

# YILDIRIM ELEKTROMANYETİK DARBELERİNİN YÜKSEK GERİLİM HATLARINA ETKİLERİNİN İZOLATÖR VE TOPRAKLAMA AÇISINDAN İNCELENMESİ

Ahmet Yaşar YOLDAŞ

# Yıldırım Hakkında Genel Bilgiler

- 10-30kA
- 2kA-400kA
- IEEE,CIGRE 132kA
- 500MJoule
- 30.000 C derece
- 3milyar Yıllık Cam Fosili
- Benjamin Franklin
- 10kV/cm
- Min. 100MV



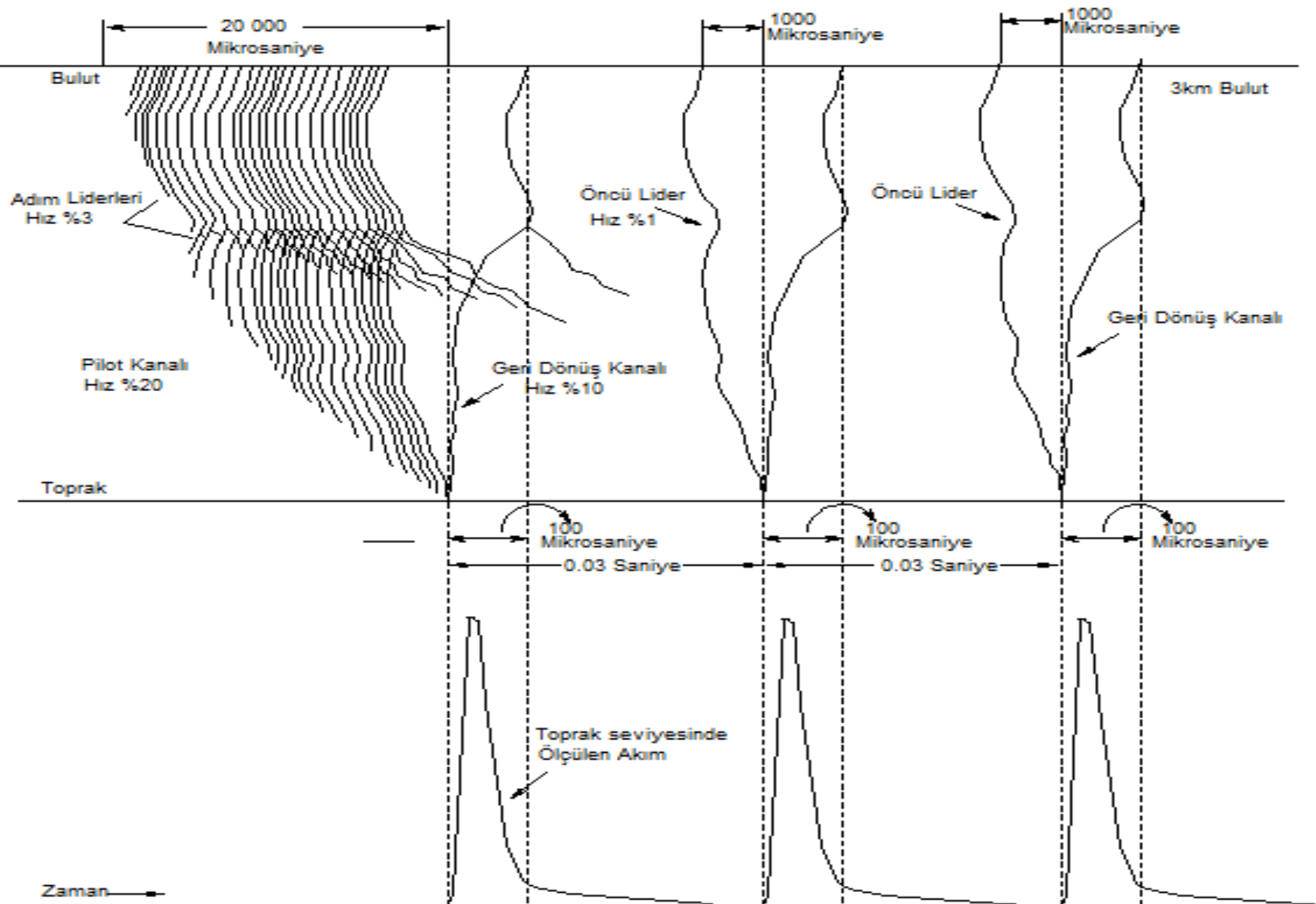


- İlk Canlı Yapıtaşları (Urey Miller Deneyi)
- İnsan Ölümleri
- Yangınlar
- İletim Hattı Kaynaklı Yangınlar
- Enerjide Yaşanan sorunlar, E.İ.Hatlarında kesintiler, Harmonikler
- İnkitalar (Toplu kesinti)



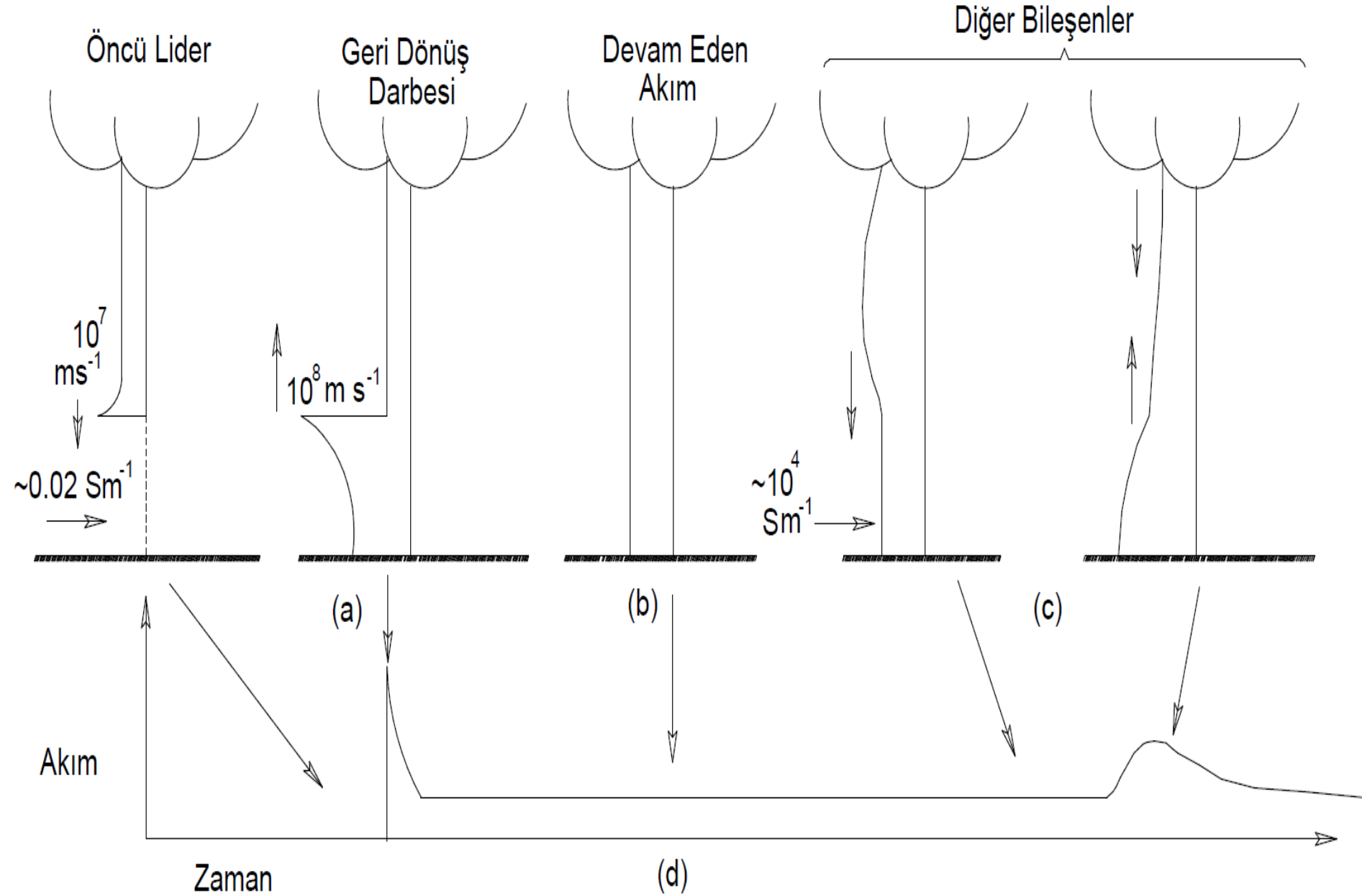
# Adım Lider (Stepped Leader) Adım Gerilim Süreci

