

**T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS

**FARKLI KİMYASAL BİLEŞİKLERİN TOPRAKLAMA DİRENCİ
ÜZERİNE ETKİLERİ**

Mesut DAŞTAN

Danışman: Doç. Dr. Yunus AKALTUN

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**ERZİNCAN
2022
Her Hakkı Saklıdır.**

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI KİMYASAL BİLEŞİKLERİN TOPRAKLAMA DİRENCİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Mesut DAŞTAN

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Yunus AKALTUN

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte üretilen hassas cihazlar günlük yaşantımızın her alanında yerini almıştır. Maliyetleri yüksek olan bu cihazların oluşabilecek arıza akımlarından korunumunu ve oluşabilecek kaçak akımların insanlar için bir tehlike oluşturmamasını sağlamak artık zorunlu hale gelmiştir. İnsanı ve teçhizatı koruyabilmek için hata akımının mümkün olduğunca artırılması sağlanarak anahtarlama elemanlarının çalıştırılması sağlanır. Topraklayıcının türü, topraklama iletkeni, toprağın özgül direnci topraklama direncini oluşturan etkenlerdir. Eğer kullanılan malzemeler gerekli direnç değerini sağlayamıyorsa farklı kimyasallarla direnç değeri düşürülür. Yapılan bu çalışmada kimyasal direnç düşürmek için kullanılan dört farklı malzemenin farklı hava koşullarındaki topraklama direnç değerlerine olan etkisi incelenmiştir.

2022, 53 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Kimyasal, Topraklama, Topraklama Direnci.

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECTS OF DIFFERENT CHEMICAL COMPOUNDS ON GROUNDING RESISTANCE

Mesut DAŞTAN

Erzincan Binali Yıldırım University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical Electronics Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Yunus AKALTUN

Sensitive devices produced with the advancement of technology have taken their place in every aspect of our daily life. It has now become imperative to ensure that these devices, which have high costs, are protected from fault currents that may occur and that leakage currents that may occur do not pose a danger to people. In order to protect people and equipment, the fault current is increased as much as possible and the switching elements are operated. The type of grounder, grounding conductor, the specific resistance of the soil are the factors that make up the grounding resistance. If the materials used can not provide the required resistance value, the resistance value is reduced with different chemicals. In this study, the effect of four different materials used to reduce chemical resistance on the grounding resistance values in different weather conditions was investigated.

2022, 53 Pages

Keywords: Chemical, Grounding, Grounding Resistance

TEŐEKKÖR

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum bu alıŐma süresince her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen tez danıŐmanım Sayın Doç. Dr. Yunus AKALTUN' a, bilgilerinden faydalandığım Sayın Öğretim Görevlisi Umut Őükrü YAŐAR' a, yüksek lisans derslerinde bilgilerinden faydalandığım tüm hocalarıma içtenlikle teşekkür ederim.

Mesut DAŞTAN

Haziran, 2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. KURAMSAL TEMELLER.....	9
3.1. Genel Tanımlar	9
3.1.1. Elektrik kuvvetli akım tesisleri.....	9
3.1.2. Alçak gerilim (AG).....	9
3.1.3. Yüksek gerilim (YG)	9
3.1.4. Tehlikeli gerilim	9
3.1.5. Elektrik işletme elemanları	9
3.1.6. Sabit işletme elemanları.....	9
3.1.7. Aktif kısımlar.....	10
3.1.8. Açığıtaki iletken kısımlar.....	10
3.2. Topraklamaya İlişkin Tanımlar	10
3.2.1. Toprak.....	10
3.2.2. Referans toprak (nötr toprak).....	10
3.2.3. Topraklama iletkeni	10
3.2.4. Topraklama barası (topraklama birleştirme iletkeni)	10
3.2.5. Topraklama tesisi.....	11
3.2.6. Topraklamak	11
3.2.7. Topraklama	11
3.2.8. Topraklayıcı (topraklama elektrodu)	11
3.2.9. Topraklayıcı çeşitleri	11

3.2.10. Potansiyel düzenleyici topraklayıcı	14
3.2.11. Toprak özdirenci (r_E).....	14
3.2.12. Topraklayıcının veya topraklama tesisinin yayılma direnci (R_E).....	15
3.2.13. Topraklama direnci	15
3.2.14. Toplam topraklama direnci.....	16
3.2.15. Topraklayıcıdan akım geçmesi	16
3.2.16. Potansiyel dağılımı	16
3.2.17. İzin verilen gerilim kriterleri	17
3.3. Topraklama Çeşitleri	18
3.3.1. Koruma topraklaması.....	18
3.3.2. İşletme topraklaması	19
3.3.3. Yıldırım topraklaması	19
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
4.1. Materyal.....	21
4.1.1. Karbon siyahı.....	21
4.1.2. Melas.....	21
4.1.3. Patates nişastası	22
4.1.4. Rem direnç düşürücü	22
4.1.5. Tdm direnç düşürücü	22
4.1.6. Perlit.....	22
4.1.7. Galvanizli köşebent profil.....	22
4.2. Yöntem	23
4.2.1. Tek noktadan bağlı toprak elektrodundan toprak direnci ölçümü	23
4.2.2. Karbon siyahı topraklama direnci düşürücü elde edilmesi.....	25
4.2.3. Topraklama elektrodunun toprağa yerleştirilmesi	25
5. BULGULAR.....	30
5.1. Topraklama Direnç Değerleri.....	30
6. SONUÇLAR	48
KAYNAKLAR	50
EKLER.....	52

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1. Şerit topraklayıcı.....	12
Şekil 3.2. Çubuk topraklayıcı.....	13
Şekil 3.3. Toprak özgül direnci (r_E)nin fiziksel açıklamasını gösteren diyagram.....	14
Şekil 3.4. Potansiyel düzenleme elektrotları.....	16
Şekil 3.5. Topraklayıcı etrafındaki potansiyel dağılımı.....	17
Şekil 3.6. Bir toprak kısa devresinde meydana gelen potansiyel dağılımı ve bu alanda bulunan bir insanın maruz kaldığı adım gerilimi.....	17
Şekil 3.7. Koruma topraklaması.....	18
Şekil 3.8. Parafudr kesiti ve devreye bağlantısı.....	20
Şekil 4.1. Tek Noktadan Bağlı Toprak Elektrodundan Toprak Direnci Ölçümü.....	23
Şekil 4.2. Topraklama elektrodu etki alanı.....	24
Şekil 4.3. Kazık Ölçüm Metodu (62 % metodu).....	25
Şekil 4.4. Topraklayıcının toprağa yerleştirilmesi.....	26
Şekil 4.5. Topraklayıcının etrafına direnç düşürücünün kalıbının yerleştirilmesi.....	27
Şekil 4.6. Direnç düşürücü koyulduktan sonra çukurun kapatılması.....	28
Şekil 4.7. Karbon siyahı direnç düşürücünün konulması.....	29
Şekil 5.1. 6 Haziran değerleri.....	30
Şekil 5.2. 21 Haziran değerleri.....	31
Şekil 5.3. 2 Temmuz değerleri.....	31
Şekil 5.4. 17 Temmuz değerleri.....	32
Şekil 5.5. 30 Temmuz değerleri.....	33
Şekil 5.6. 15 Ağustos değerleri.....	33
Şekil 5.7. 30 Ağustos değerleri.....	34
Şekil 5.8. 15 Eylül değerleri.....	35
Şekil 5.9. 1 Ekim değerleri.....	35
Şekil 5.10. 16 Ekim değerleri.....	36
Şekil 5.11. 2 Kasım değerleri.....	37
Şekil 5.12. 18 Kasım değerleri.....	37
Şekil 5.13. 3 Aralık değerleri.....	38
Şekil 5.14. 18 Aralık değerleri.....	39
Şekil 5.15. 3 Ocak değerleri.....	39

