

# GENEL VE YILDIRIMDAN KORUMA TESİSLERİNİN ÖZEL KOŞULLARI DİKKATE ALINARAK YAPILAN TOPRAKLAMALAR (\*)

Yazan : Manfred Fibier  
Çeviren : O. Zeki Demi ray

Orta ve alçak gerilim tesislerinin topraklamaları ile yıldırımdan koruma tesislerinin topraklaması geçmişte sık sık aynı bakış açısı altında değerlendirilmiştir. Yazar, topraklama tesislerini yapanlara, bir topraklama tesisinin düşük gerilim akımlarından farklı olan büyük yıldırım akımlarındaki davranışlarını açıklamak istemektedir. Ayrıca topraklama tesislerinin hesaplanması için bir basitleştirme de sunmaktadır.

Genel :

Topraklama tesislerinden beklenen görev ön koşullara göre farklıdır;

- İşletme toprağı için topraklamalar,
- Yıldırımdan koruma tesisleri için topraklamalar.

Fark daha ziyade işletme toprağı için belirli bir toprak geçiş dörencinin şart koşulmasından kaynaklanmaktadır, bu şart yıldırımdan koruma topraklaması için söz konusu değildir, bununla birlikte önemli birkaç noktaya dikkat edilmelidir.

Yazar önce topraklamaların daha doğrusu işletme topraklamalarının yapı ve tesisini ele alacaktır. Bir topraklama tesisi, çubuk topraklayıcı, band topraklayıcı, plaka topraklayıcı, koza ızgara tip topraklayıcı gibi suni topraklayıcılardan veya yer altındaki madeni boru hatları, palplanşlar, beton-arme temeller, madeni su boruları gibi tabii topraklayıcılardan ibarettir. Topraklayıcıların hesaplanması ve yerleştirilmesi keza tipleri için, dünyayı çevreleyen ortam yani toprak etkilidir.

Değişik düzenlemelerde muhtelif topraklayıcı tipleri ile farklı toprak geçiş dirençleri ortaya çıkar. Topraklayıcının toprak geçiş direnci, toprağın tip ve yapısına, yani özgül direncine ve topraklayıcının boyutları ile tertip tarzına bağlıdır.

Özgül toprak direnci  $P^{\wedge}$ , belirli bir tesis yeri için, değeri zeminin yapısına ve rutubet oranına göre değişiklik gösterdiğinden, yalnız ölçülerek tayin edilir. Araştırmalara istinaden toprak geçiş direncine ait birkaç değer verilecektir.

Bataklık (çamur) zemin	30 ohm. metre
Zirai toprak (tarla)	100 ohm. metre
Nemli kum	200 ohm. metre
Nemli çakıl	500 ohm. metre
Kuru kum ve çakıl	1000 ohm. metre
Beton	150 ohm. metre

Bu değerler beklenen özel direnç değerleri hakkında sadece bir fikir vermesi için kaydedilmiştir. Özgül toprak direncinin tayini için sutaden, kazı yapılmaksızın ölçmeye izin veren bir ölçme metodu kullanılır. Bu metodla 40 metre derinliğine kadar özgül direnci belirlemek mümkündür. Bu husus ise kazık (derin) topraklayıcılar için önemlidir.

(\*) Elektrizitat svirtschaft dergisinin 1979 yılı 8. sayısından çevrilmiştir.

Değerler Wenner metoduna göre tayin edilir. Aynı yönde eşit aralıklarla 4 adet kısa çubuk topraklayıcı toprağa çakılır. Bilahare bu çubuklar bir topraklama ölçü aletinin (topraklama megger'i) dört klemensine bağlanır. Ölçü köprüsünün gösterdiği R direnci ile çubuk topraklayıcılar arasındaki a mesafesi şu formülde yerine konur.

$$\rho_E = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R$$

Sondaların aralığı a ölçü yerindeki topraklayıcı derinliği için bir birimi teşkil eder.

