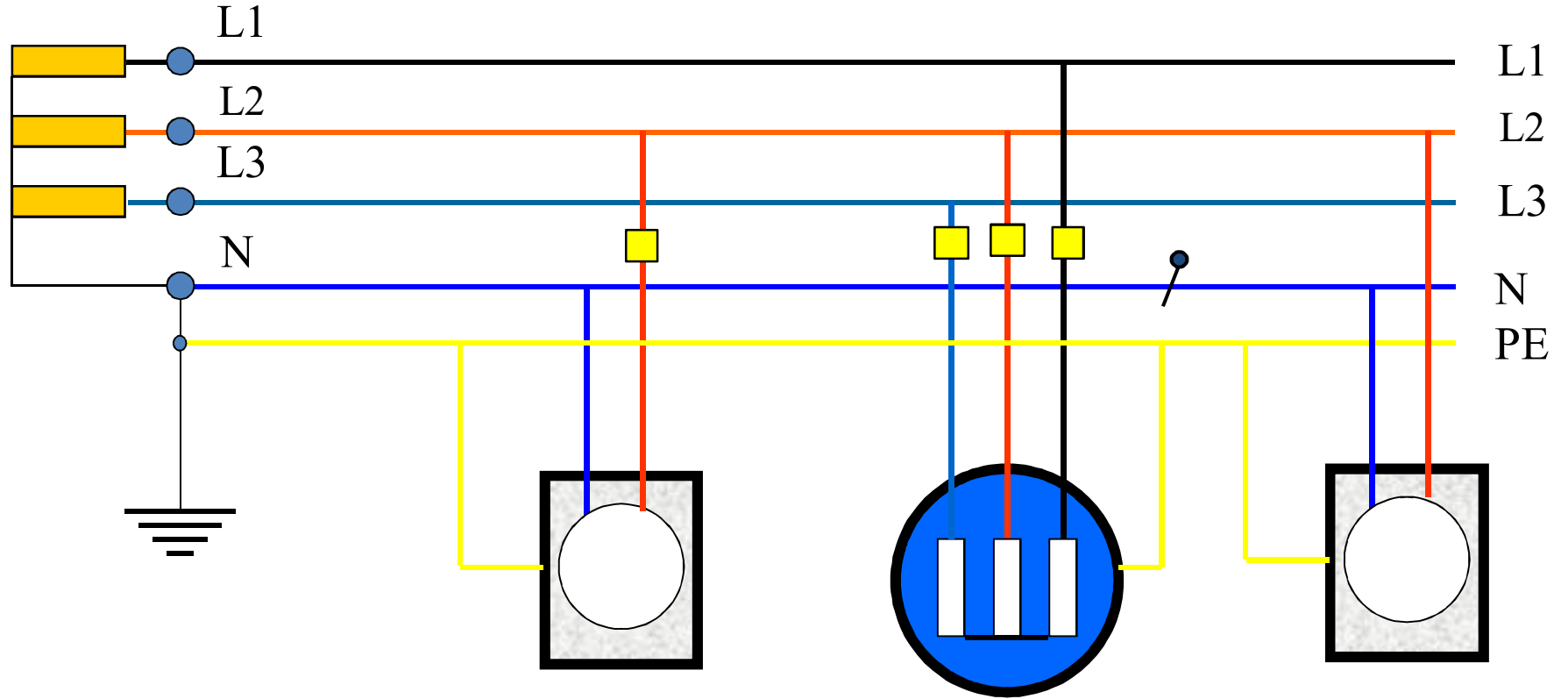


TN-C Sistemi

Koruma ve nötr fonksiyonları birleştirilmiş

Nötrün kopması büyük tehlike doğurur.