Şekil 5.16. 3 Şubat değerleri	40
Şekil 5.17. 18 Şubat değerleri	41
Şekil 5.18. 5 Mart değerleri.....	41
Şekil 5.19. 21 Mart değerleri.....	42
Şekil 5.20. 6 Nisan değerleri	43
Şekil 5.21. 21 Nisan değerleri	43
Şekil 5.22. 6 Mayıs değerleri	44
Şekil 5.23. 21 Mayıs değerleri	45
Şekil 5.24. Perlit değerleri.....	45
Şekil 5.25. Tdm direnç düşürücü değerleri	46
Şekil 5.26. Rem direnç düşürücü değerleri	46
Şekil 5.27. Karbon siyahı	47

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

d	İletken Çapı
kV	Kilovolt
RO	İşletme Topraklaması
Rk	Şebeke hat direnci
Y	Transformatör yıldız noktası
ρ	Toprak direnci
L	Çubuk uzunluğu

Kısaltmalar

ENH	Enerji Nakil Hattı
m	metre
V	volt

1. GİRİŞ

Topraklama yapmak canlı hayatının ve elektrik dağıtımında kullanılan donanımın korunmasında kullanılan anahtarlama elemanlarının görevini yapabilmesi için çok önemlidir. Topraklama direnç değeri düşürüldüğü zaman anahtarlama yapmak için kullandığımız kesici, sigorta vb. elemanlar görevlerini yerine getirebilmektedir. Bunun aksi durumunda kullanılan anahtarlama elemanını çalıştıracak olan hata akımı meydana gelmemektedir. Gerekli hata akımı elde edilemediğinde anahtarlama elemanı ne kadar kaliteli olsa da koruma görevini yerine getirememektedir. Topraklama direnç değerlerini düşürmenin farklı yöntemleri vardır. Bu yöntemlerden en iyi sonuçları veren yöntem olarak topraklayıcıya paralel topraklayıcı bağlanmasıdır. Bu yöntem uygulanarak topraklama direnci arzu edilen değerlere eriştirilebilmektedir. Fakat bazı toprak yapılarında paralel topraklayıcı bağlantısı yapma yöntemini uygulamak zor olduğu için farklı metotlar uygulanmaktadır. Bu metotlardan bir tanesi de topraklayıcı çevresine direnç düşürücü kimyasal malzeme koymaktır.

Bu çalışmamızda topraklama direnç değerinin azaltılması için kullanılan kimyasal malzemelerin etkisi gözlemlendi. Kullanılan kimyasalın gösterdiği değişim 1 yıllık süreçte incelendi. Belirli dönemlerde topraklama direnç ölçümü yapıldı. Soğuk hava şartlarında karşılaştığımız sonuçlar, sıcak hava şartlarında karşılaştığımız sonuçlar, ılıman hava şartlarında karşılaştığımız sonuçların tespiti yapıldı.

Son dönemlerde elektrik dağıtım sektöründe en çok kullanılan kimyasallar; metalürjik kok kömürü, tuz, gem tozu kimyasallarıdır. Bunlara ilave olarak topraklama direncini azaltan sodyum klorür, kalsiyum klorür, bakır sülfat, magnezyum sülfat, potasyum nitrat ve karbon siyahı gibi kimyasallar malzemeler de vardır. Bu çalışmada kullanılan kimyasal malzemelerin ikisi elektrik dağıtım sektöründe uygulanan kimyasallardan rem direnç düşürücüve tdm direnç düşürücü, ikisi ise topraklama direncini düşürmede etkisi denenmemiş olan perlit ve karbon siyahıdır. Kullanılan kimyasalların topraklayıcı üzerinde nasıl sonuçlar oluşturduğu tespit edildi. Topraklayıcı etrafına konulan kimyasalların iletken topraklayıcılar üzerinde korozyon oluşturup oluşturmadığı ve oluşturursa ne kadarlık bir deformasyona sebep olacağı gözlemlendi.

Elektrik dağıtım tesisleri kurulurken direk topraklamalarında genellikle galvaniz çelik topraklayıcı kullanılmaktadır. Zamanla galvaniz çeliklerin direnç değerlerinde

değişiklikler yaşanabilmektedir. Kullanmış olduğumuz malzemelerin bu galvaniz çelik topraklayıcı üzerindeki etkileri de gözlemlenmiş oldu. Kullandığımız dört farklı kimyasalın her birini kıyaslanabilmesini sağlamak amacıyla referans toprak direnci oluşturmak gerekmektedir. Bu referans değeri oluşturmak için kimyasal malzeme kullanmadan toprağa topraklama kazığı yerleştirildi.

Yapılan bir yıllık ölçüm sonucunda topraklama direnç düşürücü kimyasal malzemelerimizin kıyaslanması sağlandı. Referans topraklama direnç değerine göre kullanılan malzemelerin ortalama olarak gösterdiği etki gözlemlendi.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Androvitsaneas vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada üç ayrı topraklama düzeneği kurulmuştur. Birinci düzenekte topraklama elektrodunun çevresi doğal toprak ile doldurulmuştur, ikinci düzenekte elektrodun çevresi beton ile ve üçüncü düzenekte de elektrodun çevresi bulamaç bentonit ile doldurulmuştur. Düzeneğin kurulduğu yerde toprağın özgül direnci Wenner metoduyla havanın durumuna bağlı olarak 170 ohm m ile 400 ohm m arasında ölçülmüştür. HILO-TEST/EMC-2004 yıldırım akımı simülasyon aleti kullanılarak bu topraklama elektrotlarına yıldırım gerilimi uygulanmıştır. Ölçümler 1, 2, 4, 6 ve 8 metre derinliklerinde ölçümler yapılarak toprağın farklı tabakalarındaki toprak geçiş direnci değerleri gözlenmiştir. Yapılan bu çalışmada temmuz ayında uygulanan 3 – 11 kV yıldırım darbe gerilimine karşı doğal elektrotlu çubuğun topraklama direnci 390 ile 490 ohm arasındadır. Etrafı bentonit bulamaçlı olan elektrodun topraklama direnci 210 ile 180 ohm arasındadır. Etrafı betonlu olan elektrodun topraklama direnci 170 ile 130 ohm değerleri arasında olduğu gözlemlenmiştir. Kasım ayında da bu topraklama değerlerinde azalma olmuş ve etrafı doğal toprak olan elektrodun topraklama direncinin 260 ile 210 ohm arasında olduğu, etrafı bentonit bulamaçlı olan elektrodun topraklama direnci 130 ile 90 ohm arasında, etrafı beton olan elektrodun topraklama direncinin 130 ile 110 ohm değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir.

Khan vd. (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada üç ayrı topraklama düzeneği kurulmuştur. Birinci düzenekte topraklama elektrodunun çevresi doğal toprak ile doldurmuştur. İkinci düzenekte elektrodun uzunluğu kadar elektrodun çevresi belirli bir kalınlıkta toprak direnç düşürücü kimyasal malzeme ile doldurmuştur. Üçüncü düzenekte ise elektrodun uzunluğu kadar olmayıp alt bölümünden belirli bir seviyeye kadar olan kısmı daha geniş kalınlıkta toprak direnç düşürücü kimyasal kullanarak doldurmuştur. Birinci düzenekte elde edilen toprak geçiş direnci değeri, kimyasal malzeme kullanılan ikinci ve üçüncü düzenekler için referans oluşturmuştur. 1,2; 2,4 ve 3,6 metre boya sahip topraklama elektrotlarının testleri ayrı ayrı yapılmıştır. 2,4 metre uzunluğundaki elektrodun en ekonomik topraklama elektrodu uzunluğu olduğu tespit edilmiştir. Kimyasalların kullanıldığı düzeneklerde toprak geçiş direncinin doldurulan kimyasalın belli bir miktarına kadar artırımı ile direnç değerinin azaldığı ve sınır

değerinden sonra doldurulan kimyasalın kalınlığının topraklama direnç değerini değiştirmedeği gözlemlenmiştir.