2-3 $\mu$ s, 200m mesafe,  $V=C/10$ , 2.deşarj 40 $\mu$ s



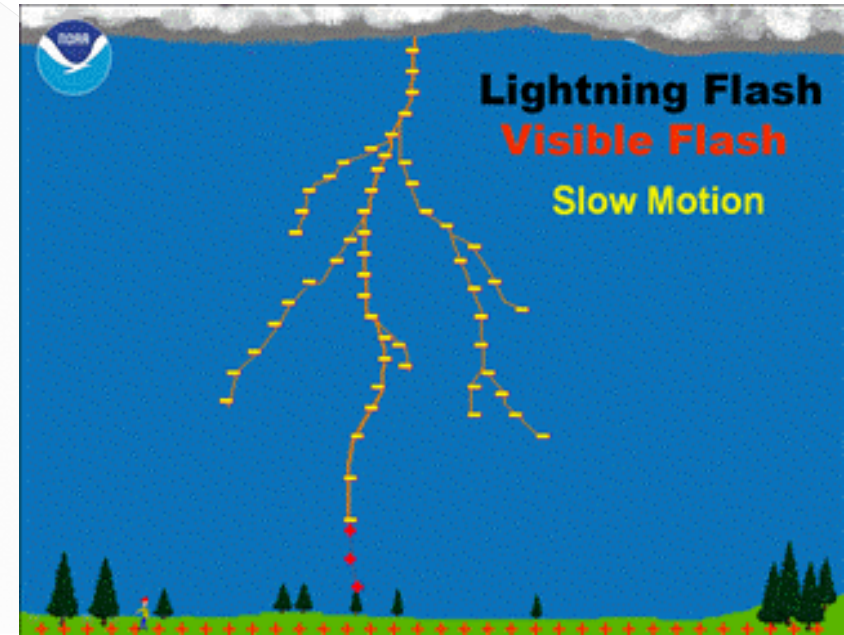
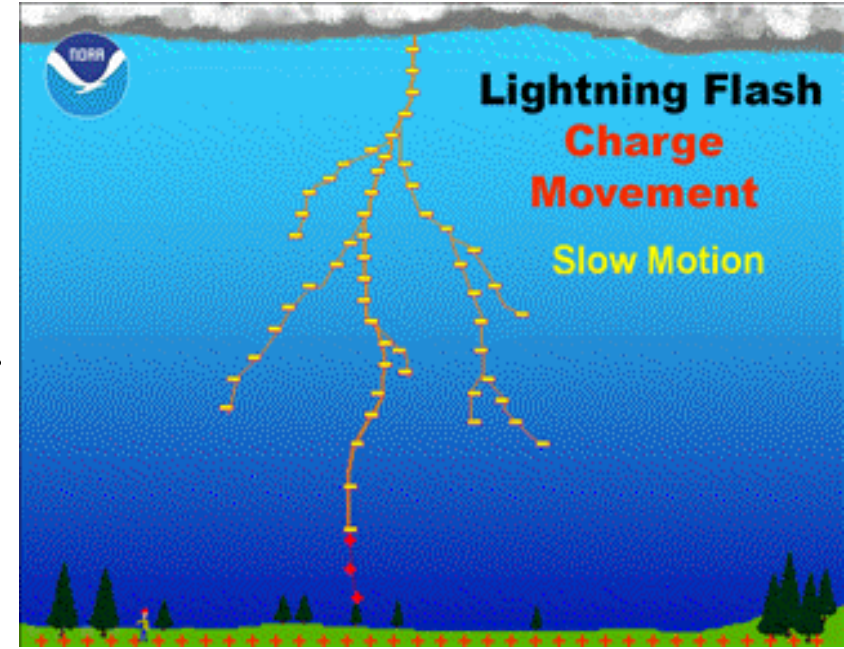


# Geri Dönüş Darbe Modeli Zamana Göre Değişimi



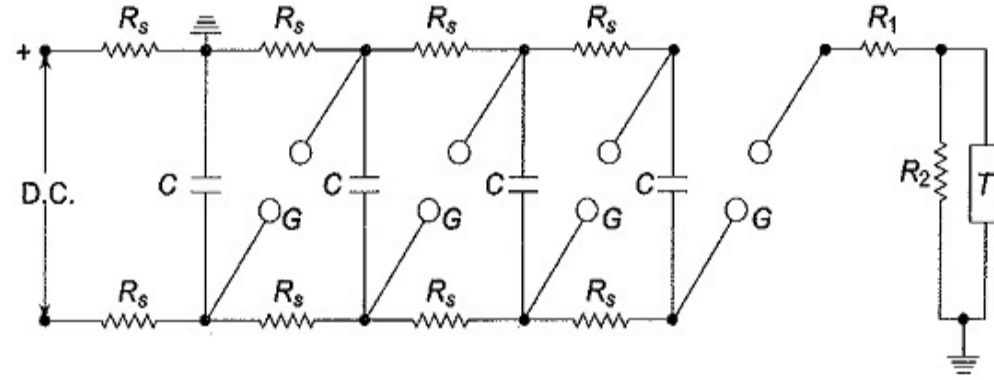
# Yıldırım Geri Dönüş Darbe Modelleri

- Rakov ve Dulzon
- Nucci
- Bruce-Golde
- Master-Uman-Lin-Standler (MULS)
- TCS
- TLM
- MTLM
- MTLE (üssel zayıflama)
- MTLL (doğrusal zayıflama)
- Diendorfer-Uman



# Yıldırım Deneyleri

- İmpuls (Darbe) jeneratörleri (Bu tipte kaynak derecelendirme sıkıntısı bulunmaktadır.)
- Doğal yıldırım tetikleme: küçük boyutlu roket (arkasında ince iletkenle; topraklı ya da topraksız)