AG ŞEBEKELERİNDE TOPRAKLAMA ŞEKİLLERİ

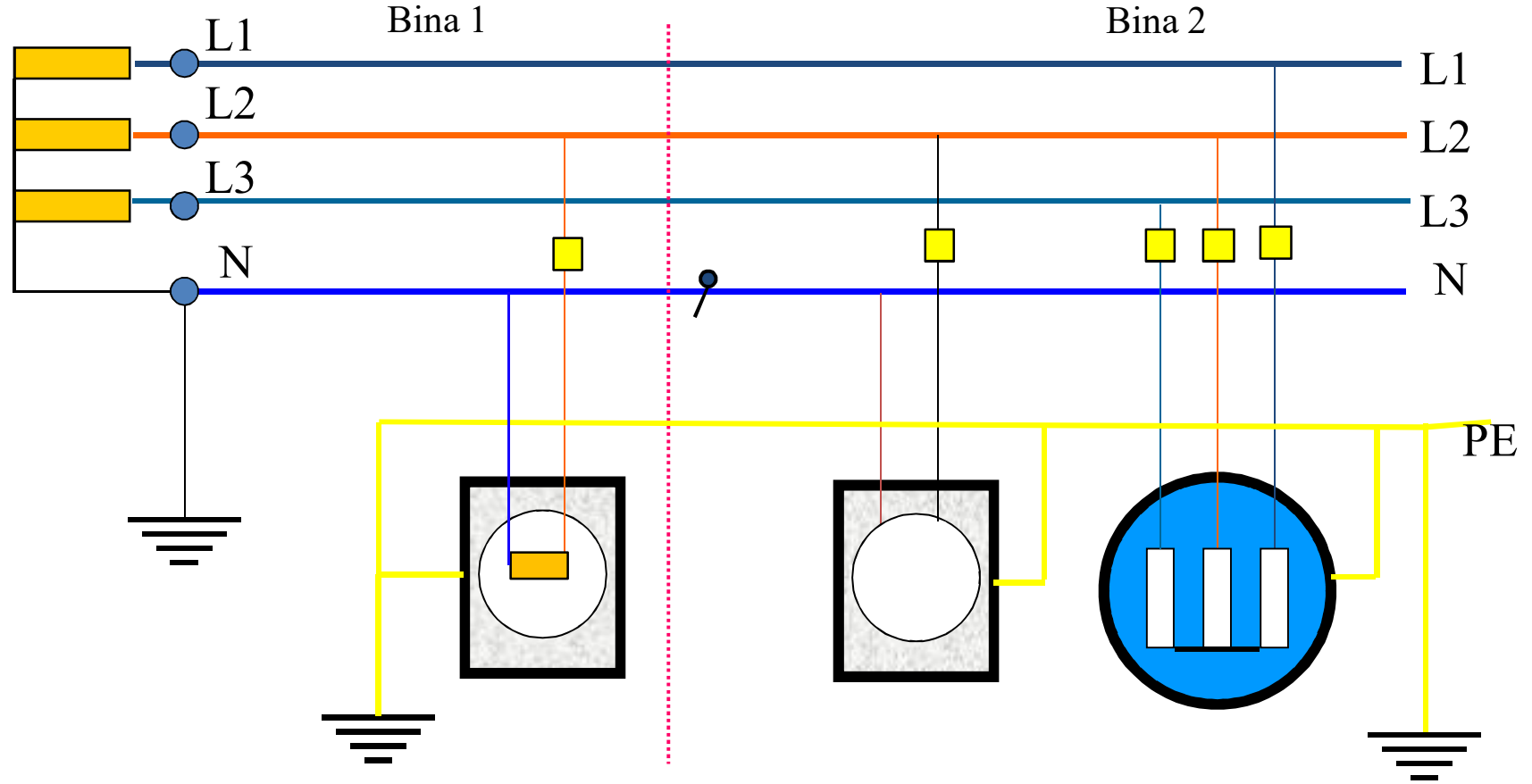


TN-S Sistemi

Koruma ve nötr fonksiyonları ayrı iletkenlerle sağlanmış

 Yahtılmış nötr hattı

AG ŞEBEKELERİNDE TOPRAKLAMA ŞEKİLLERİ

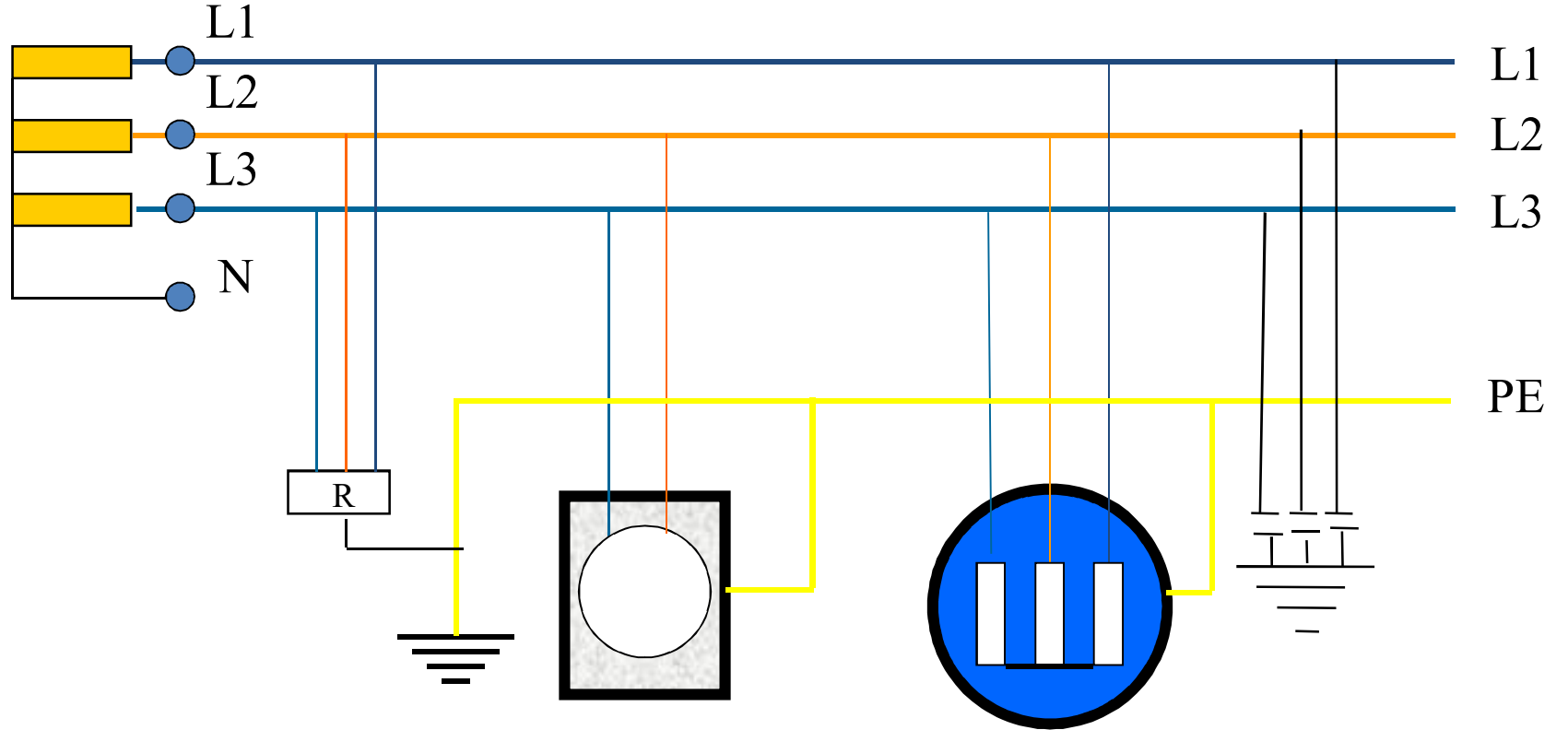


TT Sistemi

Sistem nötrü ve cihazlar ayrı ayrı topraklanmış

Yalıtılmış nötr hattı

AG ŞEBEKELERİNDE TOPRAKLAMA ŞEKİLLERİ



IT Sistemi

Sistem nötrü yalıtılmış ve cihazlar topraklanmış.

Yalıtım trafolu

A.SALAMCI

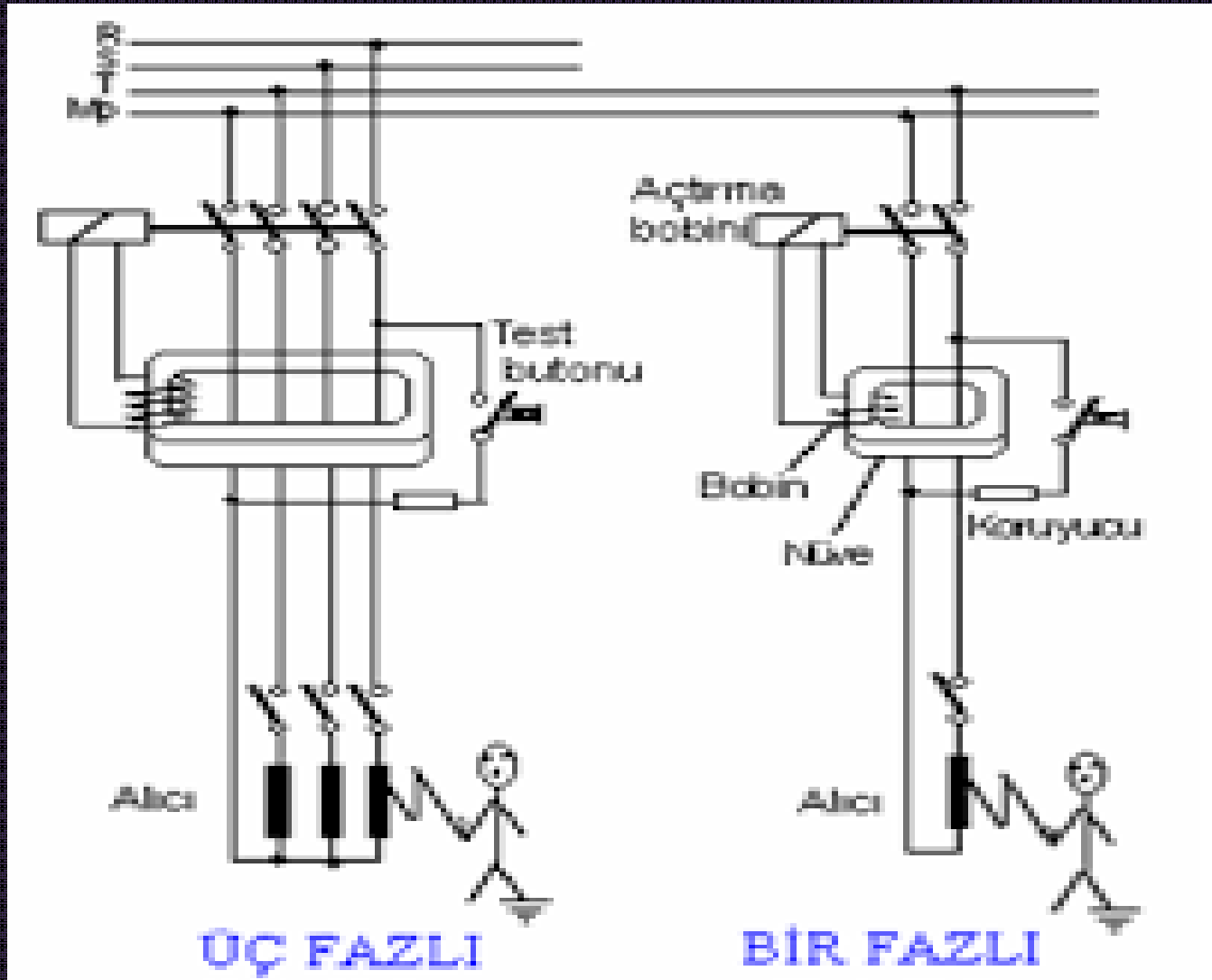
Artık Akım Anahtarı (Kaçak Akım Rölesi)

Fark akımına göre çalışan ve 200 ms'de devreyi açtıran yangından koruma amaçlı 300 mA ve hayat koruma amaçlı da 30 mA'dir.