Androvitsaneas vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada altı ayrı topraklama düzeneği üniversite yerleşkesine kurulmuş ve bu oluşturulan düzenekler bakır topraklama elektrotlarını beş farklı yardımcı kimyasal madde ile ve bir de doğal toprak ile çevreleyerek oluşturulan düzeneklerdir. Birinci sistemde doğal toprak, ikinci sistemde bentonit üçüncü sistemde iletken beton ve diğer üç sistemde de 3 ayrı kimyasal madde kullanılmıştır. Bu düzeneklere etki eden yağmur miktarı da her 10 dakikada sensörler aracılığıyla kayıt altına alınmıştır. Yağış miktarının bol olduğu mevsimde toprak nemli iken yardımcı kimyasal maddeler içeren sistemlerin topraklama direncinin bir miktar daha düşük olduğu gözlemlenmişken kurak mevsimde topraktaki nemi doğal toprağa göre daha iyi tuttukları için diğer beş farklı kimyasalın topraklama dirençleri düşük ölçülmüştür. Fakat zamanın ilerlemesiyle birlikte yerleştirilen üç farklı kimyasal maddenin istikrar gösteremediği ve avantajlı durumunun dezavantajlı hale geldiği ve yaygın şekilde kullanılan bentonit ve iletken beton maddelerinin daha istikrarlı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Galvan vd. (2009) tarafından gerçekleştirilen çalışmalar laboratuvar ve saha çalışmaları halinde olmak üzere iki kısımda yapılmıştır. Laboratuvarda kısa zamanda yapılan mekaniksel, elektriksel, korozyonel ve kimyasal çalışma ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yedi ayrı kimyasal madde kullanılmış ve bu kullanılan kimyasal maddelerin mekaniksel dayanıklılığı, korozyon oluşturma durumu ve iletkenliği laboratuvar ortamında tespit edilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda bu yedi ayrı kimyasaldan mekanik dayanıklılığı en yüksek olan ve elektriksel iletkenliği en yüksek olan maddeler saptanmıştır. Buna ilaveten bu maddelerin zamana bağlı değişimleri de gözlemlenmiştir.

Galvan vd. (2010) tarafından gerçekleştirilen başka bir çalışmada altı farklı topraklama direnç düşürücü malzemeler saha şartlarında değerlendirilmiştir. Bu malzemelerden ilki volkanik kayalık toprakta ikincisi ise kireçli kayalık toprakta olmak üzere iki deney alanı kurulmuştur. Topraklama elektrodunda kullanılan malzemenin direncinin çeşitliliğinin verilerine ulaşmak amacıyla deneyler farklı derinliklerde gerçekleştirilmiştir. Farklı toprak durumlarında topraklama direnç düşürücü malzemelerin sağladığı katkıyı tespit edebilmek için toprak öz direnç-direnç ilişkisi değerlendirilmiştir. 1-5 kimyasal tozlu bileşiklerdir ve 6. iletken betondur. 1, 3, 4, 6

numaralı malzemeler sert malzemelerdir. 2 ve 5 numaralı yumuşak malzemeler zamanla özdirençlerinde büyük artışlar gösterir, bu görülen durum topraklama elektrotları için dezavantaj olabilir. 1, 3, 4 numaralı sert malzemelerin özdirençleri ise istikrarlıdır ve bu malzemeler arasında özdirenci zamanla en çok artan malzeme 4 numaralı malzemedir.

Jasni vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada beş ayrı topraklama düzeneği kurulmuş ve bu 5 ayrı düzeneden 138 gün süresince ölçümler alınmıştır. Bu beş farklı düzeneklerin hepsinde 1,5 metre boyunda 1,5 cm çapında olan topraklama elektrodu kullanılmış ve bu elektrotların çevresi ayrı şekilde doğal toprak, kokopit, bentonit, killi toprak ve çeltik tozu ile doldurulmuştur. Havanın yağmurlu olduğu durum ile havanın yağmursuz olduğu durumların sonucu ıslak ve kuru zeminde ölçümler günü 3 e bölerek yapılmıştır. Gerçekleştirilen ölçümlerde tüm eklenen maddelerin topraklama direnci ölçümlerinin doğal toprağa göre daha iyi sonuçlar verdiğini fakat kokopit malzemesinin kuru havalardaki topraklama geçiş direnci değerinin doğal toprak geçiş direnci değerinden daha fazla olabildiği tespit edilmiştir. Bu beş farklı malzeme içerisinde topraklama direncini düşüren en iyi malzemenin killi toprak olduğu saptanmıştır.

Wan Ahmad vd. (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada altı farklı düzenek kurulmuş ve hepsinde 300 ohm direnç değerine sahip topraklama elektrodu kullanılmıştır. Kimyasal direnç düşürücü malzeme olarak amonyum klorür, bakır sülfat, sodyum klorür, sodyum tiyosülfat, magnezyum klorür kullanılmış ve referans olması içinde doğal topraklı düzenek de kurulmuştur. Tüm düzenekler kurulduktan sonra yapılan ölçümlerde ilk 12 günlük süreçte ölçülen topraklama direnç değerlerinde azalmalar ve salınımlar sonrası sabitleşme görülmüş ve sodyum klorür, sodyum tiyosülfat, magnezyum klorür kimyasallarının kullanıldığı düzeneklerde topraklama direncinin doğal topraklama direncine göre daha düşük olduğu görülmüştür. 141 günlük ölçümleri sonunda kullanılan malzemeler arasında en iyi ölçüm değerleri veren kimyasalın sodyum klorür olduğu tespit edilmiştir.

Eduful vd. (2009) tarafından gerçekleştirilen çalışmada üç farklı sistem kurulmuştur. Her sistemde farklı boyutlarda topraklama elektrodu kullanarak hepsi palm çekirdek yağı organik maddesi ile doldurmuştur. 6 yıl süren ölçümlerin sonucunda elde ettiği veriler palm çekirdek yağı maddesinin nemi kendi miktarının 2,5 katı oranında tuttuğunu ve topraklama direncini uzun süreçte çok iyi oranda düşürdüğünü tespit etmiştir.

Nor vd. (2006) 2006 yılına kadar kimyasal maddelerin iletkenliği ile ilgili olan yalnızca bir bilimsel çalışma gerçekleştirildiğini görüp sık kullanılan malzemelerden sodyum klorür ve bakır sülfat maddesinin iletkenliği hakkında çalışma gerçekleştirmiştir. Oluşturacağı düzeneklerde kullanmak amacıyla kendi devresini kurarak yüksek gerilim ve akım üretebilen bir alet tasarlamıştır. Tasarladığı bu alet ile düzeneklerine akım uygulayarak sodyum klorür ve bakır sülfat maddelerinin iletkenliğini test etmiştir. Bu çalışmasının sonucunda sodyum klorür maddesinin iletkenliğinin bakır sülfat maddesinin iletkenliğinden daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca sodyum klorürün %5 ıslatılmış kum içerisine %2,5 oranında konulduğunda en iyi sonuçları vermiş olduğu grlmştir.