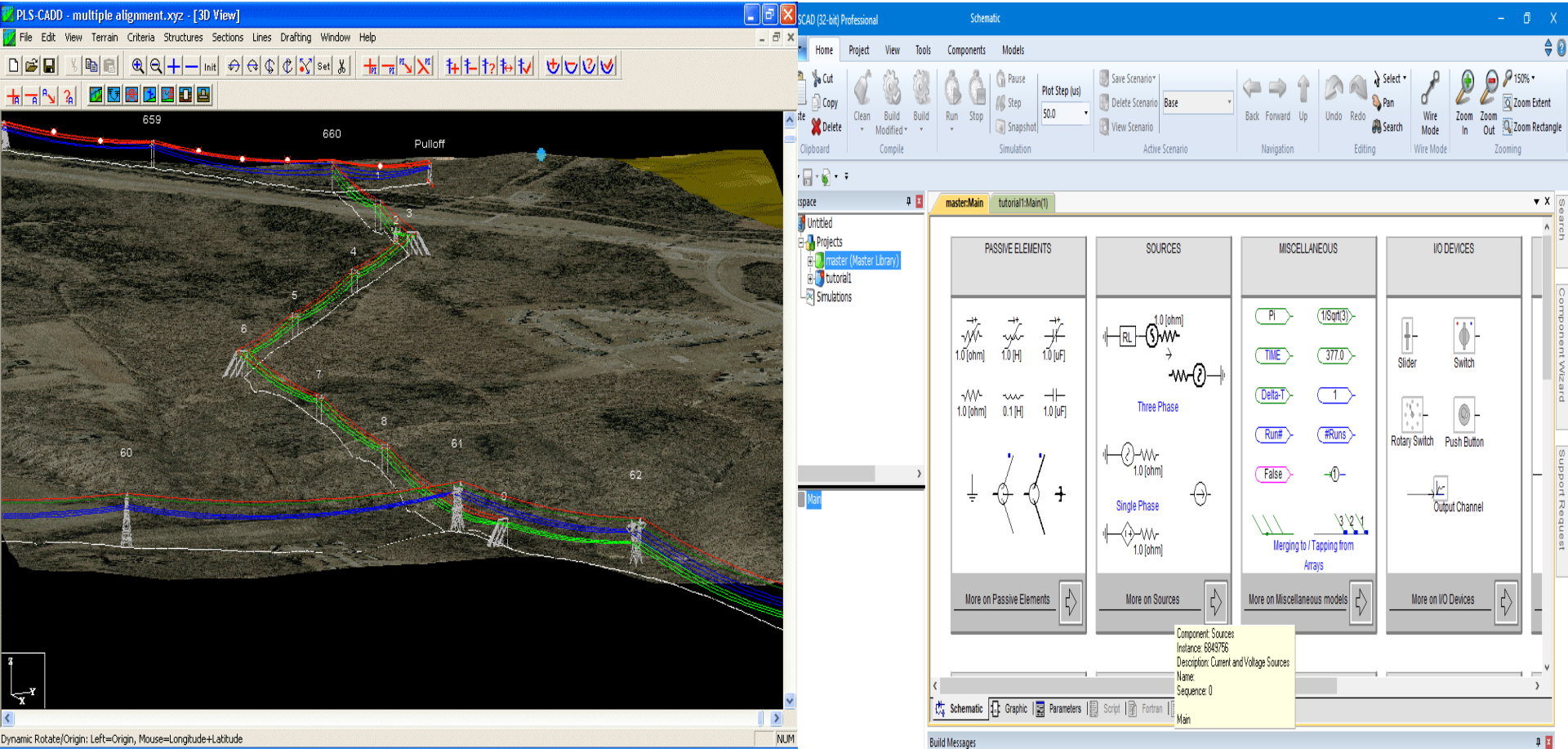


- Topraklı rokette 200-300 metre yüksekte pozitif yüklü alan meydana gelir. Yüklü alan buluta doğru yönelir ve yıldırım tetiklenir.
- Topraksız rokette belirli yüksekliğe çıkan roket, yıldırım kanal yüksekliğini azaltarak yıldırımın gerçekleşmesini sağlar.



# Materyal ve Metot

- Örnek olarak alınan 154kV 1272 MCM tek devre Oymapınar Alanya II EİH'nın yıldırım alan 5 direklik kısmı baz alınmıştır.
- Değerlendirmeler yapılırken PSCAD (Power Systems Computer Aided Design) programı kullanılmıştır.



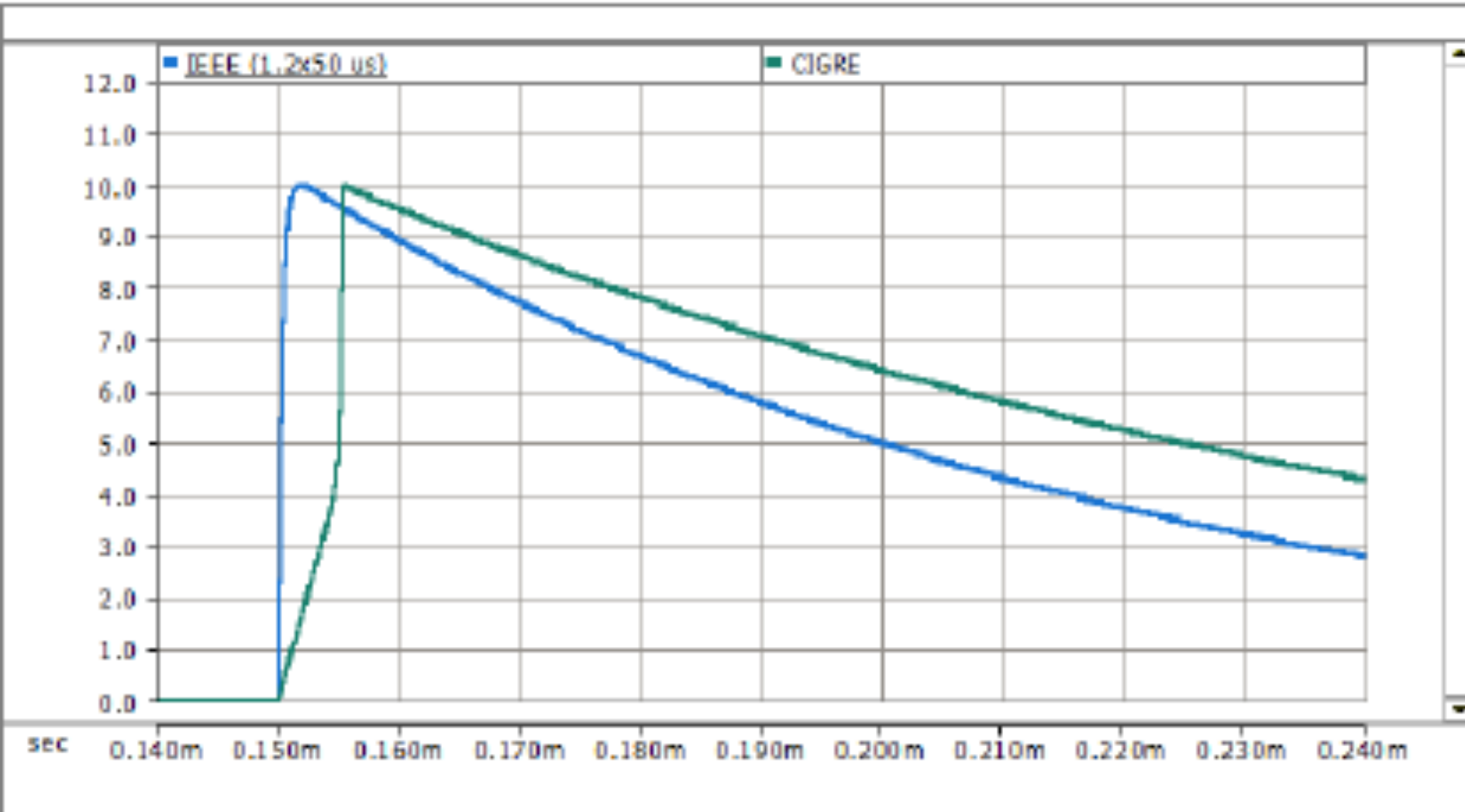
# EMTDC : Eletromagnetic Transient Design and Control

$t=0$  anındaki başlangıç koşulları ile başlatılır. İstenilen zamanda da sonlandırılır. Bu tasarımlar yapılırken kayıplar göz ardı edilir. Bu çalışmada Bergeron modeli, yaklaşık sistem kayıplarına tahmini bir eğimli direnç özelliği ekler.



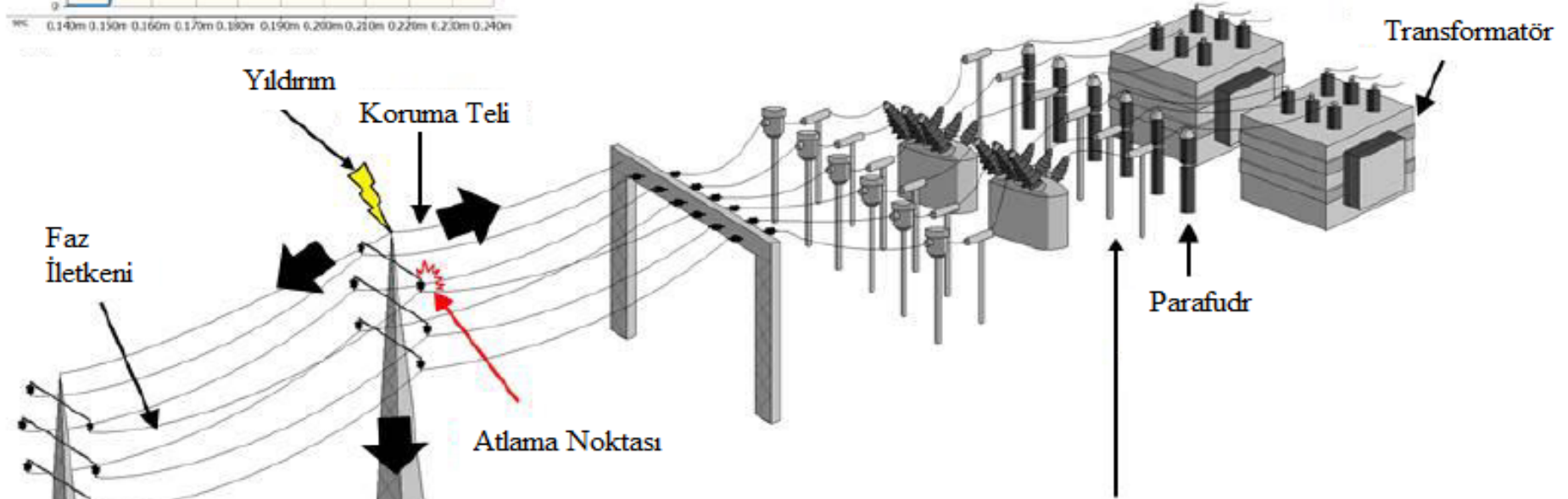
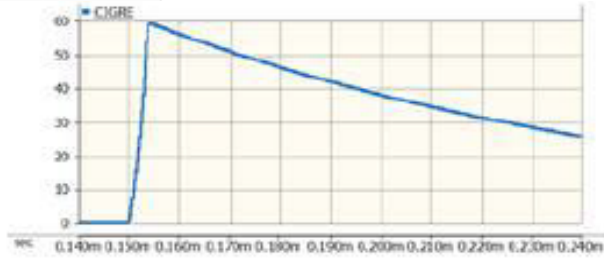
# Materyal ve Metot