$$H = 3/4 \cdot a \text{ 'dır.}$$

Burada H topraklayıcının çakılma derinliğidir. Özgül toprak direncinin ölçülmesinde her zaman direncin değişimleri dikkate alınmalıdır. Zira toprak direnci yıl boyunca sinüzoidal bir şekilde  $\pm \% 30$  değişiklik göstermektedir. Bu değişiklik yağışlara veya zeminin rutubetine bağlı olmayıp sıcaklığa bağlıdır. Toprak geçiş direnci özgül toprak direnci ile aynı şekilde değiştiği için, bu değişiklik muhtelif zamanlarda tayin edilen toprak geçiş direncinde de beklenmelidir.

Topraklayıcılar:

Topraklayıcı, toprak veya beton içine döşenen ve bunlarla geniş yüzeyli olarak temas eden bir iletkenidir. Temas yüzeyinin küçülmesi akımın toprak içinde yayılmasını engellediği için geniş yüzey gereklidir. Akımın toprağa yayılabilmesini ve tehlikeli temas gerilimlerinin ortadan kalkmasını garanti etmek için yukarıda bahsedilen topraklayıcı formları kullanılmalıdır.

Bu topraklayıcı formlar iki gruba ayrılır:

- 1- Yüzeysel topraklayıcılar
- 2- Derin (kazık) topraklayıcılar

İlk olarak yüzeysel topraklayıcılardan bahsedilecektir. Bunlar band topraklayıcılar, fakat dairesel, ışınal veya dikdörtgen formda da yapılabilirler. Işınal topraklayıcılarda çubuklar arasındaki açıklık  $60^\circ$  nin altına düşmemelidir. Yani, en çok altı çubuk simetrik yerleştirilerek kullanılmalıdır.

### 1.1 Yüzeysel topraklayıcılar

#### 1.1.1 Band topraklayıcılar

Bu topraklayıcı tipinde, VDE 0141 DIN 57 151'egöre galvanizlenmiş bir demir band söz konusudur. Bu demir band genellikle en az 0,5 m derinliğe gömülür. Döşeme ve irtibat için kullanılan bütün malzemelerde VDE 0141 tablo 4'e uygun olmalıdır. Band topraklayıcılar için toprak geçiş direnci  $R^{\wedge}$  'nın hesabı için aşağıda verilen formül geçerlidir.

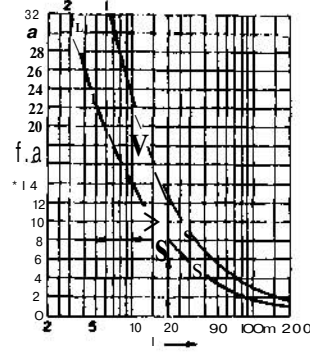
$$R^{\wedge} = \frac{2 \cdot \rho_E}{L}$$

$R^{\wedge}$  : Toprak geçiş direnci, ohm

$\rho_E$  : Özgül toprak direnci, ohm. metre

L : Topraklayıcının uzunluğu, metre

Belirli bir toprak geçiş direnci için kullanılacak malzemenin uzunluğunu, her defasında hesap yapmaksızın seri olarak tayin etmek için,  $\rho_E = 100$  ohm. metre kabulü ile hazırlanmış eğriler (Şekil 1) kullanılır.



Şekil 1 : Bir band topraklayıcının  $9E = 100$  ohm metre özgül toprak direncinde toprak geçiş direnci  $R^{\wedge}$

1 Gömme derinliği = 0 metre

2 Gömme derinliği > 1 metre

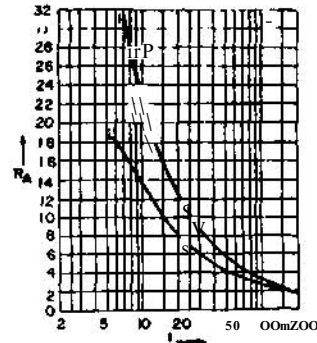
1 nolu eğriden 20 metre'lik demir bandın döşenmesinde toprak geçiş direncinin 8 ohm'a eriştiği okunabilir, ölçme sonucu  $0E = 500$  ohm ise, 20 m'lik demir bandın toprak geçiş direnci aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$R_{A-} = \frac{8 \text{ ohm} \times 500 \text{ ohm. metre}}{100 \text{ ohm. metre}} = 40 \text{ ohm}$$