Yamane vd. (1990) tarafından gerçekleştirilen çalışmada su emici polimerin topraklama direnci dşrm etkisi üzerine araştırma yapılmıştır. Islak ve kuru zeminlerde gerçekleştirilen çalışmalarda su emici polimer kıyaslandığı malzeme bentonittir, su emici polimerin bentonite göre 1/160 oranında miktarda kullanılarak topraklama direncini düşürdüğü ve topraklama elektrodu üzerindeki korozyonu 1 e 10 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda su emici polimer malzemesinin çok yaygın olarak kullanılan bentonit malzemesinin yerine alternatif bir ürün olabileceği tespit edilmiştir.

Tu vd. (2006) tarafından gerçekleştirilen çalışmada yüksek gerilim iletim hatlarında oluşan arızaların sebebinin %40 ile %70 arasındaki kısmının yıldırım düşmelerinden kaynaklandığı ve bundan ötürü iletim hatlarındaki direklerin topraklama değerlerinin iyileştirilmesi gerektiği sonucuna varmıştır. Youping yaptığı çalışmada direnç düşürücü malzeme olarak bentoniti kullanmış. Yaptığı bu çalışmada direnç düşürücü malzeme kullandığı düzeneğin topraklama direncini %25 ile %45 arasında düşürdüğünü ve kullanılması gereken topraklama çubuğunun boyutunu da %10 ile %20 oranında düşürdüğünü tespit etmiştir.

Laverde vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada laboratuvar ortamında farklı seviyelerde yüksek gerilim uygulanabilecek bir düzen kurulmuş ve bu üretilen yüksek gerilim aynı boyutlardaki topraklama elektrotlarına uygulanmıştır. Kurulan düzeneklerin ilkinde topraklama elektrodunun etrafı kum ile ikincisinin etrafı imento ile ve ncsnn etrafı bentonit ile kaplanarak topraklama elektrotlarına artırılarak yüksek gerilim uygulanmıştır. Etrafı kum ile doldurulan topraklama elektrotunda 10.5

kV ta, etrafı çimento ile doldurulan elektrotta 44,8 kV ta ve etrafı bentonit ile doldurulan topraklama elektrotunda ise 5,8 kV ta atlama gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda direnç düşürücü malzeme olan bentonitin iletkenliğinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir ve daha düşük gerilim değerinde breakdown olayının gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ayrıca bentonitin topraklama elektrodu üzerindeki korozyonunun daha az olduğu ve topraklama elektrodunun verimliliğinin daha uzun olmasına olanak sağladığı gözlemlenmiştir.

Hu vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada topraklama direnci düşüren kimyasal madde ile doğal toprağın kıyaslaması gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda uygulanan gerilim ve ölçülen akım değerlerinin yardımıyla doğal toprağın direnci 2,67 ohm ve kimyasallı düzeneğin direnci 1,49 ohm olarak ölçülmüş. Kullanılan direnç düşürücü malzemenin doğal toprağa göre daha avantajlı olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca yapılan çalışmalar topraklama elektrodunun etrafına doldurulacak olan malzemenin ince granüllü ve nemi iyi tutan madde olması gerektiği tespit edilmiştir.

Falerio vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada iki farklı ölçüm düzeneği kurulmuştur. İlk düzenekte toprağa gömülü 9 mm yarıçapa sahip silindirik topraklayıcının etrafında oluşan oksitlenme miktarına göre topraklama direncindeki değişiklikler gözlemlenmiştir. 1 mm den 8 mm ye kadar oluşan oksit kalınlıklarında değerler alınmıştır. Oksitlenen kısım kalınlaştıkça topraklama elektrodunun metal yarıçapı küçülmektedir. Elde edilen grafikte oksitlenme arttıkça topraklama direnci büyüyerek sonsuza giden bir eğri oluşturmuştur. İkinci düzenekte ise 9 mm yarıçapa sahip elektrodun etrafına kimyasal malzeme eklenmiştir. Bu düzenekte elektrotun metal yarıçapında bir değişiklik olmamaktadır. Eklenen kimyasal kalınlığı 2 mm den 2 cm değerlerine kadardır. Burada elde edilen grafikte eklenen kimyasal ile topraklama direncinin düştüğü gözlemlenmiştir. Bu düşüş başlangıçta hızlı yaşanırken eklenen malzeme kalınlaştıkça düşüş eğrisi sabitleşme eğilimi göstermiştir. Yani belli bir değerden sonra eklenen kimyasal topraklama direncinde büyük değişiklikler sağlamamıştır.

Camara (2020) yılında yapılan çalışmada doğal toprak direnç düşürücü materyal olarak taze palm yağı meyvesi ve hindistan cevizi karışımı kullanılmıştır. Bu malzemenin bentonit ve doğal toprak ile karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırma 856V, 1054V, 1465V, 2050V, 2670V, 2900V, 3760V gerilim değerlerinde ve %68, %70, %72, %75,

%76 nem oranlarında yapılmıştır. Kullanılan elektrot 80 cm uzunluğundadır. Elektrotun 50 cm lik kısmı toprağa gömülüdür. Elde edilen verilerde düşük nem değerlerinde ve düşük gerilimde direnç düşürücü olarak oluşturulan materyal bentonite göre daha iyi direnç düşürme etkisi göstermiştir. Fakat bentonit yüksek nem değerlerinde oluşturulan materyale göre daha iyi sonuçlar vermiştir.



3. KURAMSAL TEMELLER

3.1. Genel Tanımlar

3.1.1. Elektrik kuvvetli akım tesisleri

İnsanlar, diğer canlılar ve nesnelere için bazı hallerde (yaklaşma, dokunma vb.) tehlikeli olabilen ve elektrik enerjisinin üretilmesini, özelliğinin değiştirilmesini, biriktirilmesini, iletilmesini, dağıtılmasını ve mekanik enerjiye, ışığa, kimyasal enerjiye vb. enerjilere dönüşümüyle kullanılır hale gelmesini sağlayan tesislerdir.

3.1.2. Alçak gerilim (AG)

1000 volt veya 1000 voltun altında etkin gerilim değerine sahip olan fazlar arası gerilimdir.

3.1.3. Yüksek gerilim (YG)

1000 volt ve üzerinde etkin gerilime değerine sahip olan fazlar arası gerilimdir.

3.1.4. Tehlikeli gerilim

Yüksek gerilimde hatanın süresine bağlı olan, alçak gerilimde ise etkin değeri 50 voltun üzerinde olan gerilimdir.

3.1.5. Elektrik işletme elemanları

Elektrik enerjisinin üretimi, dönüştürülmesi, iletimi, dağıtımı ve kullanılma amacına hizmet eden (örneğin makineler, transformatörler, bağlama cihazları, ölçü aletleri, koruma düzenleri, kablolar ve hatlar ile tüketici cihazları gibi) tüm elemanlardır.

3.1.6. Sabit işletme elemanları

Yapıları ya da mekaniksel dayanımları açısından, işletme sırasında kuruldukları yere bağlanan aletlerdir. Bu tanıma, işletme açısından sabit oldukları halde, örneğin bağlantılarının yapılabilmesi veya temizlenmeleri için sınırlı hareket ettirilebilen işletme elemanları da dahildir.

3.1.7. Aktif kısımlar

Elektrik işletme elemanlarının, normal işletme koşullarında gerilim altında bulunan iletkenleri (nötr iletkeni dahil, ancak PEN iletkeni hariç) ve iletken bölümleridir.

Orta iletkenler de aktif kısımlardır; ama koruma iletkenleri ve bunlara iletken olarak bağlı bölümler aktif kısım sayılmaz.