Bu çalışmada yıldırım akım kaynağı olarak alttaki IEEE ve CIGRE üzerinden modellenmiştir.

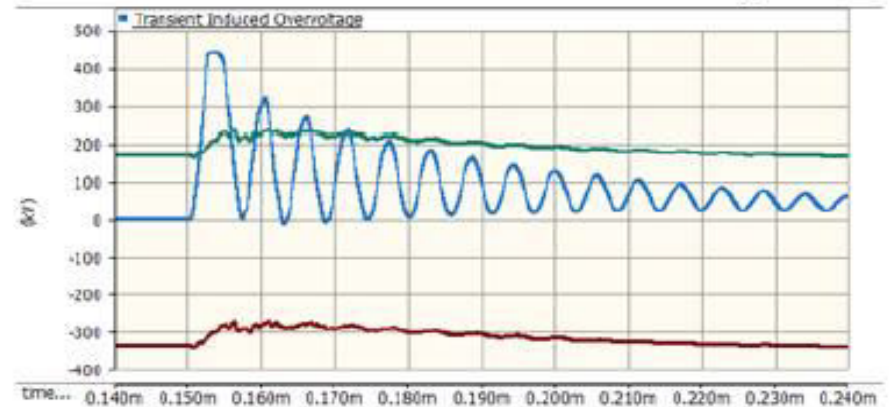




# PSCAD Genel Tasarım



Geçici indüklenmiş aşırı gerilim



# CIGRE Tavsiyeleri

| Issue                                     | Minimum Recommended Cable Model            | importance of Detailed Models (Segments, Bonding, Grounding Frequency-Dependent (FD))                                                         |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Phase unbalance and transposition         | Bergeron (Unbalanced)<br>Equivalent PI     | Segments are important.<br>FD is not important.                                                                                               |
| Harmonic frequency scans                  | Bergeron<br>Equivalent PI                  | Segments are not important.<br>FD is moderately important; cable parameters may be re-calculated for each frequency of interest if necessary. |
| TOV – Ground faults and clearing          | Bergeron                                   | Minimal; damping from other system components is more important.                                                                              |
| TOV – Resonance                           | Bergeron                                   | Minimal; damping from other system components is more important.                                                                              |
| TOV – System islanding and load rejection | Bergeron                                   | Minimal; damping from other system components is more important.                                                                              |
| Ferroresonance                            | Bergeron                                   | Minimal; damping from other system components is more important.                                                                              |
| Harmonic sources and flows                | Bergeron<br>Equivalent PI                  | Segments are not important.<br>FD is moderately important; cable parameters may be re-calculated for each frequency of interest.              |
| Cable energization                        | Bergeron (at Target Frequency)             | Segments are not important.<br>FD is moderately important; this is usually the first case in which to apply an FD model.                      |
| Auto-redosing overvoltages                | Bergeron                                   | Segments are not important.<br>FD is moderately important, but power-frequency solution should not be compromised.                            |
| Discharge of the cable                    | Bergeron                                   | Minimal.                                                                                                                                      |
| Sheath overvoltages and protection        | Bergeron (Unbalanced)                      | Segments are important.<br>FD is moderately important.                                                                                        |
| DC offset / zero-miss effect              | Bergeron                                   | Minimal.                                                                                                                                      |
| Current transformer (CT) saturation       | Bergeron                                   | Minimal.                                                                                                                                      |
| Capacitive current interruption           | Bergeron                                   | Minimal.                                                                                                                                      |
| Lightning overvoltage                     | Bergeron (Unbalanced, at Target Frequency) | Segments are important.<br>FD is moderately important.                                                                                        |
| Shunt reactor restrike                    | Bergeron                                   | Segments are not important.<br>FD is moderately important.                                                                                    |
| Inductive coordination and EMI            | Bergeron (Unbalanced)<br>Equivalent PI     | Segments are important.<br>FD is not important.                                                                                               |

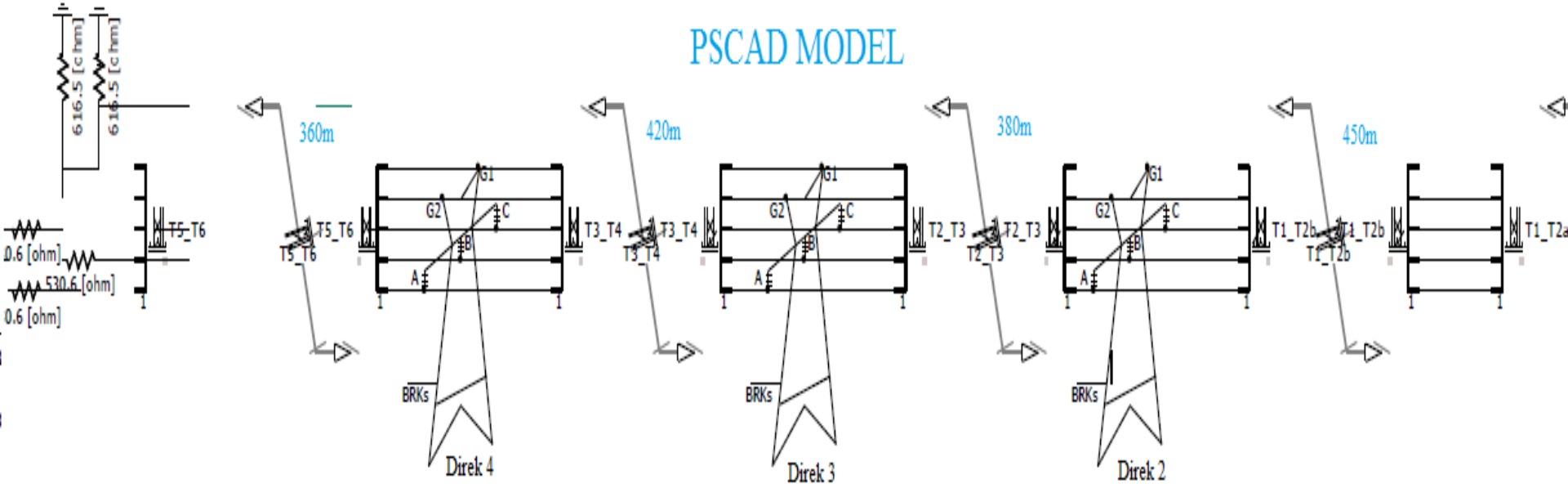
Source : CIGRE WG C4.502 Power system technical performance issues related to the application of long HVAC cables