Direnç değerinin, kesitin büyümesi veya küçülmesi ile değişmesi araştırılmaz. Malzemenin kalınlığı toprak geçiş direnci için değil, aşınma tehlikesi için önemlidir. Topraklayıcı malzemesi aşınmaya uzun süre dayanacak şekilde dizayn edilmelidir. Bu yüzden VDE standartlarında topraklayıcı malzemesi için asgari malzeme kalınlığının  $100 \text{ mm}^2$  olması şart koşulmuştur.

#### 1.1.2 Dairesel topraklayıcılar

Bu topraklayıcı tipinde de yüzeysel bir topraklayıcı söz konusudur. Band topraklayıcıya nazaran farkı ise demir bandın halka şeklinde döşenmesi yani iki ucun birbiri ile bağlanmasıdır. Şekil 2'den görüldüğü gibi bu topraklama tipinde aynı kalınlıkta malzeme kullanılması halinde topraklama direnci biraz daha büyüktür.



Şekil 2 : Dairesel bir topraklayıcının  $QE = 100$  ohm metre özgül toprak direncinde toprak geçiş direnci  $R^{\wedge}$

1 Gömme derinliği = 0 metre

2 Gömme derinliği > 1 metre

$$R_A \cong \frac{2 \rho E}{aD} \quad D = 1,13 \cdot \sqrt{A}$$

Burada ;

D : Dairesel bir topraklayıcının çapı, ızgara tip bir topraklayıcıya eşdeğer dairenin çapı veya yarım küre topraklayıcının çapı, mm

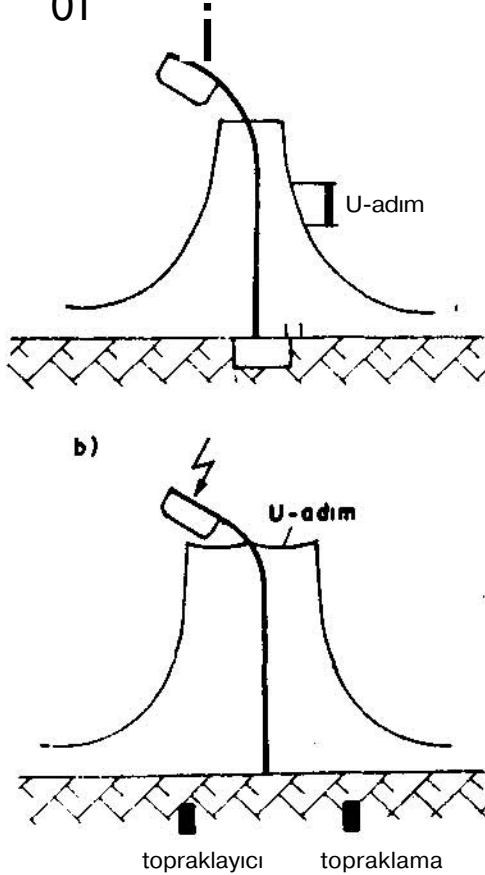
A : Dairesel veya ızgara tip topraklayıcıda kapalı alanın yüzeyi, mm<sup>2</sup>

a : Kare şeklindeki bir topraklayıcının kenar uzunluğu, m ; dikdörtgen plaka halinde

a = V b . c dir, b ve c dikdörtgenin kenar uzunluklarıdır.