3.1.8. Açıktaki iletken kısımlar

Elektrik işletme elemanlarının her an dokunulabilen, aktif kısım olmayan, fakat bir arıza meydana geldiğinde gerilime maruz kalabilen (gövde gibi) iletken kısımlardır.

3.2. Topraklamaya İlişkin Tanımlar

3.2.1. Toprak

Elektrik potansiyelinin her noktada sıfır olduğu yeryüzünün yer ve madde olarak ifadesidir.

3.2.2. Referans toprak (nötr toprak)

Topraklayıcıdan yeteri kadar uzakta bulunan ve topraklama tesisinin etki alanı dışında kalan yeryüzü kısmıdır. Bu kısımdaki herhangi iki nokta arasında, topraklama akımının sebep olduğu gerilim değeri ihmal edilecek kadar küçüktür.

3.2.3. Topraklama iletkeni

Topraklanacak bir cihazı veya tesis kısmını, bir topraklayıcıya bağlayan toprağın dışında veya yalıtılmış şekilde toprağın içinde döşenmiş bir iletkenidir.

3.2.4. Topraklama barası (topraklama birleştirme iletkeni)

Birden daha fazla topraklama iletkeninin bağlandığı topraklama barasıdır (iletkenidir).

Aşağıdaki iletkenler topraklama barası sayılmaz:

Üç fazlı sistemlerde (üç ölçü transformatörü, üç kablo başlığı, üç mesnet izolatörü vb.) her bir cihazın topraklanacak kısımlarını birleştiren topraklama iletkenleri.

Hücre biçimindeki tesislerde, bir hücrenin cihazlarının topraklanacak bölümlerini birleştiren ve hücre içinde kesintisiz olarak döşenmiş olan bir topraklama barasına bağlı olan topraklama iletkenleri.

3.2.5. Topraklama tesisi

Birbirlerine iletken olarak bağlanan ve sınırlı bir alan içinde bulunan topraklayıcılar ya da aynı görevi yapan (boyasız direk ayakları, zırhlar ve metal kablo kılıfları gibi) metal parçalar ve topraklama iletkenlerinin tamamıdır.

3.2.6. Topraklamak

Elektriksel olarak iletken bir parçayı bir topraklama tesisi üzerinden toprağa bağlamaktır.

3.2.7. Topraklama

Topraklamak için kullanılan araç, düzen ve yöntemlerin tamamıdır.

3.2.8. Topraklayıcı (topraklama elektrodu)

Toprağa gömülü halde ve toprakla iletken bir bağlantısı olan veya beton içine gömülmüş, geniş yüzeye sahip bağlantısı olan iletken parçalardır (EMO, 2001).

3.2.9. Topraklayıcı çeşitleri

3.2.9.1. Konuma göre topraklayıcılar

Yüzeysel topraklayıcı

Yaygın olarak 0,5 - 1 metre arasında bir derinliğe yerleştirilen topraklayıcıdır. Galvanizli şerit veya yuvarlak ya da örgülü iletken yapılabilmektedir. Bunlar yıldız, halka, gözlü topraklayıcı ya da bu topraklayıcıların karışımı olabilmektedir.

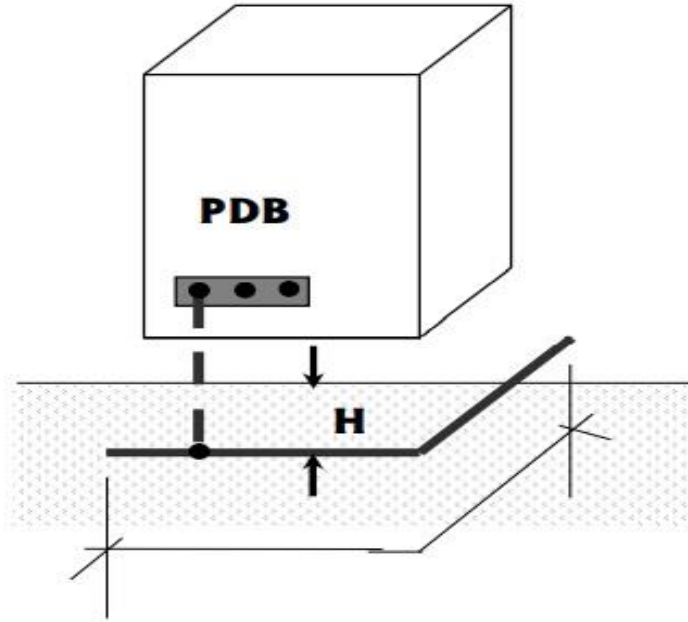
Derin topraklayıcı

Genellikle düşey şekilde 1 m'den daha derine konumlandırılan topraklayıcıdır. Yuvarlak çubuk, galvanizli boru ya da bunlara benzer profil malzemelerden yapılabilmektedir.

3.2.9.2. Biçim ve profile göre topraklayıcılar

Serit topraklayıcı

0,5 ile 1 metre arasında derinliğe yerleştirilen topraklayıcı türü Şekil 3.1'de verilmiştir. Bu topraklayıcı yerleştirilirken yeryüzüne paralel şekilde yerleştirilmelidir. Bu topraklayıcı yüzeysel topraklayıcı olarak da adlandırılır. Şerit topraklayıcılar gözlü, halka, yıldız veya bunların birleşimi şeklinde yapılır.



Şekil 3.1. Şerit Topraklayıcı (Üresin, 2010)

Boru ve profil topraklayıcı

Boru ve profil biçimindeki iletken malzeme ile oluşturulan topraklayıcı türü Şekil 3.2'de verilmiştir. Bu topraklayıcılar toprağa olabildiğince dik olarak çakılmalıdır. Üst bölümü 0,5 m nin altında olacak şekilde yerleştirilmelidir. Boru ve profil topraklayıcılarda topraklayıcının çapının yayılma direnci üzerindeki etkisi oldukça

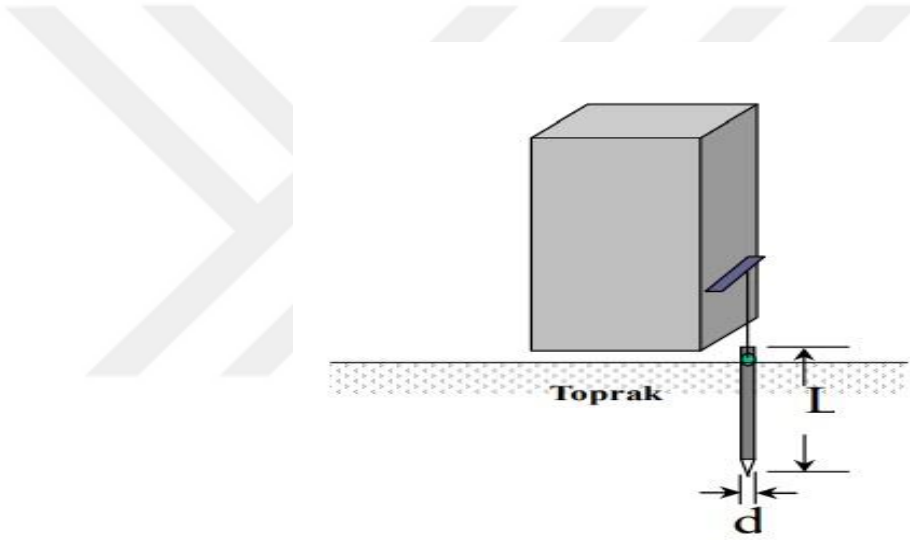
azdır; bu yüzden profilin kesiti veya borunun çapı korozyon ve mekanik dayanım özelliklerine göre belirlenir.

$$R = \frac{\rho}{2\pi C} \quad (3.1)$$

R Ω cinsinden direnç değeri iken ρ Ωm cinsinden toprak direncidir. C farad açısından tek çubuğun elektrostatik kapasitansıdır (Aydıner, 2009).

$$C = \frac{13.25L}{1.55 + \log \frac{L}{d}} \quad (3.2)$$

$$R = \frac{100\rho}{2\pi L} \times \ln \frac{8L}{d} - 1 \quad (3.3)$$



Şekil 3.2. Çubuk Topraklayıcı (Üresin, 2010)

Örgülü iletken topraklayıcı

Örgülü iletken malzemeyle oluşturulan topraklayıcı türüdür. Örgülü iletkeni oluşturan teller ince olmamalıdır.