# Kullanılan Direk ve İzolatör Modelleri





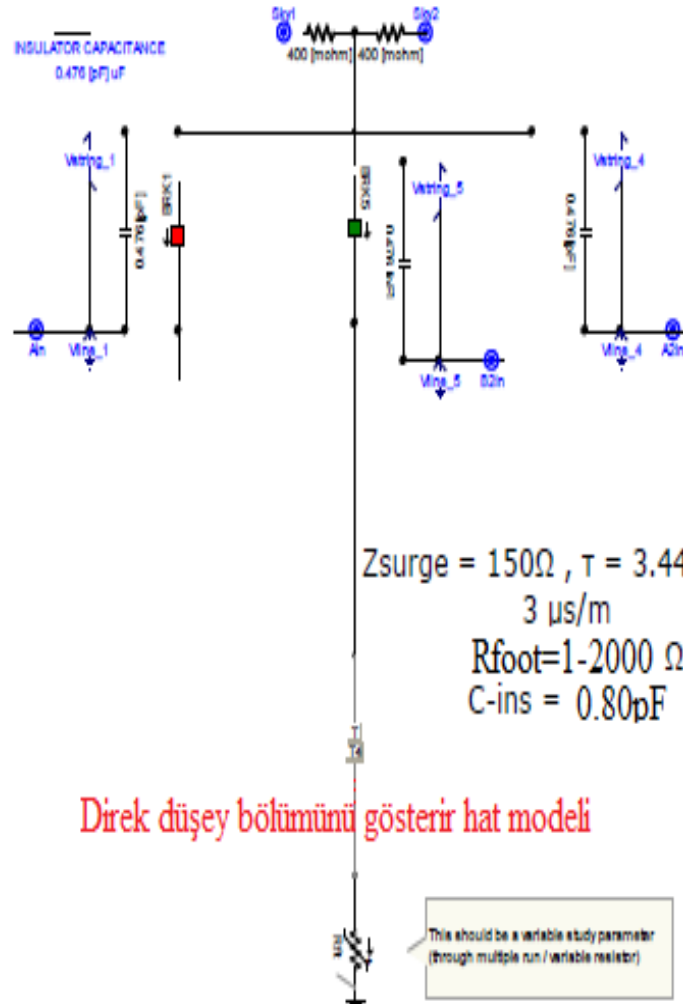
# PSCAD programı ve tanıtımı



Yaklaşık 5 açıklıktan sonra, hattın geri kalanı, iletkenlerin dalgalanma empedansına (faz ve toprak) yaklaşık olarak eşit bir dirençle temsil edilir.

# PSCAD programı ve tanıtımı

## Hat ve Direğin Modellenmesi

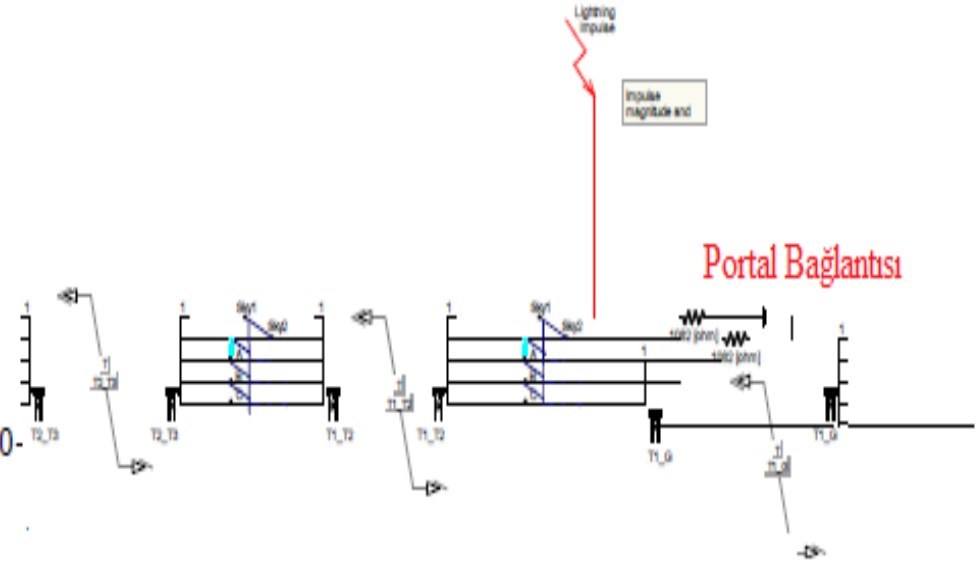


$$Z_{\text{surge}} = 150 \Omega, \tau = 3.448 \times 10^{-3} \mu\text{s/m}$$
$$R_{\text{foot}} = 1-2000 \Omega$$
$$C_{\text{-ins}} = 0.80 \text{pF}$$

Direk düşey bölümünü gösterir hat modeli

Direk Gösterimi

Back Flashover yalıtkanın karşısındaki voltaj bir eşiği geçtiğinde (hayali) devre kesicinin kapatılmasıyla modellendi.



Portal Bağlantısı

Direk Mesafeleri



# Örnek Arızaya göre simülasyon

## 154kV Oymapınar Alanya II EİH Arıza Simülasyonu





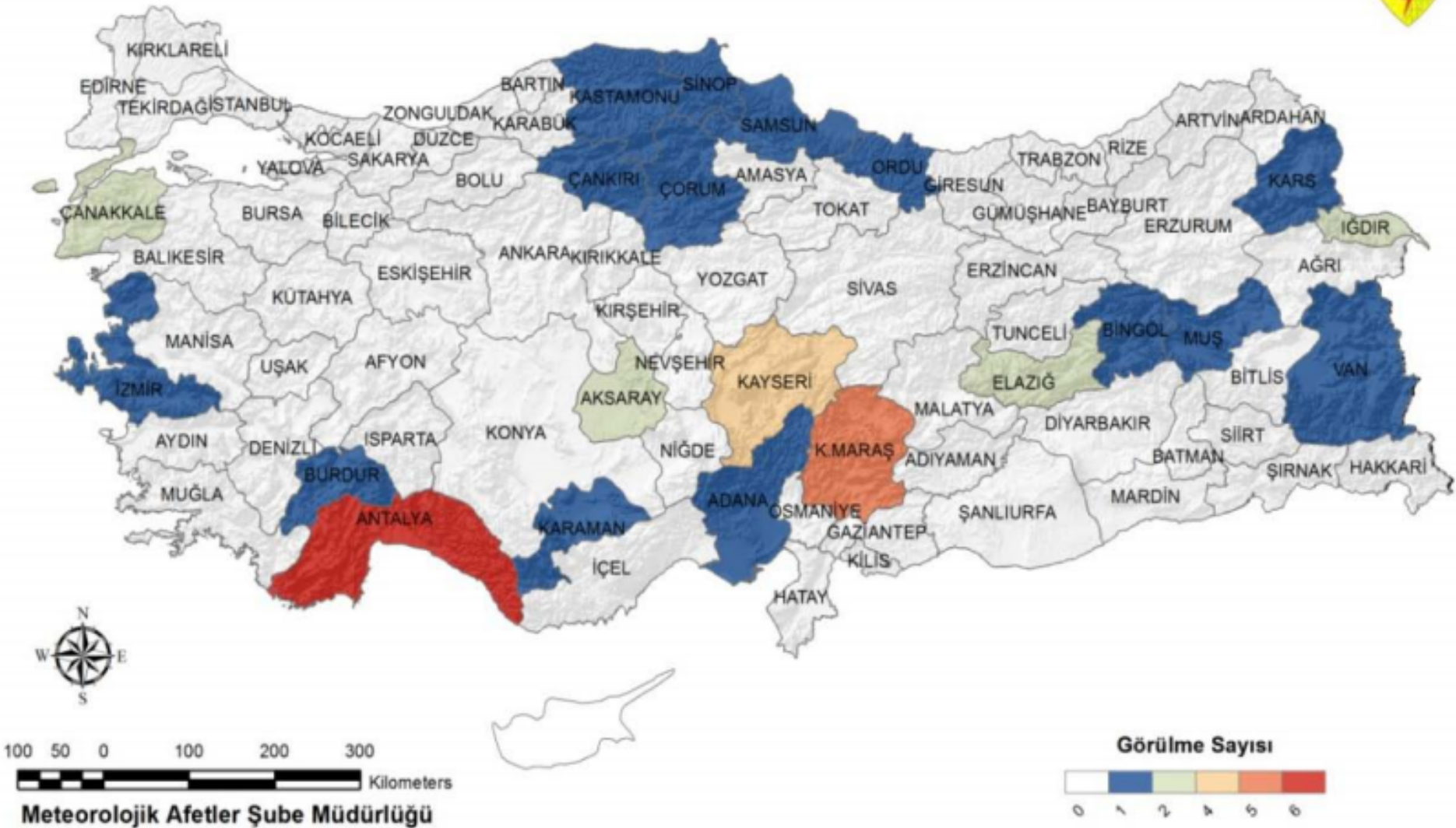
## YILDIRIM DÜŞMESİ AFETİ DAĞILIMI (2017)