Topraklayıcının bu tertip tarzının faydası şüphesiz adım geriliminde görülmektedir, yani bu topraklayıcının çevrelediği yüzey içindeki adım gerilimi çok düşüktür. Bu husus, meskûn binaların yıldırımdan koruma tesisleri için ilk planda kapalı bir halka teşkil eden bir dairesel topraklayıcının tavsiye edilmesinin önemli bir nedeni olmaktadır, örneğin bir objeye yıldırım isabet ederse halkadan ötürü bütün obje gerilim hunisi içinde kalır. Bunun anlaşılması için - Şekil 3 hazırlanmıştır. Şekil 3'den de görüldüğü gibi bu halka içinde bulunan personel adım geriliminden zarar görmez.

01



Şekil 3 : Aydınlatmada gerilim hunisi  
a) Temel topraklayıcı ile  
b) Dairesel topraklayıcı ile

## 1.2. Derin (kazık) topraklayıcılar

Bu topraklama tipinde, dik vaziyette derine çakılan çubuklar ve çapraz (istavroz) topraklayıcılar (şekil 4 ve 5) söz konusudur. Bu topraklama tipi dairesel topraklayıcıların yapısal nedenlerle yerleştirilemediği her yerde kul-

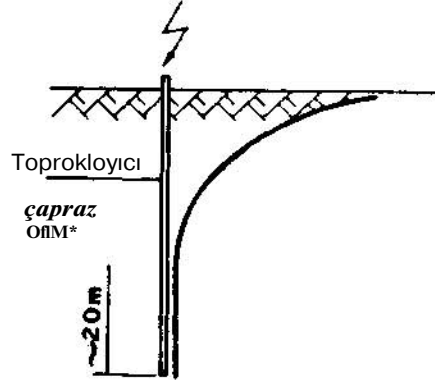


Şekil 4 : Çubuk topraklayıcı



Şekil 5 : Çapraz (istavroz) topraklayıcı

lanılır. Yıldırımdan koruma tesisleri için derin topraklayıcı veya çubuk topraklayıcı kullanılmak istenirse, burada da adım gerilimlerine açıklık getirilmelidir, zira şekil 6'dan da görüldüğü gibi, bir yıldırım isabetinde topraklayıcıyı çevreleyen bir gerilim hunisi teşekkül eder, bu huninin dışında başıboş farklı gerilimler bulunur.



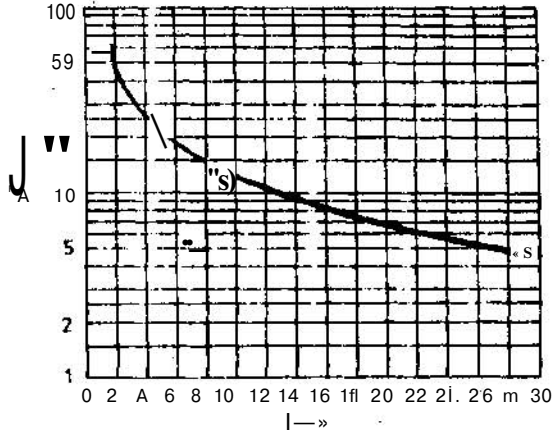
Şekil 6 : Derin topraklayıcı topraklama tertibi

Bu gerilim hunisinin içinde bulunan kişiler ve hayvanlar yürürken bu adım gerilimlerine maruz kalırlar.

Bir derin topraklayıcının toprak geçiş direnci R<sup>^</sup> (şekil 7) şu formülle hesaplanır.