Doğal topraklayıcı

Ana amacı topraklama olmayan, ama topraklayıcı olarak etkili olan, toprakla veya suyla doğrudan doğruya veya beton üzerinden temasta bulunan yapıların çelik olan kısımları, boru tesisatları, temel kazıkları gibi metal parçalardır.

Cıplak topraklayıcı bağlantı iletkeni

Bir topraklayıcıya bağlanan çıplak topraklama iletkeninin toprak içinde kalan kısmı, topraklayıcının bir parçası sayılır.

Temel topraklayıcı (temel içine yerleştirilmiş topraklayıcı)

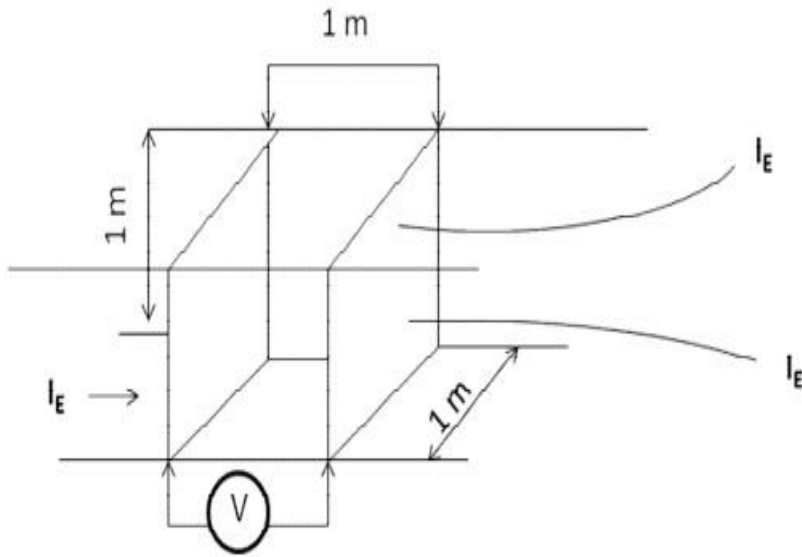
Beton içine gömülü, toprakla (beton üzerinden) geniş yüzeyli olarak temasta bulunan iletkenidir.

3.2.10. Potansiyel düzenleyici topraklayıcı

Belirli bir yayılma direncinin sağlanmasından çok, potansiyel dağılımının düzenlenmesine yarayan topraklayıcıdır.

3.2.11. Toprak öz direnci (r_E)

Toprağın elektriksel öz direncidir. Bu direnç, genellikle $W \text{ m}^2/\text{m}$ ya da $W \text{ m}$ olarak verilir. Bu direnç, kenar uzunluğu 1 m olan toprak bir küpün karşılıklı halde olan iki yüzeyi arasındaki dirençtir. Fiziksel açıklama diyagram Şekil 3.3' te verilmiştir (Üresin, 2010).



Şekil 3.3. Toprak özgül direncinin fiziksel açıklamasını gösteren diyagram (Üresin, 2010)

3.2.12. Topraklayıcının veya topraklama tesisinin yayılma direnci (R_E)

Bir topraklayıcı ya da topraklama tesisi ile referans toprağı arasındaki toprağın direncidir. Bu direnç değeri toprak özgül direncine, topraklayıcının boyutuna ve düzenlenme şekline bağlıdır.

ρ_E : Toprak özgül direnci (W. m)

l : Çubuğun uzunluğu (m)

d : Çubuğun çapı (m)

Çubuk topraklayıcı için yayılma direnci

$$R_E = (\rho_E / 2 \cdot \pi \cdot l) \ln(4l / d) \quad (3.4)$$

l Şerit veya halka topraklayıcının boyu (m)

$D = l / \pi$ halka topraklayıcının çapı (m)

d İletkenin kalınlığı ya da şerit kalınlığının yarısı (m)

Şerit topraklayıcı yayılma direnci

$$R_E = (\rho_E / \pi \cdot l) \ln(2l / d) \quad (3.5)$$

Halka topraklayıcı yayılma direnci

$$R_E = (\rho_E / \pi \cdot 2 \cdot D) \ln(2\pi D / d) \quad (3.6)$$

D Gözlü topraklayıcının alanına eşdeğer alanlı daire çapı (m)

Gözlü topraklayıcı yayılma direnci

$$R_E = (\rho_E / 2D) + \rho_E / l \quad (3.7)$$

yaklaşık ifadeleri ile bulunur (İlisu, 2005).

3.2.13. Topraklama direnci

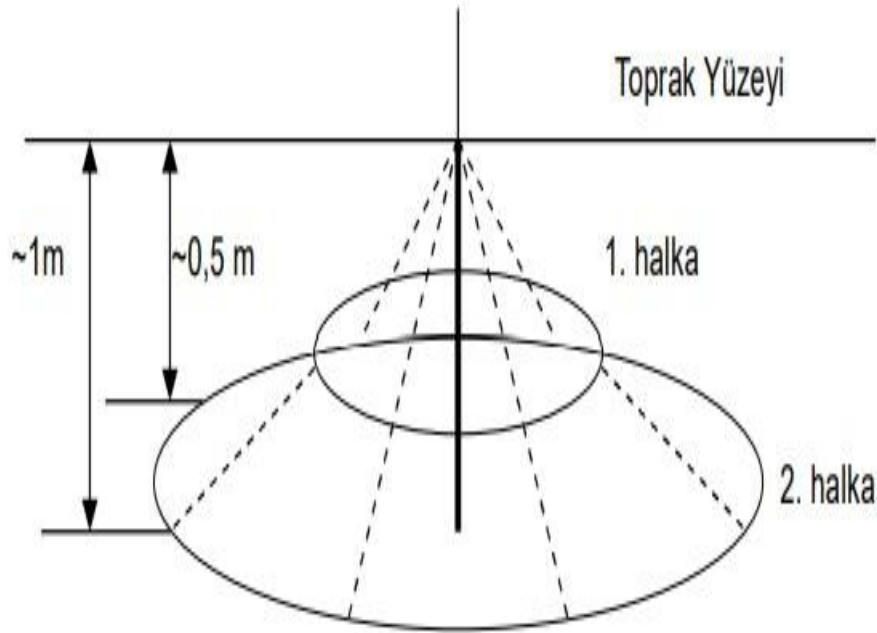
Topraklayıcının yayılma direnci ile topraklama iletkeninin direncinin toplamıdır.

3.2.14. Toplam topraklama direnci

Bir yerde ölçülebilen ve ölçüye giren bütün topraklamaların toplam direncidir.