Görülme Sayısı

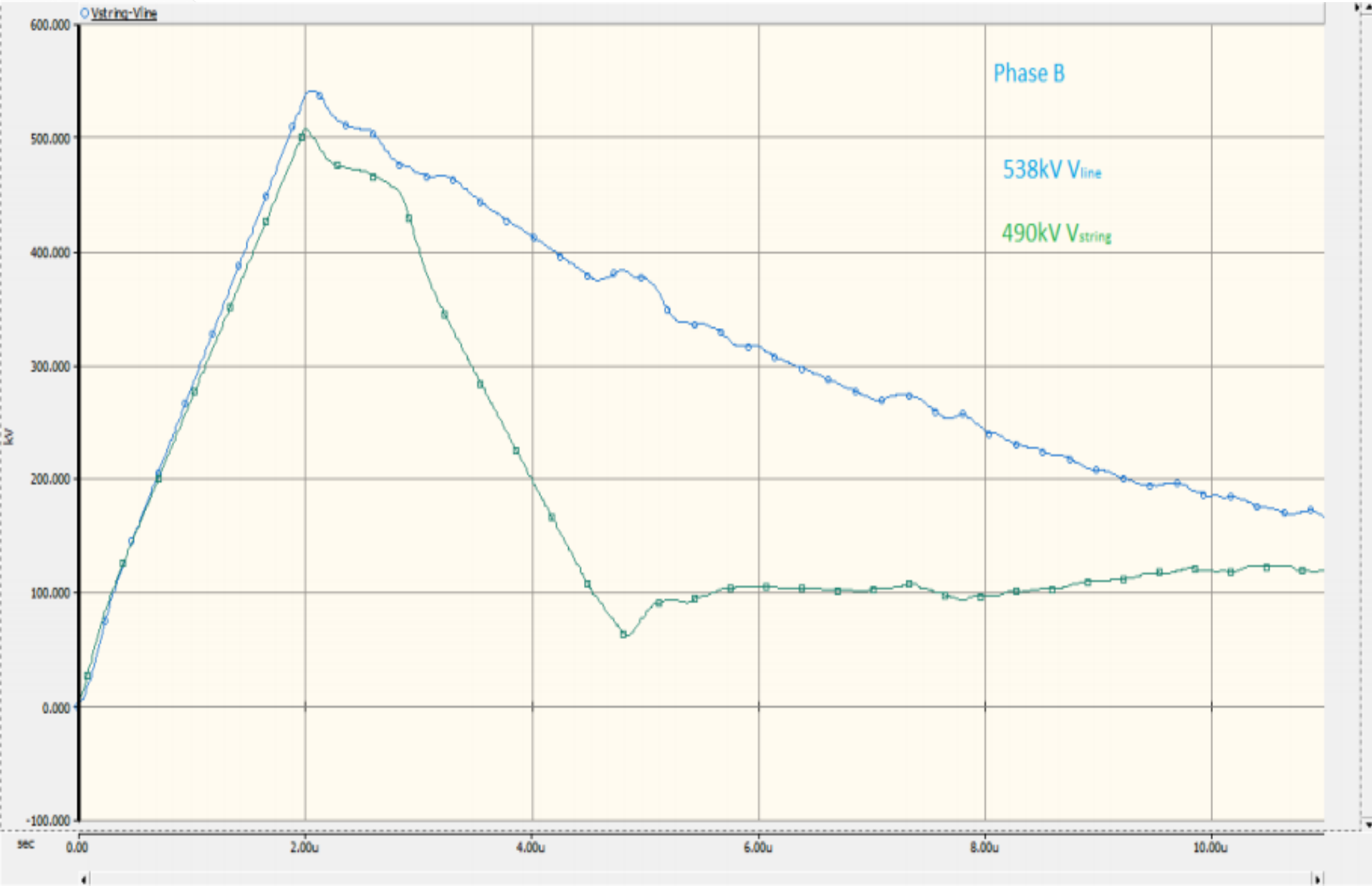


Meteorolojik Afetler Şube Müdürlüğü



# 154kV Oymapınar - Alanya II EİH Simülasyonu

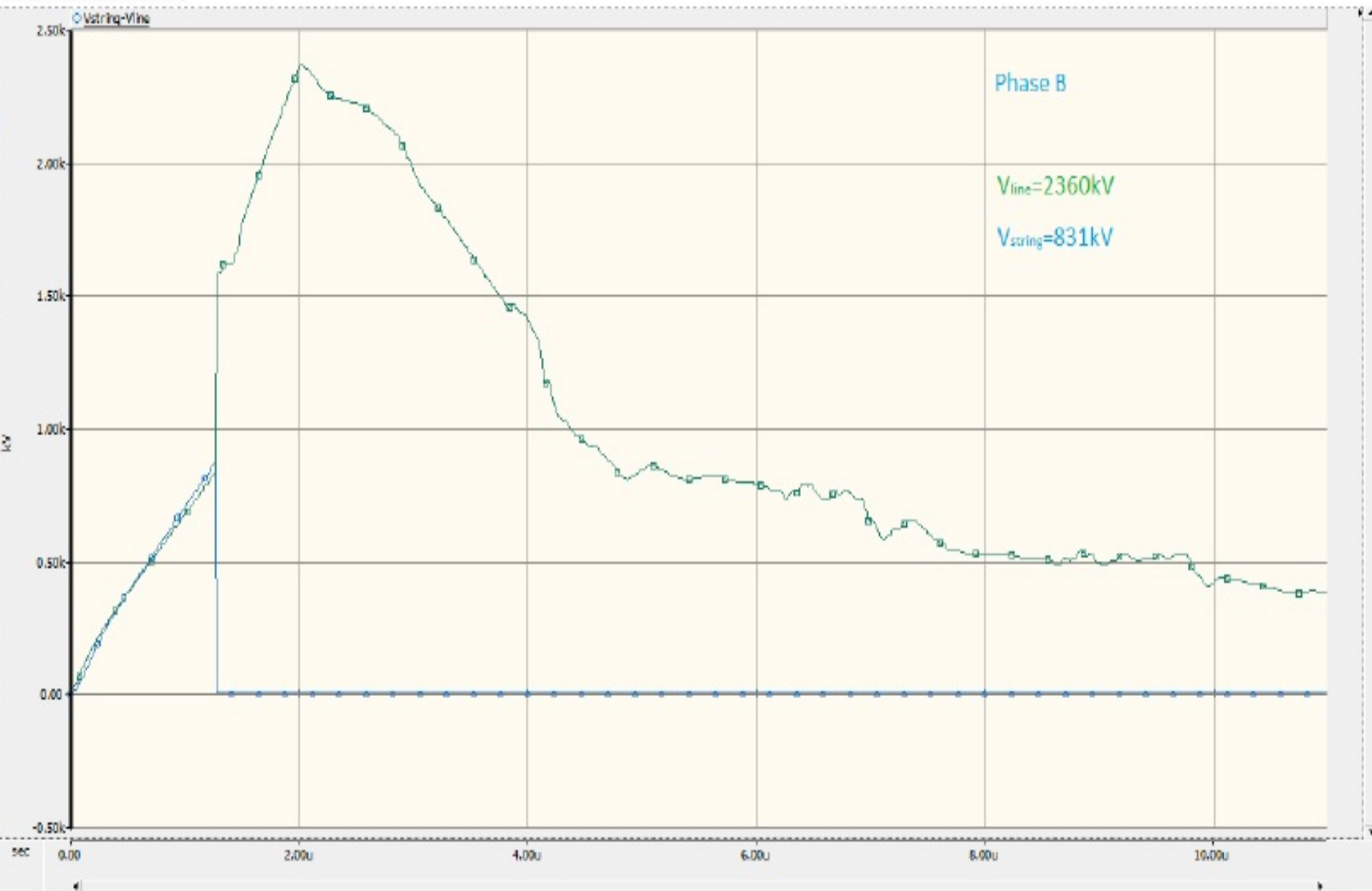
## 10kA için 6,6kA, 490kV-538kV





# 154kV Oymapınar - Alanya II EİH Simülasyonu

## 25kA için 14,95kA, 831kV-2360kV

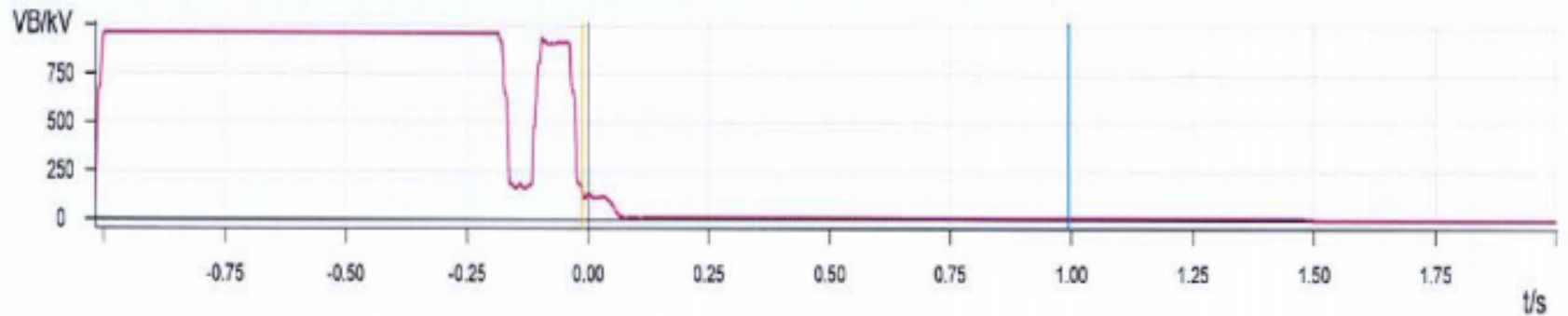
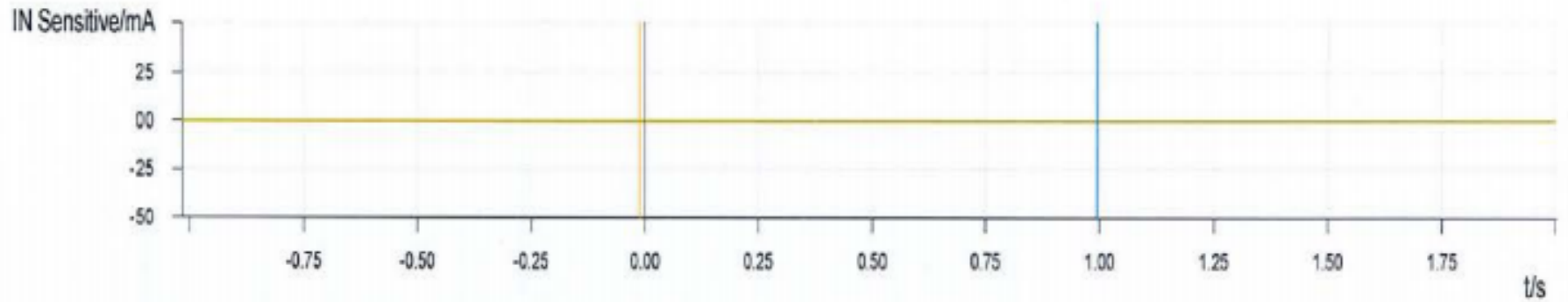