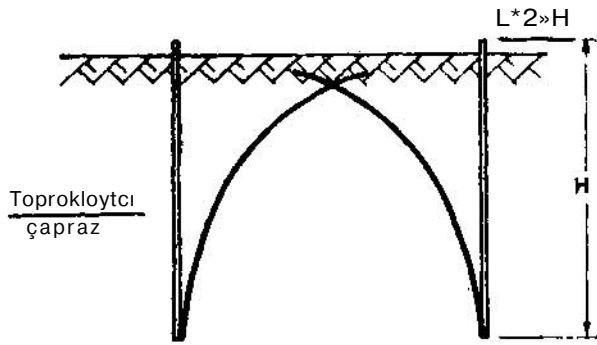
$$R_A \cong \frac{\rho E}{L}$$

Ayrıca birden fazla topraklayıcı olması halinde toprak geçiş dirençleri karşılıklı etki ederler ve daha kötü sonuç verirler. Bu hususta şemada gösterilmiştir. Yani derin topraklayıcılar, daha önce de açıklandığı gibi H topraklayıcının çakılına derinliği olmak üzere, birbirlerinden 2 x H dan daha büyük bir açıklıkta olmalıdır. Burada bir işletme topraklaması ile bir yıldırımdan koruma topraklaması arasındaki farkın ne olduğu sorusu akla gelmektedir. Bir yıldırım şarjı yüzeysel bir şarjdır, yani yaklaşık 20 metre uzunluğunda bir derin topraklayıcı ve 2 ohm'luk bir top-



Şekil 7 : Bir derin topraklayıcının QE = 100 ohm. metre özgül toprak direncinde toprakgeçiş direnci R^

rak geçiş direnci esas alınır, böyle bir topraklayıcı işletme toprağı için de kusursuz etkilidir. Yıldırım yüzeysel bir deşarj olduğu için ana dağıtım, topraklayıcının üst kısmında yapılır, yani yıldırım akımı topraklayıcının üst kısmından her tarafa simetrik (homogen) olarak dağılır. (Şekil 8)



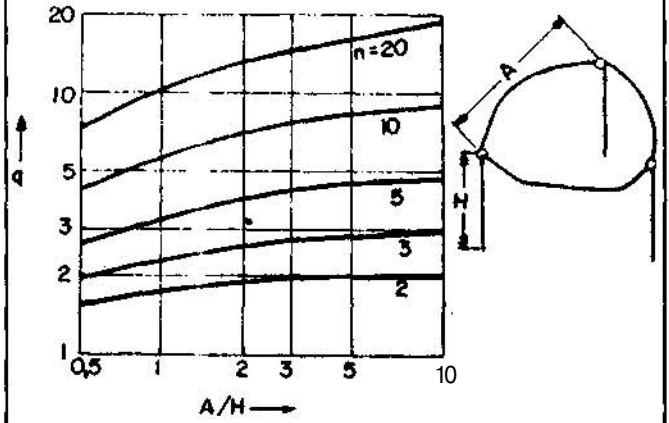
Şekil 8 : Derin topraklayıcıda yıldırım deşarjının şeması

Bundan, geniş yüzeyli bir yüzeysel topraklayıcının yıldırımın toprak içinde yayılması ve tehlikeli gerilimlerin önlenmesi bakımından en iyi olanağı sağladığı sonucu çıkarılabilir.

### 1.3. Kombine çubuk topraklayıcılar

Band topraklayıcıların yerleştirilmesi çok masraflı ise veya derin topraklayıcılar için gerekli derinliğe inilemiyorsa, alternatif olarak derin ve çapraz topraklayıcıların kombinasyonu kullanılır. Bu kombinasyonla, toprak tabakasından en uygun toprak geçiş direnci ile faydalanmak olanağı elde edilir. Kombine çubuk topraklayıcılar bazan yapıldığı gibi paralel bağlı dirençler kabul edilerek hesaplanmaz, zira küçük aralıklarda topraklayıcıların karşılıklı etkisi çok büyüktür. Kombine bir çubuk topraklayıcı grubunun toprak geçiş direncini tayin etmek için aşağıdaki şekilde hareket edilir.

önce derin veya çapraz topraklayıcıların H uzunluğu seçilir. Seçilen uzunlukla, derin topraklayıcılara ait eğriden toprak geçiş direnci R^ elde edilir. Her bir R^ direncinin şart koşulan R toplam direncine oranından q faktörü bulunur. Topraklayıcıların arasındaki A mesafesi seçilerek A/H oranı belirlenir, a ile A/H'nin koordinatlarının kesişme noktasından gerekli derin topraklayıcının sayısı alınabilir (şekil 9)



Şekil 9 : Kombine edilmiş çubuk topraklayıcıların toplam toprak geçiş direnci Rcesamt^n tayini

$$R_{\text{gesamt}}^{\sim} = \frac{R_A}{q}$$

Burada;