3.2.15. Topraklayıcıdan akım geçmesi

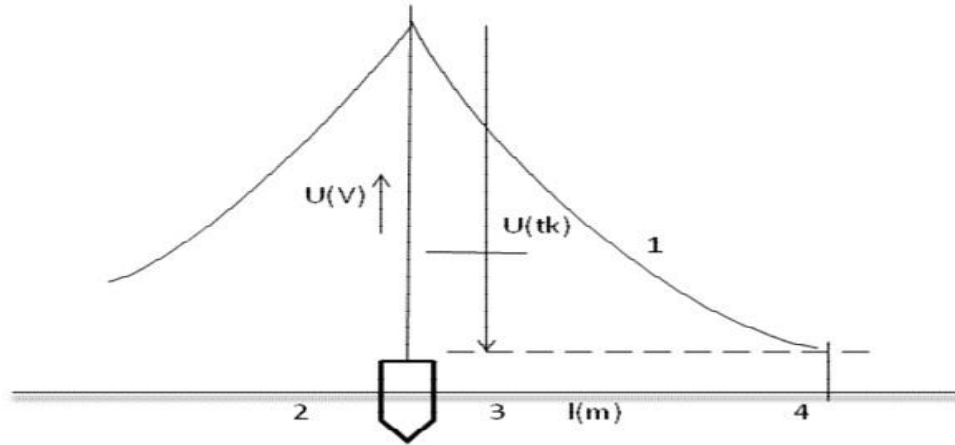
Topraklayıcıdan toprağa akım aktığında topraklayıcıdan çevreye akım yayılır. Bununla beraber topraklayıcının çevresinde potansiyel yükselmesi olayı meydana gelir. Bu potansiyel yükselmesinin toprağın içinde potansiyel çadırı veya potansiyel konisi oluşturduğu düşünülür. Potansiyel değişimin hafifletilmesi amacıyla topraklayıcının etrafına potansiyel dengeleme elektrotları konulur. Elektrotlar Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Potansiyel düzenleme elektrotları (Üresin, 2010)

3.2.16. Potansiyel dağılımı

Topraklaması yapılmış bir işletme aracında hatanın meydana gelmesiyle gövde kısa devresi olduğunda, referans topraktan işletme aracına doğru potansiyel dağılımıdır. Potansiyel dağılım Şekil 3.5'te verilmiştir (Üresin, 2010).

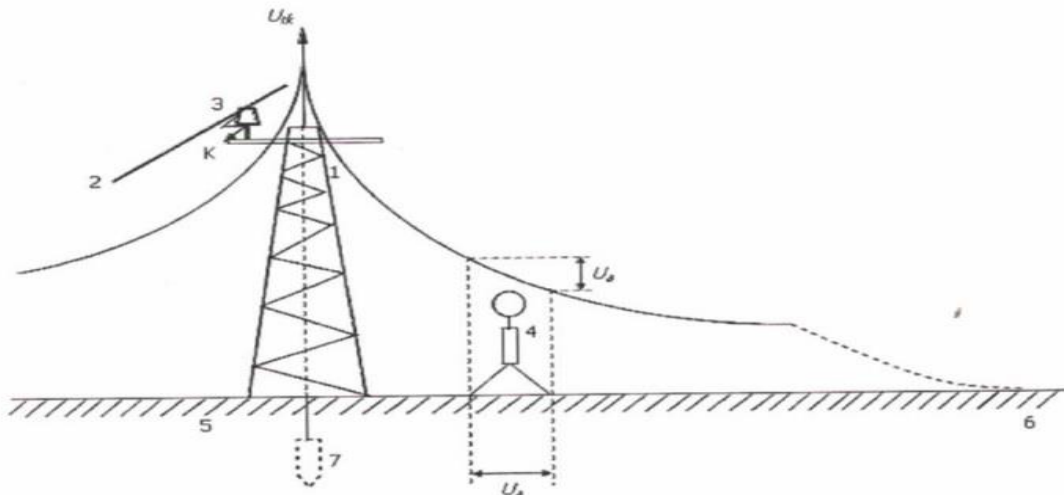


Şekil 3.5. Topraklayıcı etrafındaki potansiyel dağılımı (Üresin, 2010)

3.2.17. İzin verilen gerilim kriterleri

3.2.17.1. Adım gerilimi

Topraklı olan bir nesneye temas olmadan, iki ayak arasındaki 1 metre uzakta meydana gelen yüzeydeki potansiyel farka adım gerilimi denir. Bir tesiste yalıtımdan kaynaklanan bir arıza akımı meydana geldiğinde topraklayıcı ile referans toprak arasında meydana gelen potansiyel alana bir insan veya hayvan girdiğinde vücudundan akım geçer. Adım gerilimini gösterimi Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. Bir toprak kısa devresinde meydana gelen potansiyel dağılımı ve bu alanda bulunan bir insanın maruz kaldığı adım gerilimi (Sığırcı, 2008)

Koruma topraklamasında meydana gelen izolasyon hatası, direkt veya dolaylı sebeptir.

Direkt sebepler aşırı gerilime maruz kalındığında izolasyon malzemesinin zorlanıp delinmesi, iletkenin kopması, aşırı akımın izolasyon malzemesini ısıtarak elektriki dayanımı azaltması.

Dolaylı sebepler yıldırımdan nedeniyle meydana gelen arklar, izolatörlerin kirlenmesiyle üzerlerinden kaçak akımların geçmesi veya gerilim atlamaları, izolatörlerin kırılması, atmosferik boşalmalar.

Koruma topraklamasının yapıldığı teçhizatlar:

- Transformator merkezlerindeki kapı ve merdivenlerdeki metal kısımlar.
- Alçak ve yüksek gerilim kablolarının madeni kılıfları.
- Direk gövdesi.
- Yüksek gerilim hatlarındaki koruma telleri.
- Transformator merkezlerindeki madeni kapı ve kapaklar.