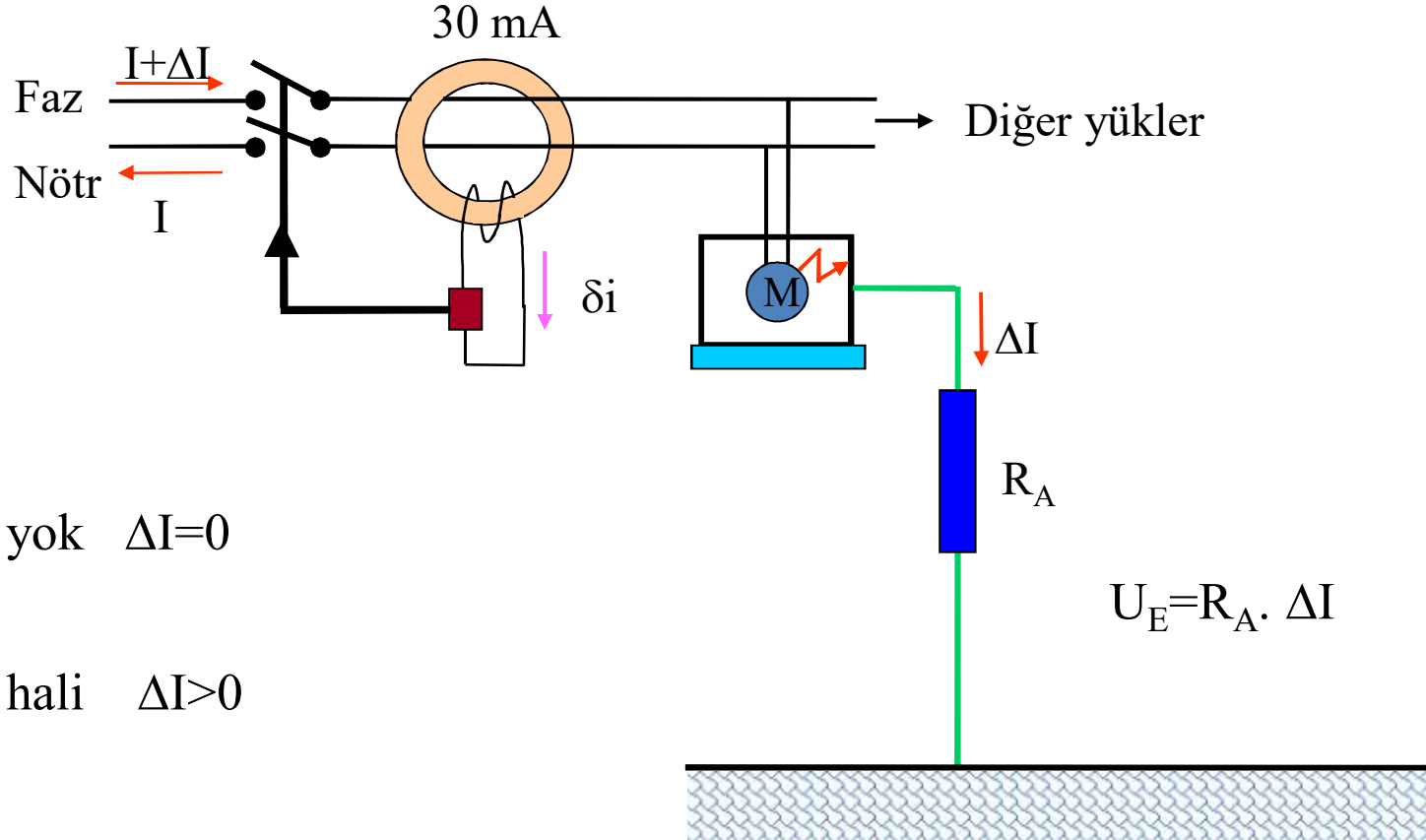
BİR FAZLI (İKİ KUTUPLU-2P) ÜÇ FAZLI (DÖRT KUTUPLU-4P)



ARTIK AKIM ANAHTARI PRENSIP SEMASI



Tek fazlı Artık akımı anahtarı (Kaçak Akım Rölesi)



Hata yok $\Delta I = 0$

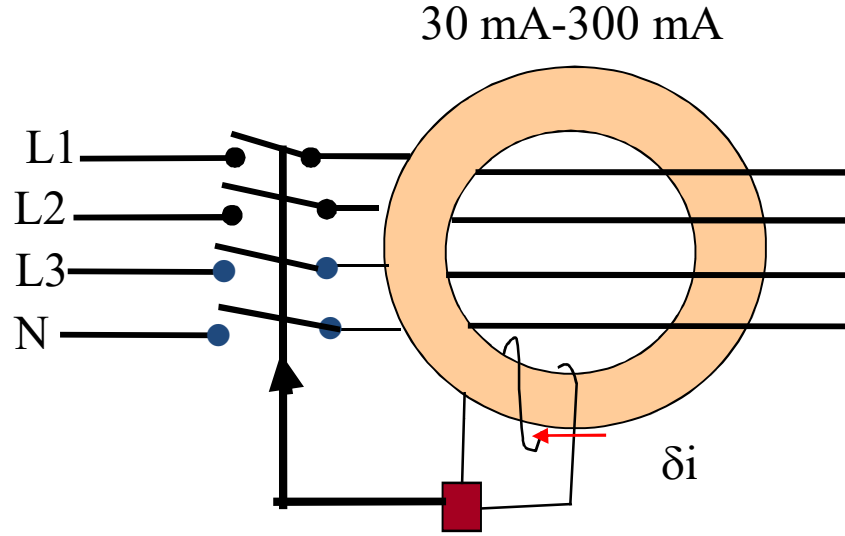
$\delta i = 0$

Hata hali $\Delta I > 0$

$\delta i > 0$

$I_L = I_N$

Üç fazlı artık akım anahtarı



Artık akım anahtarı etiketinde

I_n : Kontakların akım taşıma kapasitesi

$I_{\Delta \max}$: Açma eşik değeri

Vektörel toplam $I_{L1}+I_{L2}+I_{L3}+I_{LN}=0$ olur. Farklı olursa AAA açar.

Artık akımı anahtarı için topraklama direnci

Normal şartlarda topraklama gerilimi $U_E < 50 \text{ V}$

Tehlikenin yüksek olduğu yerlerde $U_E < 25 \text{ V}$ alınmaktadır.

30 mA'lık anahtar için $R_A \text{max} = 50 / 0,03 = 1666 \ \Omega$

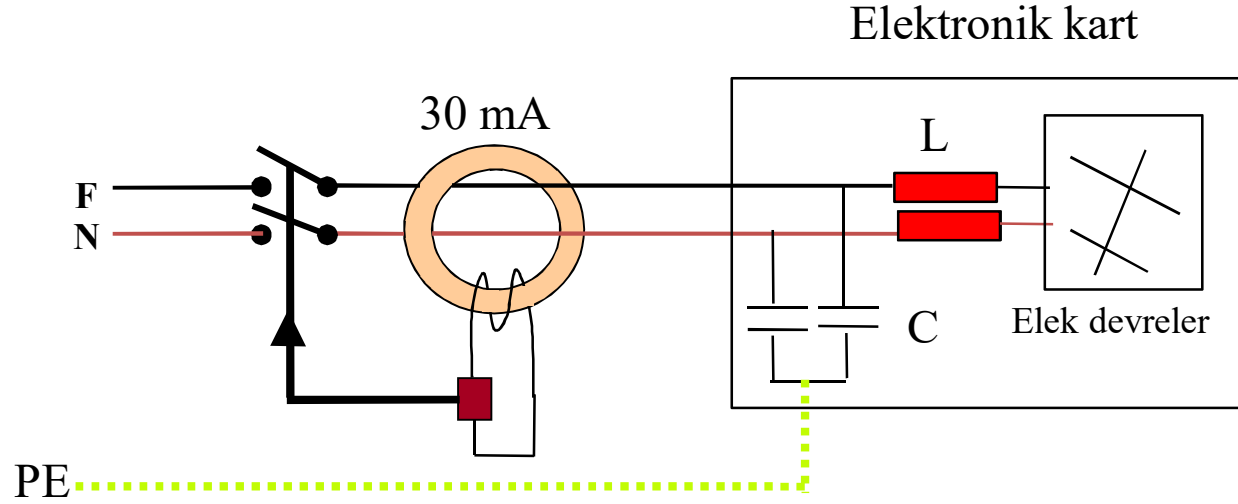
Islak mahalleri olan yerler için $R_A \text{max} = 25 / 0,03 = 833 \ \Omega$
değerleri yeterli gözükmele birlikte Elektrik İç Tesisleri
Yönetmeliklerinde