A : Topraklayıcılar arasındaki mesafe

H : Topraklayıcı uzunluğu

n : Topraklayıcı sayısı

q : Paralel bağlı topraklayıcılar için faktör

Band topraklayıcılar paralel yerleştirilirse ve aralarındaki mesafe uzunluklarına nazaran küçük ise, topraklayıcıların birbirine etkisi çok büyük olur. Bu konuda yol gösterici olarak aşağıda belirtilen husus geçerlidir :

Band topraklayıcıların aralarındaki mesafe A, karenin kenar uzunluğu L j se direncin sınır değeri

$$R = \frac{0,55 E}{F^2} \text{ dir.}$$

Çubuk veya derin topraklayıcı band - dairesel topraklayıcıların kombinasyonu daima toprak geçiş direncinin düzelmesini (küçülmesini) sağlamaktadır. Burada sadece, her iki topraklayıcı tipinin paralel bağlanmasından teorik olarak elde edilen değere, özgül toprak direnci her yerde aynı olmadığından, erişilemeyeceği dikkate alınmalıdır. Her topraklama probleminde daima en uygun planlama sorusu söz konusudur. Her planlamanın ana teması problemi ucuz ve basit olarak çözümlenektir.

Bir topraklama tesisinde ekseriya yerel koşullar da tayin edicidir. Dolayısı ile küçük yüzeyli, bir band topraklayıcı ile düşük bir toprak geçiş direnci elde etmek hemen hemen mümkün değildir. Diğer koşullar, ekseriya yeterli tabii topraklayıcının bulunduğu büyük binalar da söz konusudur. Buralarda band topraklayıcılar ekseriya yeterli olmaktadır.

#### 1.4 Temel Topraklayıcılar

Son yıllarda topraklama tekniğinde temel topraklayıcıları gitgide önem kazanmıştır. Bu bakımdan bu konuya daha detaylı temas edilmesi gerekmektedir. Geçmiş yıllarda, koruma tedbirleri arasında madeni boru hattı sistemleri, bilhassa su boruları uzun süre belirgin bir rol oynamıştır. Teknik gelişme sonucu plastik su boruları sistemi daha çok ön plana çıkmaktadır. İşe yarayan kurşun kılıflı kablo yerine de plastik kablolar ikame edilmiştir. Bina içinde bulunan madeni ve elektrikli teçhizatın zamanla çok fazla arttığını da ekleyelim. Daha önceleri alışılmış su ve kuvvetli akım hatları (boruları) yanında örneğin gaz tesisatı, merkezi ısıtma tesisatı, anten tesisatı ve telefon tesisatı da bulunmaktadır. Böylece, boru ve hatların kısmen birbirinden müstakil ve kısmen birbirleri ile bağlı olan, çok dallı bir karışım ortaya çıkmaktadır. Elektrik tesisindeki arızalar nedeniyle gerilim yayılmaları ve dolayısı ile tehlikeli temas gerilimlerinin hasıl olma tehlikesi büyük ölçüde vardır. Gerilim yayılması tehlikesini önlemek için potansiyel dengelemesi yapılır ve bu, temel topraklaması ile bağlanır. Daima yoğun yerleşimden dolayı kusursuz bir topraklayıcı hazırlamak problemler doğurmaktadır. Bu görevi bina inşa edilirken temeline yerleştirilen temel topraklayıcısı üstlenir. Temel topraklayıcı malzemesi olarak 30 mm x 3,5 mm; 25 mm x 4 mm'lik galvanizli çelik band veya çapı en az 10 mm olan galvanizli yuvarlak çelik seçilir. Yuvarlak veya band çelik binanın dış duvarları içine izolasyon tabakasının altına kapalı halka şeklinde yerleştirilir. Binanın boyutları büyükse imkânlar göre temel yapılırken enine bağlantılar öngörülmektedir. Topraklayıcı temel zemini üzerinde en az 10 cm kalınlığındaki bir beton tabaka içine yerleştirilmelidir. Bu şekilde aşınmaya karşı yeter derecede korunmuş ve hemen hemen sınırsız bir ömre sahip olmuş olur. Temel topraklayıcısı yıldırımdan koruma topraklayıcısı olarak kullanılacaksa, şu iki hususa;