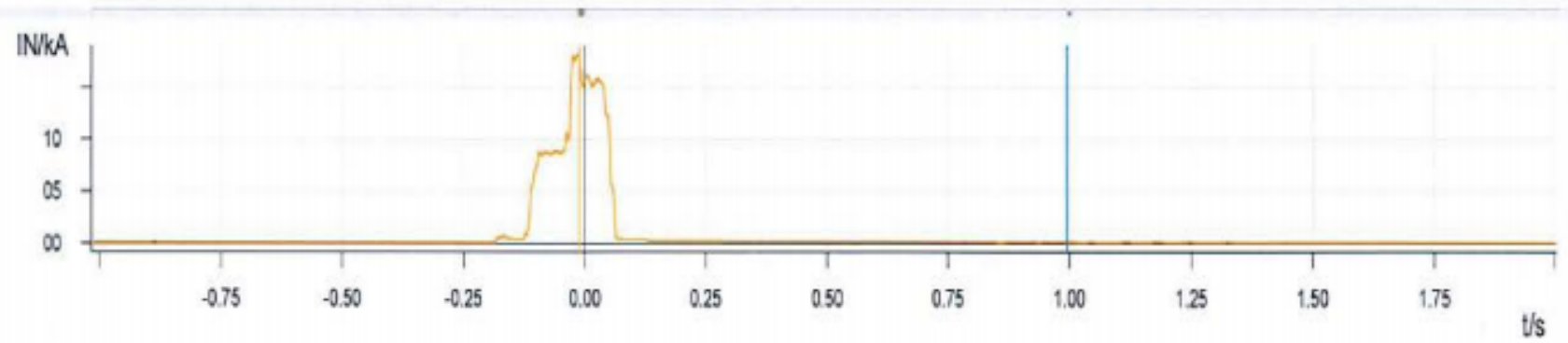


# Mesafe Koruma Rölesinden Alınan Veriler

MAHMUTLAR TM

- 3 -

05.01.2019 / 11:54:40.926



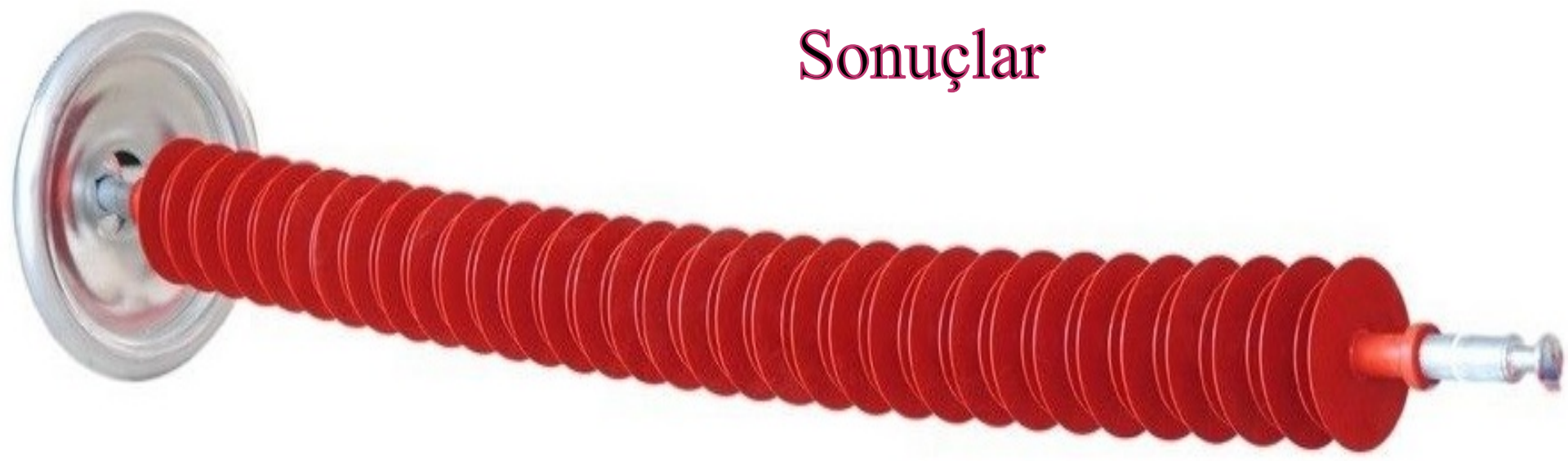
# Sonuçlar



154kV E.İ.Hatlarında yıldırım kaynaklı arızaların önüne geçmek için, minimum topraklama direncinin 1606mm izolatör kullanılan hatların tamamında en az 18  $\Omega$  ve altındaki değerlerde tutulması gerektiği ortaya çıkmıştır.