$I_{\Delta \text{max}}$: Binadaki Artık Akım Anahtarları için en büyük eşik
değeri akımı olmak üzere

$$R_A < 200 \ \Omega$$

$$R_A < 25 / I_{\Delta \text{max}} = 25 / 0,3 = 83 \ \Omega$$

şartlarının her ikisinin de sağlanması istenmektedir.



Bazı cihazlarda bulunan elektronik devreleri besleyen güç kartlarının girişinde filtreler bulunmaktadır. Bu devrelerin artık akım anahtarları devreyi sürekli kesmesine yol açtığı görülmektedir. Böyle durumlarda bu gibi cihazları besleyen hat başlarında eşik değeri **kart filtre akımlarına** uygun artık akım anahtarı kullanılması zorunlu olmaktadır.

Yangın koruma amaçlı kullanılan Artık Akım Anahtarı (AAA) (Kaçak Akım Rölesi) **S** tipidir.

AC tipi : AC devrelerinde

A tipi : AC ve yarım dalgalı sistemlerde

B tipi : AC, yarım, tam ve kesik dalga doğrultulmuş sistemlerde

F tipi : AC, yarım dalga ve üçgen dalgalı sistemlerde (Asansör ve inverter devrelerinde)

300 mA S tipi AAA için sınır direnç değeri,

$$R_A = (U_L / 2 I_{\Delta n}) = 50 \text{ V} / 2 \times 0,3 = 83 \text{ } \Omega \text{ 'dur.}$$

Tesiste, özel trafo ve jeneratör varsa işletmeleri birleştirilir, korumaları birleştirilir. Biri sistemi beslerken diğeri devre dışı olacağı için her birine yangından koruma amaçlı artık akım anahtarı bağlanır.

TOPRAKLAMANIN AMACA GÖRE SINIFLANDIRILMASI

1 . Koruma topraklaması

İnsanları tehlikeli dokunma gerilimlerine karşı korumak için işletme araçlarının normal şartlarda gerilim altında olmayan metal kısımlarının topraklanmasıdır.

2 . İşletme topraklaması

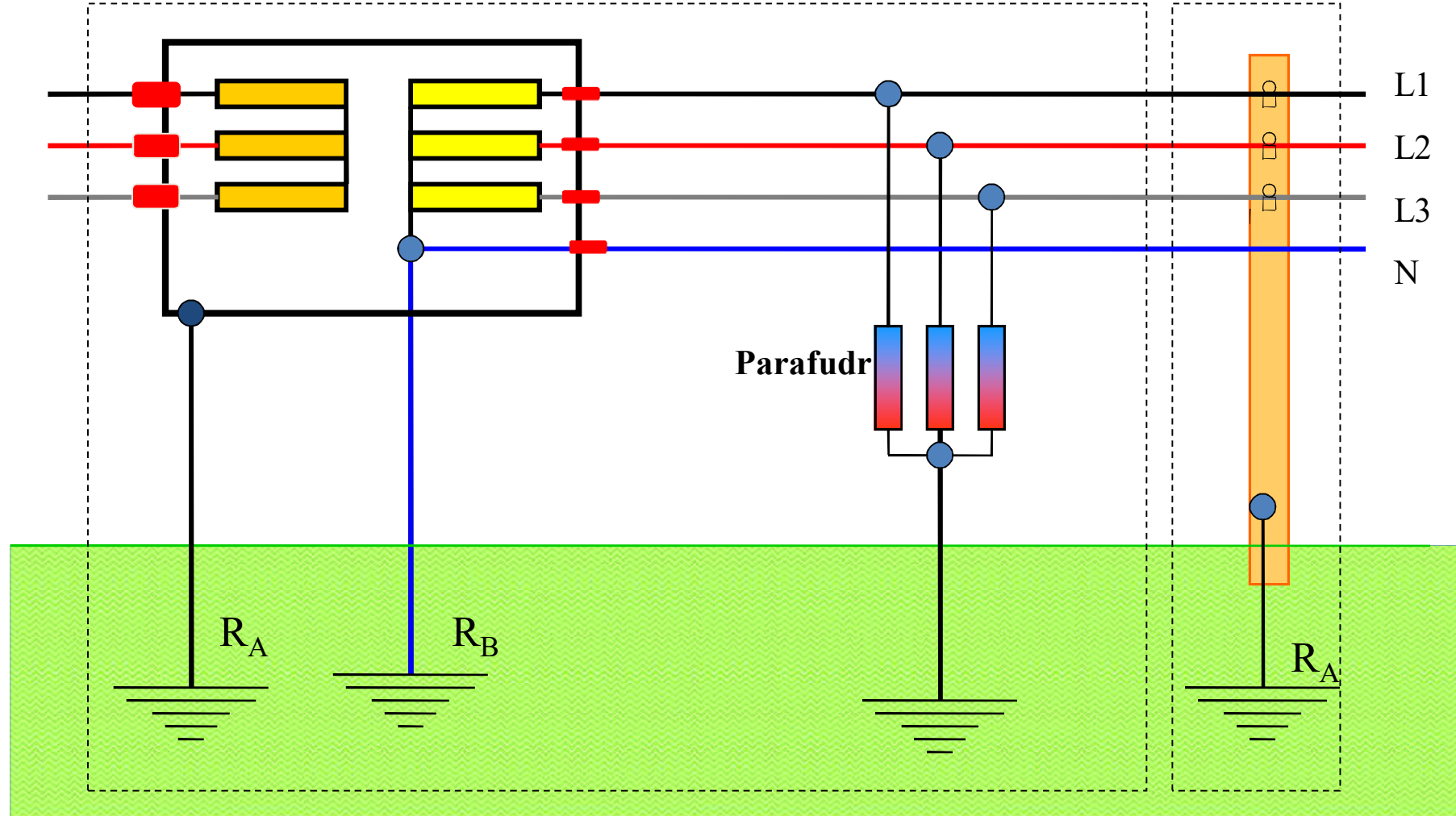
Elektrikle çalışan cihazların işletme akım devresinin normal işletilmesi için normal şartlarda gerilim altında olan kısımlarının topraklanmasıdır.

3 . Fonksiyon topraklaması

Bir iletişim tesisinin veya bir işletme elemanının istenen fonksiyonu yerine getirmesi için yapılan topraklamadır.

Yıldırım etkilerine karşı (parafudr) koruma, raylı sistem topraklaması, dönüş hattı olarak toprağı kullanılan iletişim tesisleri için yapılan işletme topraklamasıdır.

TOPRAKLAMALARIN AMAÇLARINA ÖRNEKLER



*Koruma
topraklaması*

*İşletme
topraklaması*

*Fonksiyon
topraklaması*

*Koruma
topraklaması*

Yüksek Gerilim şebekelerinde topraklama şekilleri

YG şebekelerinin nötr noktasının topraklama durumu üç şekilde olabilir.