1. Yıldırımdan koruma için uygun yerlere konulan irtibat bayrakları (uçları) temelden dışarı çıkarılmasına,
2. temel içinde kusursuz ve kaliteli bir döşemenin yapıldığının garantili olmasına, dikkat edilmelidir.

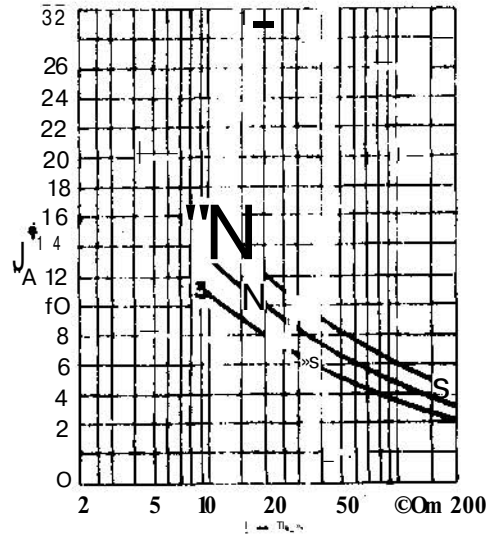
Şayet temeldeki demir bandlar örneğin birbiri ile bağlı değilse, yani ring kapalı değilse, bir yıldırımın nasıl etki edeceği bilinmeyeceğinden bu iki husus bilhassa önemlidir. Her iki uç temelde karşılıklı dururlar. Bu ise bir yıldırım isabetinde her iki ucun farklı polariteye sahip olması demektir. Hapsedilen bir yıldırımın bir dinamit gibi reaksiyon göstereceği düşünülürse temel yıldırımın etkisi ile hasarlanırlar.

Diğer bir husus açıktaki topraklayıcılar ile beton içine yerleştirilen bir demir band toprak yüzeyine döşenen bir demir banda karşı bakır ile demir arasında olduğu gibi, bir elektrokimyasal gerilime sahiptir, yani açıktaki topraklayıcı ve temel topraklayıcısı şayet potansiyel dengeleme harasında veya diğer bir yerde birlikte bağlanırlarsa bir aşındırma (korrozyon) akımının akmasına neden olurlar. Bu aşındırma akımı açıktaki topraklayıcı da bir metal kaybına yol açar. Bu paralel bağlanmada cereyan eden kimyasal olaylara temas edilmeyip sadece 1 mA'lık bir akımın akması halinde yılda 10 gram çeliğin kaybolduğunu (yendiği) ve bir ilâ beş yıl sonra açıktaki topraklayıcının bu aşındırma akımı nedeniyle parçalanabileceğini belirtmekle yetinilecektir.

Temel topraklayıcıları, adım gerilimi bakımından dairesel topraklayıcılar gibi reaksiyon gösterirler, yani bir yıldırımdan koruma tesisine ve bir temel topraklayıcısına sahip olan bir binaya yıldırım isabet etse ve bütün binada gerilim yükselse bile, binanın içinde farklı bir gerilim huzisi ve adım gerimleri mevcut olmaz. Toprak geçiş direnci (şekil 10) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R_A \cong \frac{\rho E}{\pi D} \quad D = 1,57 \sqrt{L}$$

I Müstakil bir temelin hacmi, m<sup>3</sup>



Şekil 10 : Bir temel topraklayıcının QE = 100 ohm. met' re özgül toprak direncinde toprak geçiş direnci R\_A

- 1 Temel büyüklüğü 0,5 m x 0,3 m
- 2 Temel büyüklüğü 0,5 m x 0,5 m
- 3 Temel büyüklüğü 0,5 m x 0,9 m