# Sonuçlar



- 1460mm boyundaki izolatörler sistemden çıkartılmalı ya da ilave izolatör baklası eklenerek boyları uzatılmalıdır.
- Toprak direncinin mevsimsel olarak değişme aralığının fazla olduğu yerlerde düzenli topraklama ölçümleri yapılmalı.
- İzolatörlerin yeteri kadar uzatılamaması halinde bir üst gerilim seviyesinde direkler kullanılmalıdır.
- İzolatör uzatma literatürümüzde bulunan direk modelleriyle kısıtlıdır. Sebebi iletkenin direk gövdesine atlama mesafelerinin delinmesidir. Direk modellerinin çeşitlendirilmesi gerekir. 230kV gerilime uygun direkler sisteme eklenmelidir.

# Sonuçlar

Bir yıllık topraklama ölçümleri yapılmalı. Özellikle mevsim geçişlerindeki ölçümleri çok önemli





# Sonuçlar

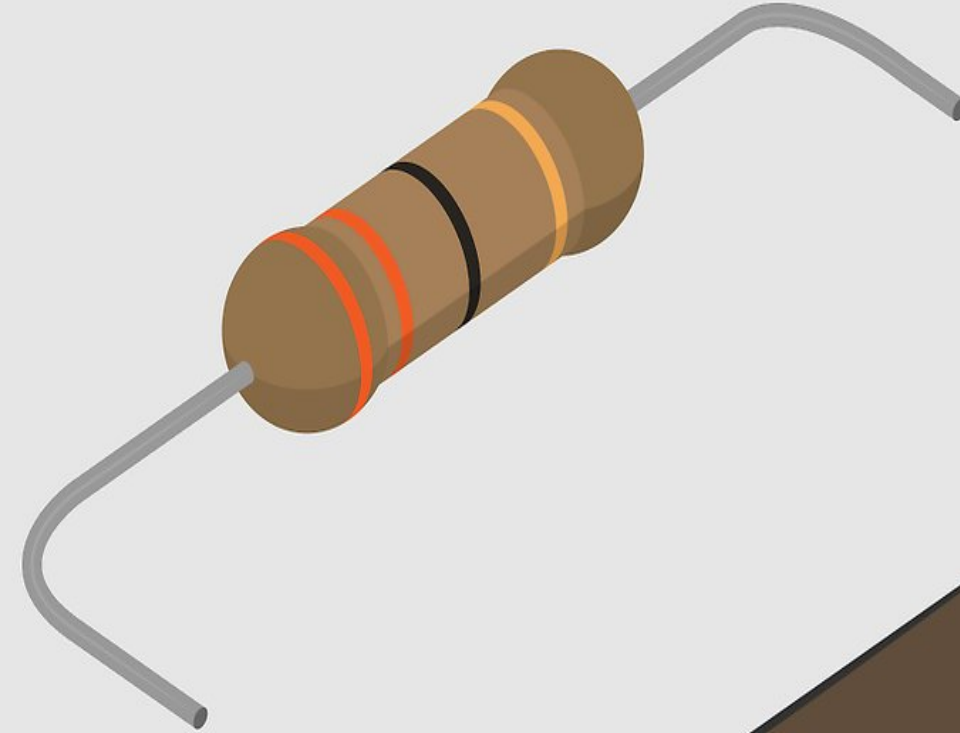
Koruma teli, Opgw, Topraklama kazığı klemensleri, Topraklama iletkeni direk bağlantısı noktaları incelenmeli. Toprak direnci  $0\Omega$  bile olsa direk gövdesinden kaynaklı dirençler yüksek. 10 yıl ve üzeri olan direklerde galvaniz vb. yıpranma kaynaklı oluşacak dirençlerin ölçülmesi ve revizyona gidilmesi gerekiyor.



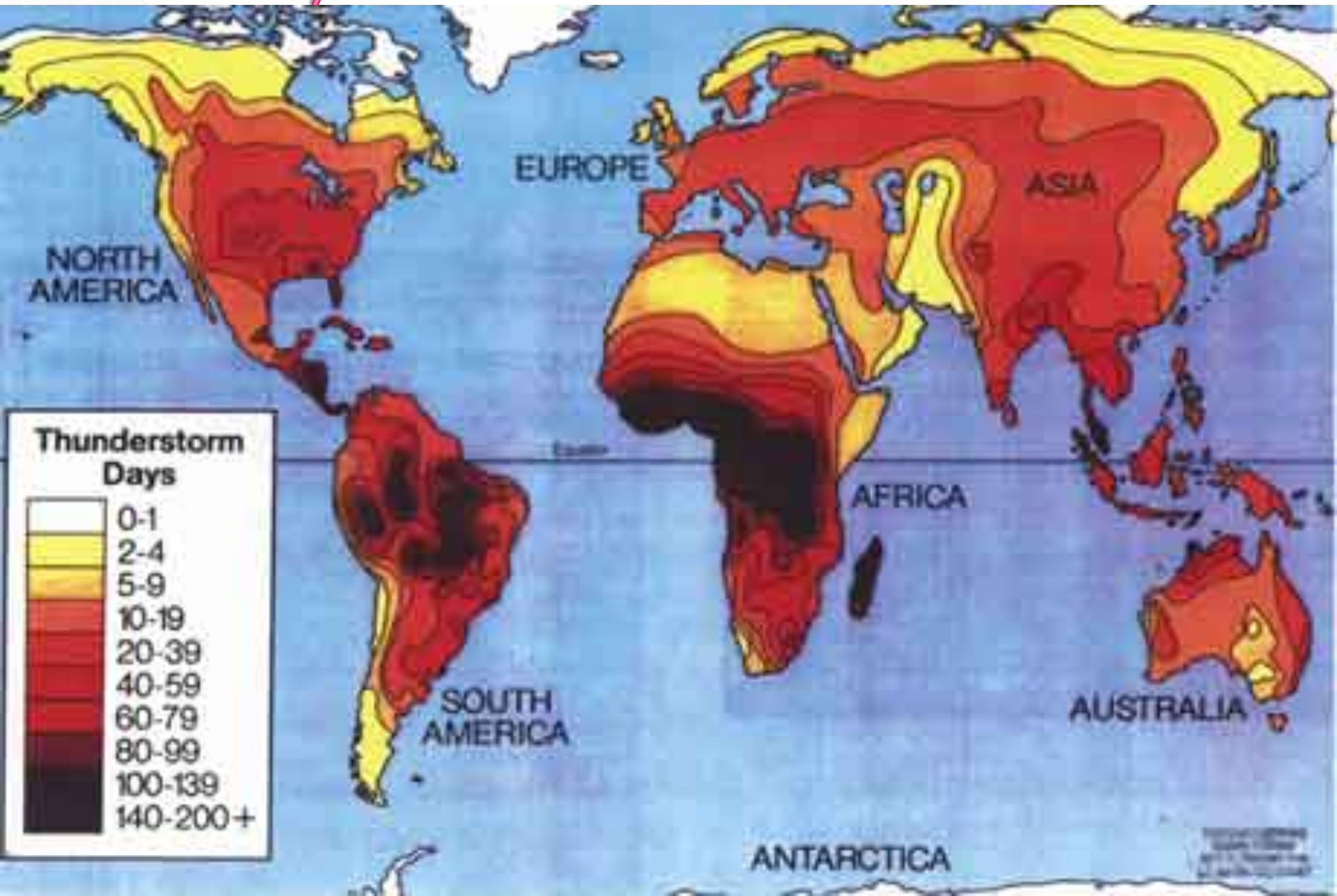


# Sonuçlar

Çıkan sonuçlara göre topraklama direncinin tüm sistem genelinde  $5\Omega$  altına alınması gerekmektedir.



# Dünya Yıldırım Haritası -1995





# Sonuçlar

İsokeraunik bazdaki haritaların literatürde herhangi bir fonksiyonunun kalmadığı gözlenmiş olup, tamamen sayısal ve koordinat bazlı yıldırım haritalarının ortaya çıkartılması gerekmektedir. TC. Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı ile Orman ve Su İşleri Bakanlığı beraber çalışarak ülkemize ait yıldırım haritalarının çıkartılması gerekmektedir.

**T.C.  
Orman ve Su İşleri  
Bakanlığı**



**T.C.  
ENERJİ VE  
TABİİ KAYNAKLAR  
BAKANLIĞI**





Dinlediğiniz için teşekkürler