Nötrü

- 1. Yalıtılmış**
- 2. Empedans üzerinden topraklanmış**
- 3. Direkt topraklanmış**

Nötr noktasının topraklanma durumu, faz-toprak kısa devrelerinde geçecek akıma etki ettiğinden kısa devre akımının küçültülmesi için nötr noktasının empedans (peterson bobini, direnç) üzerinden topraklanması tercih edilmektedir.

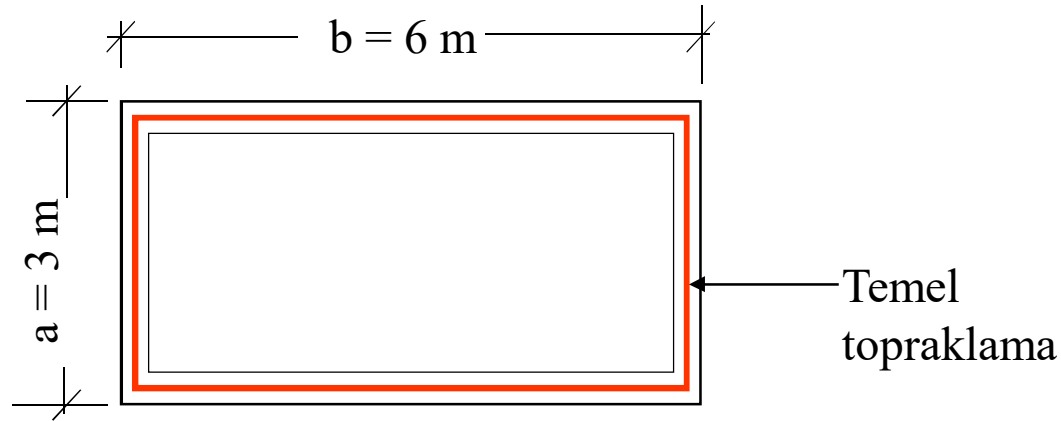
İŞLETME TOPRAKLAMASININ ETKİ ŞEKLİ

- Şebekelerde arızasız normal işletme durumunda nötr noktasının toprağa karşı gerilimi, dengeli yük hali için sıfır kabul edilir.
- Bir fazda **faz-toprak** kısa devresi meydana gelmesi halinde nötr noktası topraklanmamış ise **nötr noktası gerilimi faz-nötr gerilimine**, **arızasız fazların gerilimi** de toprağa karşı **faz arası gerilime** ulaşır.
- Nötr hattının toprağa karşı potansiyel kazanması ve yalıtım bakımından istenmeyen bu durumu önlemek için nötr noktasının topraklanması yoluna gidilir.
- İşletme topraklaması, **36 kV** altı YG şebekelerini besleyen trafoların sıfır (yıldız) noktası direnç üzerinden, **36 kV** üstü YG şebekelerini besleyen trafoların nötr noktası ise direkt olarak topraklanır.

- YG tesislerinde, toprak hatası esnasında AG şebekesinde veya tüketim tesislerinde tehlikeli dokunma gerilimleri ortaya çıkmaz ise iki sistemin topraklaması birleştirilebilir.
- YG koruma topraklaması ile AG işletme topraklamasının birleştirilmesi durumunda topraklama gerilimi 75 V'u geçmemelidir.

Örnek : YG tesisleri için topraklama hesabı

3m x 6 m boyutunda bina tipi 34,5 / 0,4 kV'luk bir transformatör postası için koruma topraklaması yapılacaktır. Toprak özgül direnci 100 Ω .m ölçülmüştür. 34,5 kV'luk şebeke besleme noktasında 20 Ω dirençle topraklanmıştır.



D: Temel topraklayıcının çevrelediği alana eşit alanlı dairenin çapı

Temel topraklamanın yayılma direnci

$$D = (4 \cdot a \cdot b / \pi)^{1/2}$$

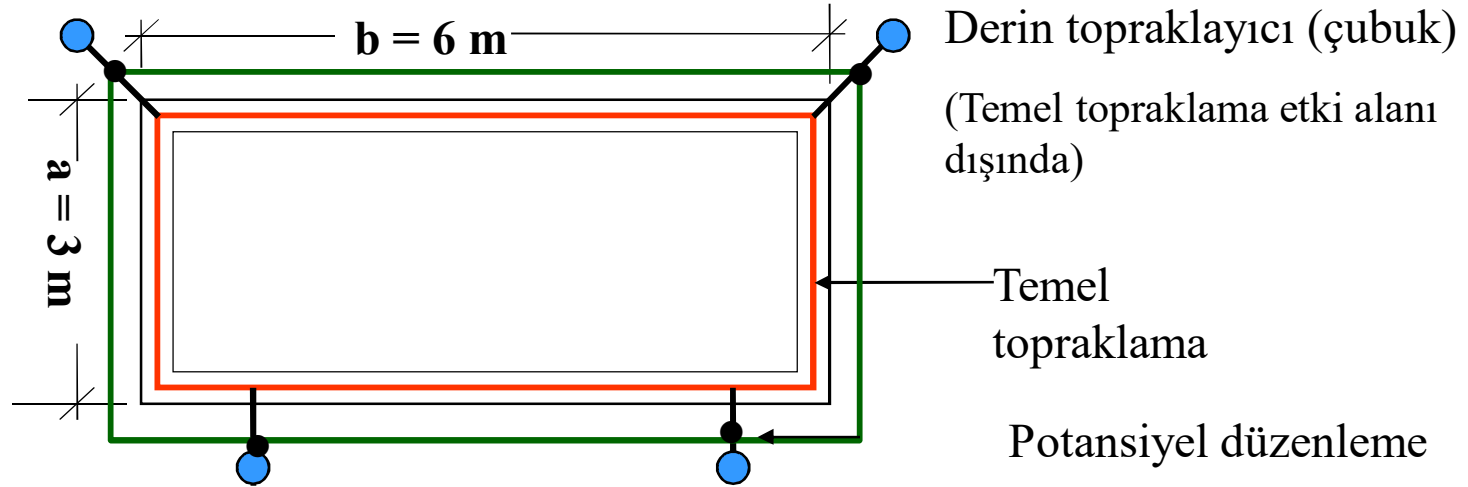
$$R_E \cong 2 \cdot \rho_E / 3D$$

$$D = (4 \cdot 3 \cdot 6 / \pi)^{1/2} = 4,78 \text{ m}$$

$$R_E = 2 \cdot 100 / 3 \cdot 4,78 = 13,94 \Omega$$

$$I_E = c \cdot U_N / \sqrt{3} Z_S = 1,1 \times 34,5 / \sqrt{3} (20 + 13,94) = 0,645 \text{ kA} \quad U_E = 13,94 \times 0,645 = 8,9 \text{ kV}$$

Bulunan topraklama gerilimi çok yüksek olup uygun değildir. Direncin küçültülmesi için 4 adet 2 m uzunluğunda çubuk (derin) topraklayıcı ilave edilirse:

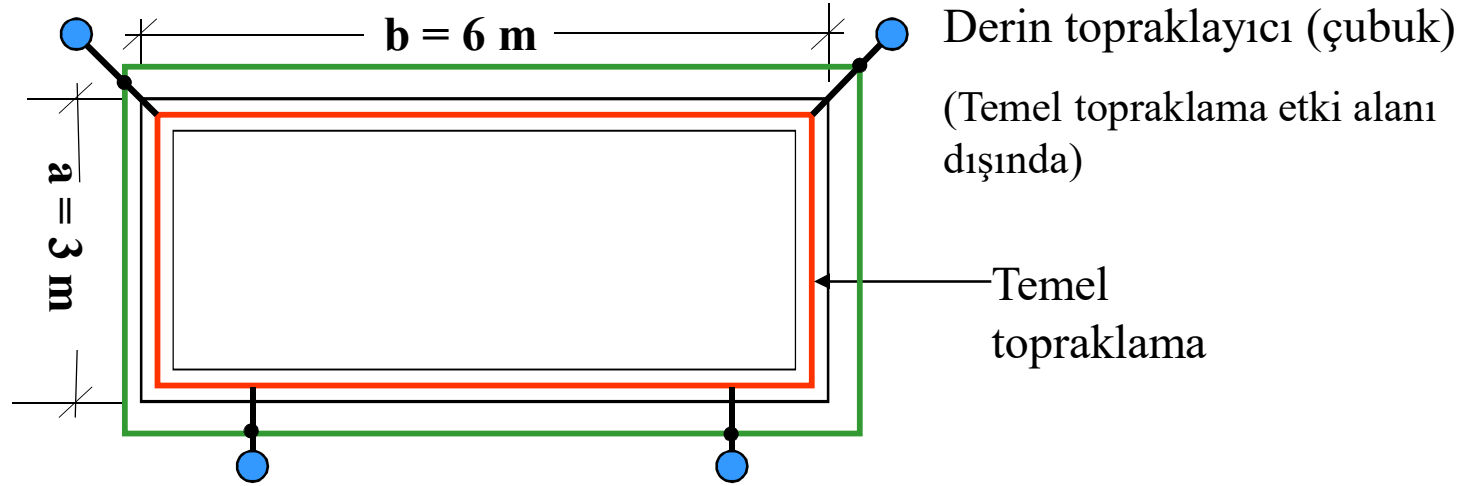


Çubuk topraklayıcı için $R_E \cong \rho_E / L$ L: Çubuk boyu $R_E = 100/2 = 50 \Omega$

4 adet paralel çubuk elektrot için $R_E = 50/4 = 12,5 \Omega$, temel topraklayıcı ile paralel çalıştığından istasyon için topraklama direnci : $R_E = (12,5 \cdot 13,94) / (12,5 + 13,94) = 6,59 \Omega$ bulunur.

$$I_E = 1,1 \times 34,5 / \sqrt{3} \times (20 + 6,59) = 0,823 \text{ kA} \quad U_E = 6,59 \times 0,823 = 5,4 \text{ kV}$$

Bu değer dahi söz konusu kısa devre akımı için yüksek bir değer olup ek önlemler alınmasını gerektirir.



Yönetmelik Ek-D de bildirilen ek önlemlerin alınması kaydı ile ve hata süresi 0,15 s indirilebilirse

$$U_{TP} = 600 \text{ V} \text{ ve } U_E \leq 4 \cdot U_{TP} \text{ hesabından}$$

$$U_E \text{ max} = 2400 \text{ V} \text{ bulunur.}$$

Hata akımının kabul edilen değere uygunluğunu kontrol edersek:

$$I_E = c \cdot U_N / \sqrt{3} - U_{E\max}$$

$$U_E = 1,1 \times 34,5 / \sqrt{3} - 2400 = 19510 \text{ V} \quad I_E = 19510 / 20 = 975,5 \text{ A}$$

$$R_A = U_{TP} / I_E = 2400 / 975,5 = 2,46 \Omega$$

İstasyonun topraklama direnci (**0,15 s** süreli kısa devreler için) **2,46 Ω** 'dan küçük olmalıdır. Topraklama tesisi takviye edilmelidir.

Yukarıda bildirilen ek önlemler Elk.Tes.Topraklamalar Yönetmeliği Ek-D'ye göre

Bina dış duvarında : M1 ve

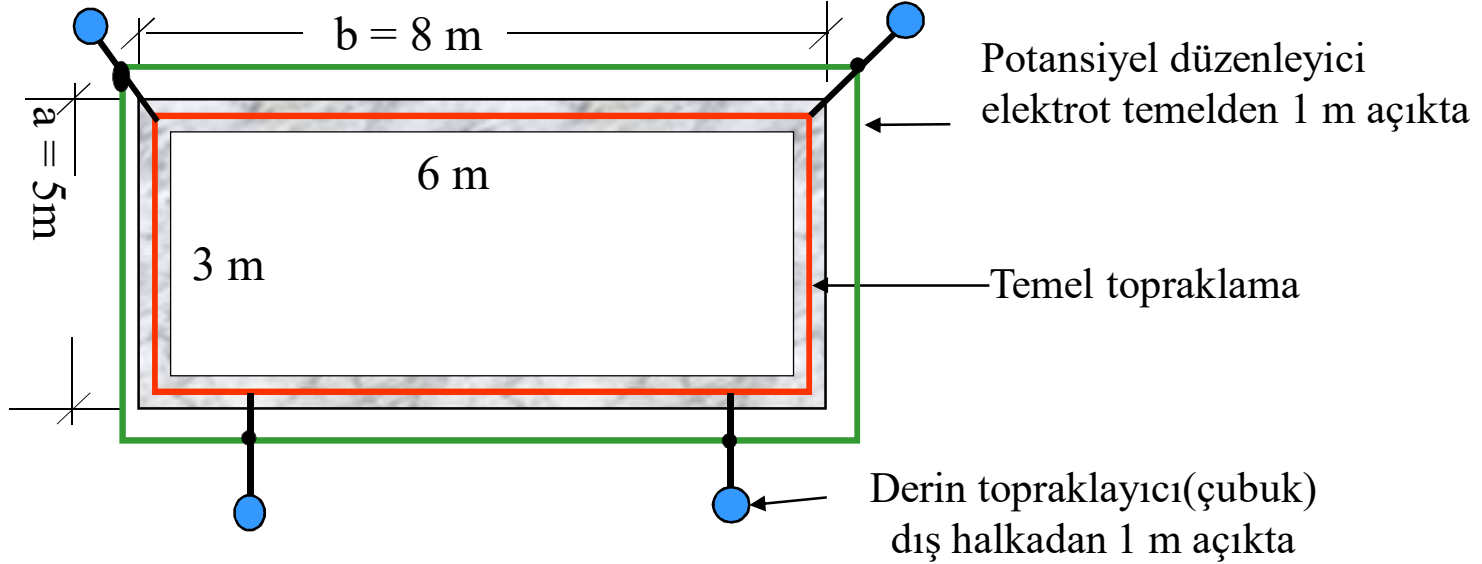
Tesis çitlerinde : M2

Bina içinde : M3 alınacak tedbirler olarak verilmiştir.

Bu istasyonun hava hattı ile beslendiği ve kablo çıkışları olmadığı kabul edilmiştir. Kablo kılıfları toprak kısa devre akımlarını taşıyacağından, istasyon topraklama sisteminden geçen akım azalır, topraklama gerilimi de düşer.

Sverak yöntemiyle yayılma direnci hesabı

Örnek 1:



Ağın kapladığı alan $A=5 \times 8=40 \text{ m}^2$

Ağdaki iletken boyutu $L=2 \times (5+8)+2 \times (3+6)+4 \times 2=52 \text{ m}$

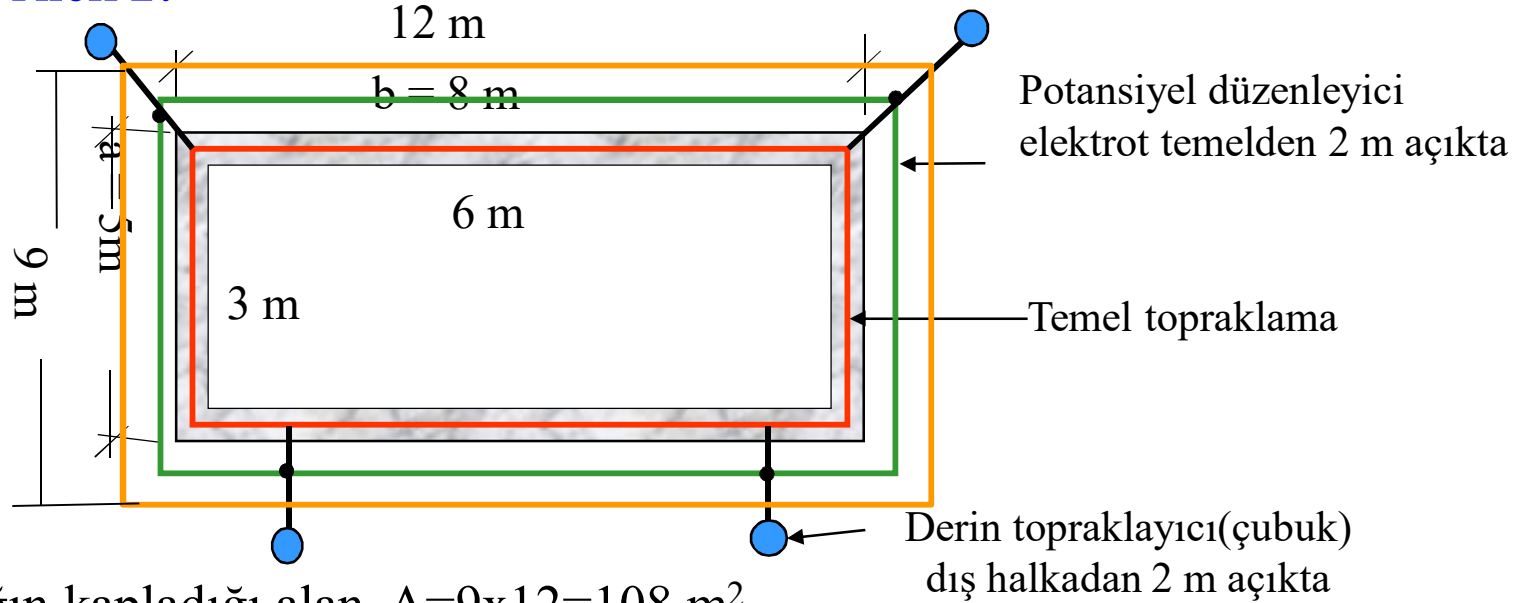
Ağın gömülme derinliği $h=0,5 \text{ m}$

$$R_E = U_E \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{(20 \times A)^{1/2}} \left(1 + \frac{1}{(1+h)} \left(\frac{20}{A} \right)^{1/2} \right) \right)$$

$$R_E = 100 \left(\frac{1}{52} + \frac{1}{(20 \times 40)^{1/2}} \left(1 + \frac{1}{(1+0,5 \left(\frac{20}{40} \right)^{1/2})} \right) \right) = 8.06 \Omega$$

Sverak yöntemiyle yayılma direnci hesabı

Örnek 2:



Ağın kapladığı alan $A=9 \times 12=108 \text{ m}^2$

Ağdaki iletkenleri+çubuk boyutları (8 adet çubuk) :

$$L=2 \times (5+8)+2 \times (3+6)+2(12+9)+8 \times 2=102 \text{ m}$$

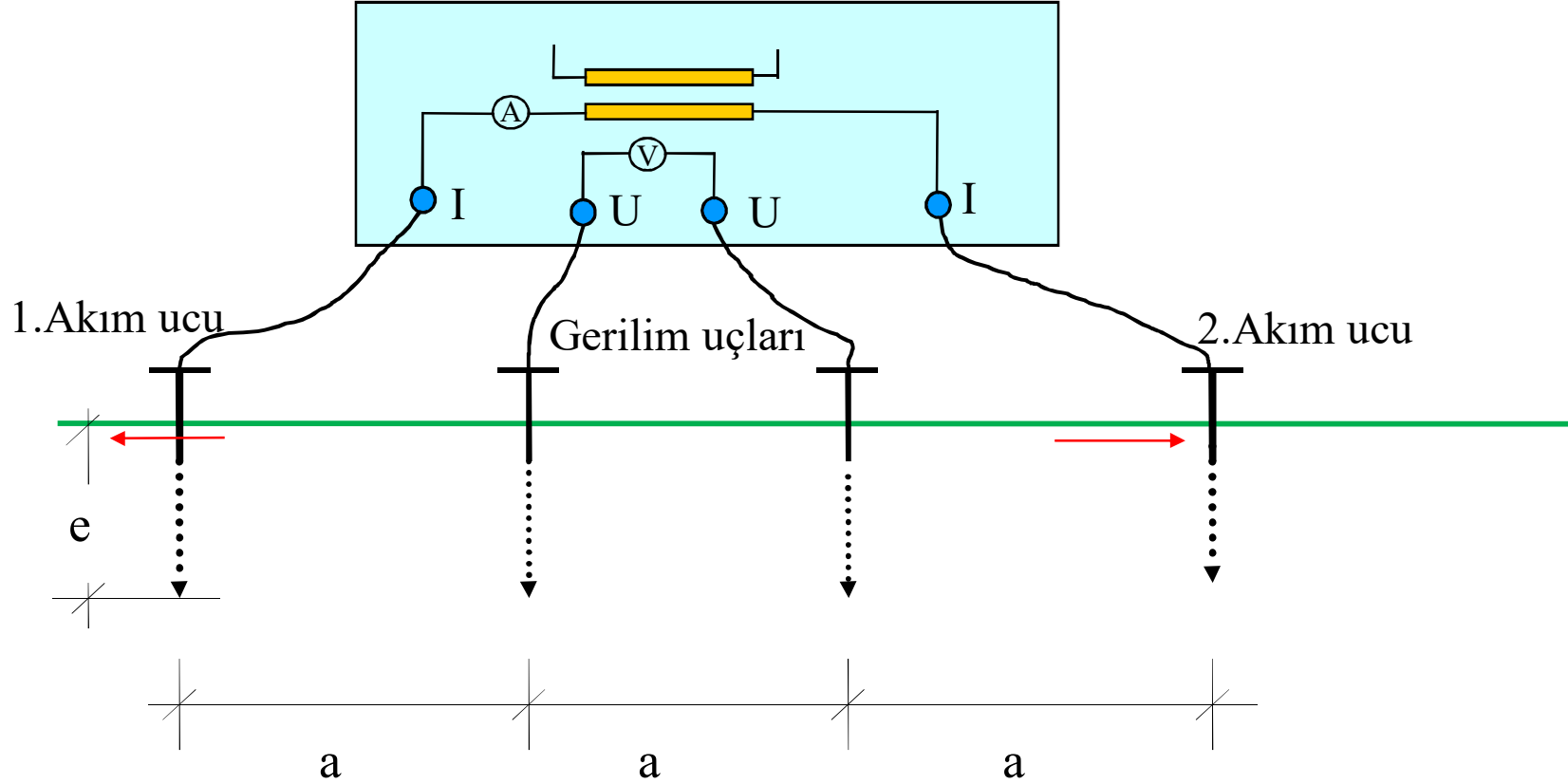
Ağın gömülme derinliği $h=0,5 \text{ m}$

$$R_E = \rho_E \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{(20 \times A)^{1/2}} \left(1 + \frac{1}{(1+h)} \left(\frac{20}{A} \right)^{1/2} \right) \right)$$

$$R_E = 100 \left(\frac{1}{136} + \frac{1}{(20 \times 108)^{1/2}} \left(1 + \frac{1}{(1+0,5)} \left(\frac{20}{108} \right)^{1/2} \right) \right) = 2,20 \Omega$$

Topraklama özgül direncinin ölçülmesi:

Wenner Medotu: TS.4363 de metod açıklanmıştır.

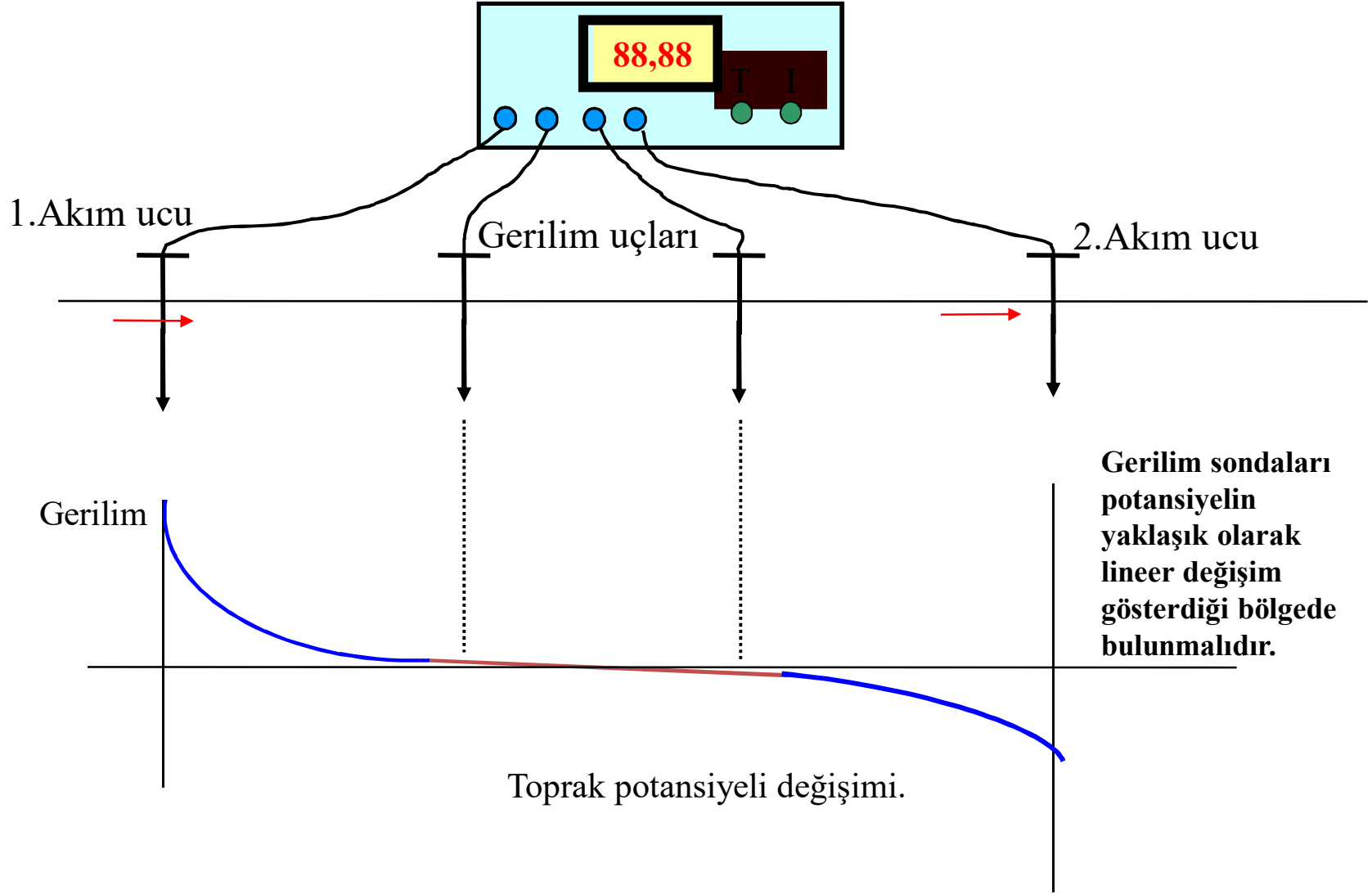


$e \leq a / 20$ olmak üzere $\rho_E = 2.\pi.a.R$ şeklinde bulunur.

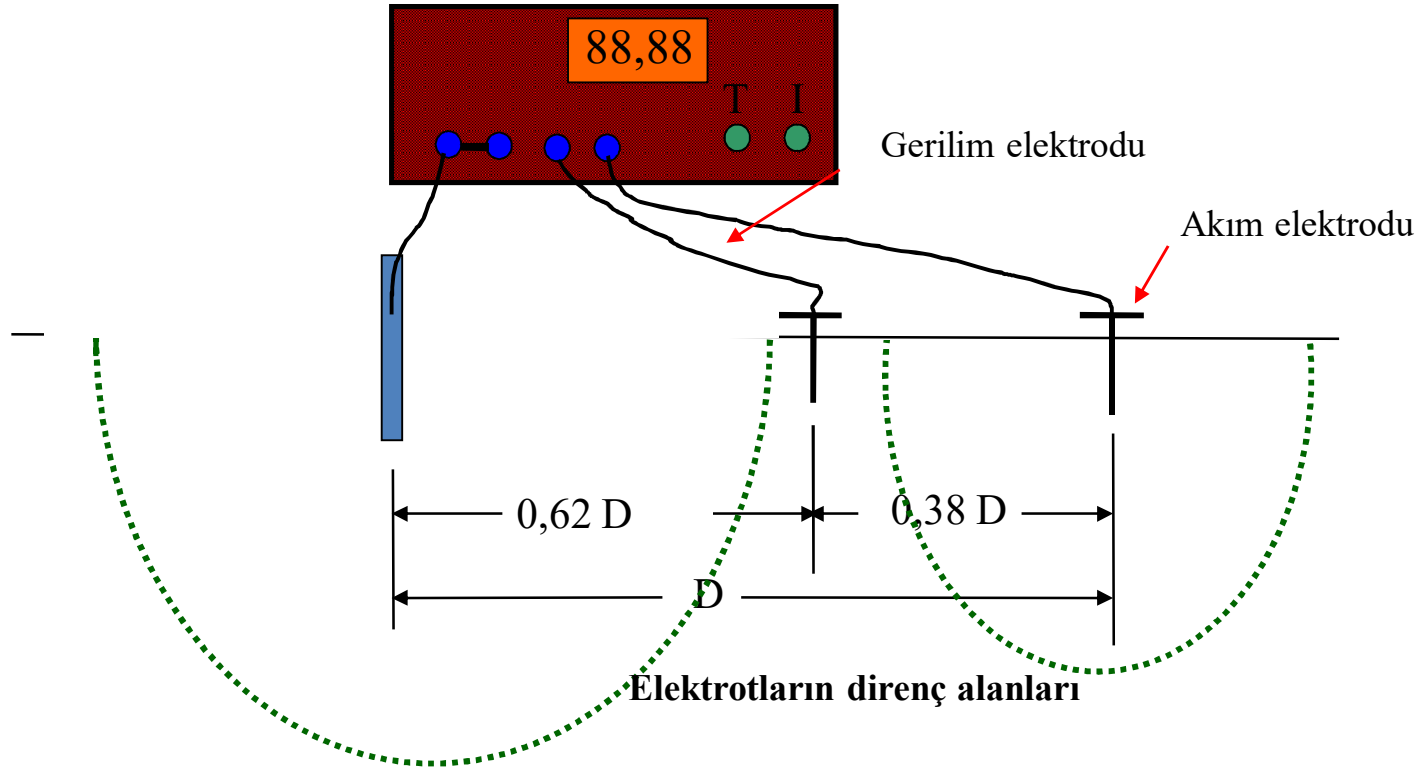
a : Olabildiğince büyük olmalıdır.

R (Ω) ölçülen direnç, ρ_E ($\Omega .m$), a ve e (m) cinsindedir.

Topraklama özgül direncinin ölçülmesi



Toprak yayılma dirençlerinin ölçülmesinde ara uzaklıklar:



Ölçünün doğruluğundan emin olmak için ortadaki elektrot yeri iki tarafa %10 D değiştirilerek **3 ölçü** yapılır. Bulunan değerler büyük farklılık göstermezse bu değer kabul edilir.

Küçük elektrotlarda D mesafesi en az 10 m olmalıdır.