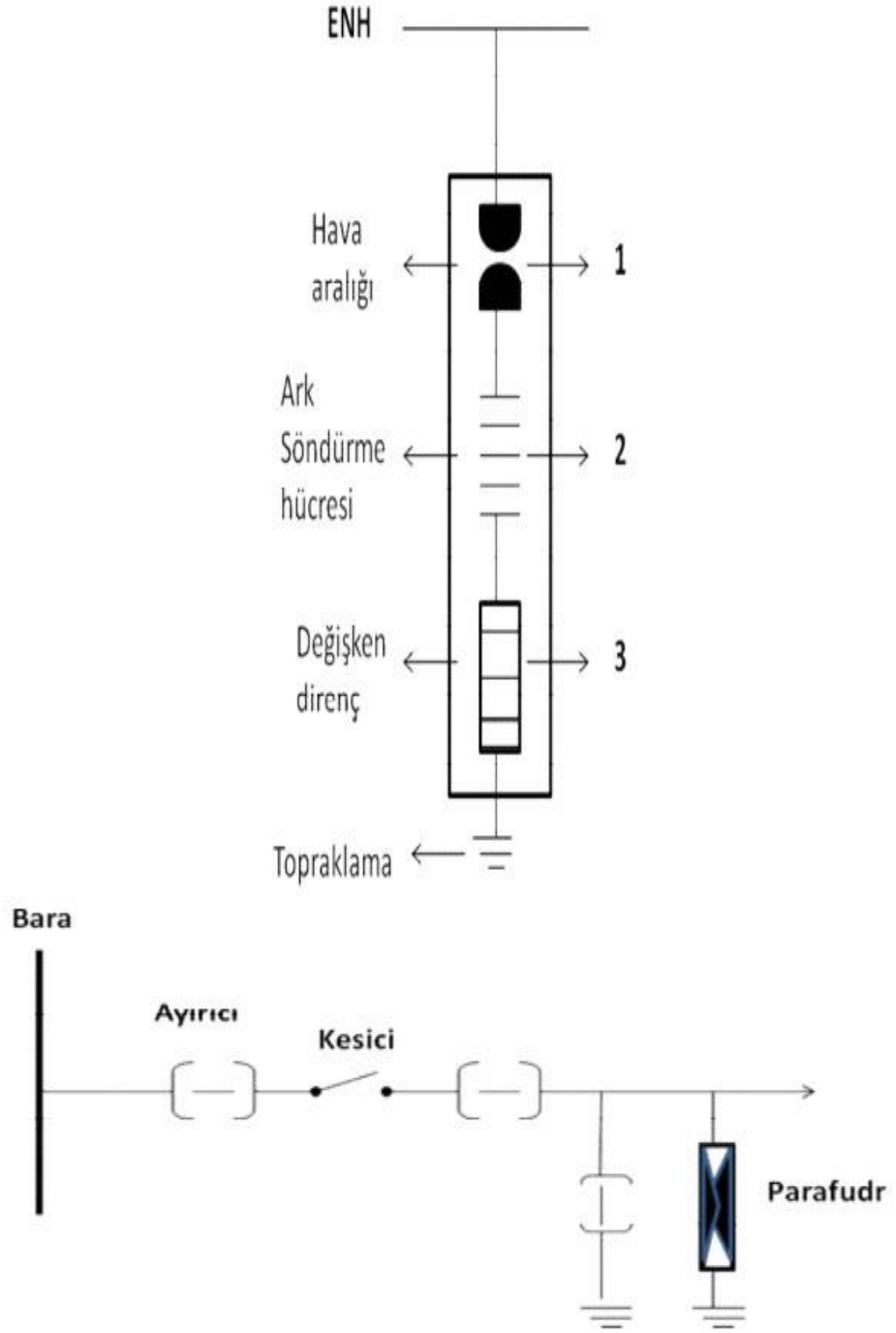
3.3.2. İşletme topraklaması

İşletme akım devresindeki bir noktanın topraklanması işlemine denir. İşletme topraklaması, akım devresinin toprağa karşı potansiyelinin belirli bir değerde tutulmasını sağlar. Gerilim altında olan tesis kısımlarının işletme topraklamasıyla irtibatının sağlanmasıyla bu kısımlar geçici veya sürekli topraklanırlar. Bu yöntemle aşırı gerilim sınırlandırılır.

Koruma topraklaması üzerinden yalnızca arıza oluştuğunda akım geçmektedir fakat işletme topraklaması üzerinden arıza olmadığında da akım geçebilir.

3.3.3. Yıldırım topraklaması

Yıldırım topraklamasının amacı, aşırı gerilim dalgalarının işletme araçlarına herhangi bir zarar vermeksizin toprağa yönlendirilmesi ve yapıların üzerine düşen yıldırımların insana zarar vermeden toprağa yönlendirilerek zararsız hale getirilmesidir. Parafudr ve parafudrun devreye bağlantısı Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Parafudr kesiti ve devreye bağlantısı (Üresin, 2010)

Şekilde bağlantısı gösterilen parafudr emniyet subapı gibi işlev görmektedir. Direnç ve buna seri bağlı olan söndürme eklatörü parafudru oluşturur. Parafudrlar koruyacakları cihazların en yakınına bağlanması gereken koruma elemanlarıdır. Her faz için bir adet parafudr gerekmektedir (Üresin, 2010).

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

4.1.1. Karbon siyahı

Topraklama direnç düşürücü olarak kullanacağımız karbon siyahı elektrik dağıtım sektöründe yaygın olarak kullanılmış bir kimyasal malzeme değildir. Karbon siyahı atıl haldeki lastiklerden piroliz yoluyla elde edilmektedir. Atıl durumdaki lastiğin sadece % 20-25' lik kısmı karbon siyahı şeklinde elde edilir. Karbon siyahının kimyasal yapısı kömüre çok benzemektedir. Karbon siyahı karboksil, fenol, eter, keten peroksit gibi fonksiyonel grupları içermektedir. Karboksil içeriğinde karbon, oksijen ve hidrojen içeren zayıf asittir. Karboksil asidin genel formülü $C_nH_{2n}O_2$ şeklindedir. Karbon atomlarına ve hidrojen atomlarına göre oksijen atomunun elektronegatifliği fazla olduğundan oksijen kısmen eksi yüklü, karbon ve hidrojen ise kısmen artı yüklüdür. Eter içeriğinde karbon, oksijen, hidrojen atomları vardır. Genel formülü $C_nH_{2n+2}O$ şeklindedir. Eter bazik özelliğindedir (MEB, 2011). Karbon siyahı plastik sanayinde kuvvetlendirici dolgu malzemesi olarak ve boya pigmenti olarak kullanılır. Ülkemizin ihtiyaç duyduğu yaklaşık 220-230 bin ton civarındaki karbon siyahının temini yurt dışından sağlanmaktadır. Bilgisayarların klavye tuşları, ayakkabıların tabanları, bahçe sulamasında kullanılan hortumlar, kapı fitili gibi pek çok yerde kullanılır. Karbon siyahı iyi bir iletkenliğe sahip olduğu için statik elektriklenmenin tehlike arz edeceği yakıt borularında ve benzin kapaklarında kullanılır.

4.1.2. Melas

Melas şeker pancarından elde edilmekte olan bir malzemedir. Fabrikasyon aşamasında şekerin fabrikasyona alınamayan son şurubudur. İçeriğinde %50 oranında şeker %20 oranında su mevcuttur. Bu çalışmada melasın daha çok kıvamlı bir malzeme olma özelliğinden faydalanıldı. Çok küçük yapıda olan toprak direnç düşürücü karbon siyahı kolaylıkla etrafa dağılabilen bir malzemedir. Bu karbon siyahının dağılmasını melas ile karıştırarak belli bir kıvam elde edilmiştir.

4.1.3. Patates nişastası

Patates nişastası birçok sektörde yapıştırıcı, yapı düzenleyici, kalınlaştırıcı olarak kullanılmaktadır. Düşük derecelerde jelleşme özelliğine sahiptir. Bu çalışmada akışkan bir yapı haline gelen karbon siyahı ve melas karışımını bir miktar katılaştırmak için kullanılmıştır.

4.1.4. Rem direnç düşürücü

Rem direnç düşürücü içeriğinde bentonit kili barındıran bir malzemedir. Bentonit, magnezyum ve alüminyum bakımından zengin volkanik küf, lav ve tüflerin kimyasal ayrışması sonucu oluşmuştur. Bentonit çokça su emebilen bir malzemedir. İyonlaşma kapasitesi olarak da yüksek bir malzemedir.

4.1.5. Tdm direnç düşürücü

Tdm direnç düşürücü içerisinde bentonit, kil, kum, kalker ve demir cevheri gibi malzemeleri bulduran bir direnç düşürücüdür. Yapısındaki kil su ile temas ettiğinde plastisite özellik kazanmaktadır. Bu plastisite özelliği sayesinde malzeme bir yıl boyunca dağılmadan konumunu korumuştur. Tdm direnç düşürücünün yapısındaki bir diğer malzeme kalkerdir. Kalker içeriğinde % 90 oranında kalsiyum karbonat bulundurur. Kalsiyum karbonat bazik özellikli bir bileşiktir ve su ile temas ettiğinde iyonlarına ayrılarak elektriği iletir. İçeriğindeki demir cevheri de yine iletkenlikte büyük katkı sağlamıştır.

4.1.6. Perlit

Volkanik kökenli bir kayadır. Toprakta kimyasal ayrışma göstermez. Çok miktardaki nemi çeker.

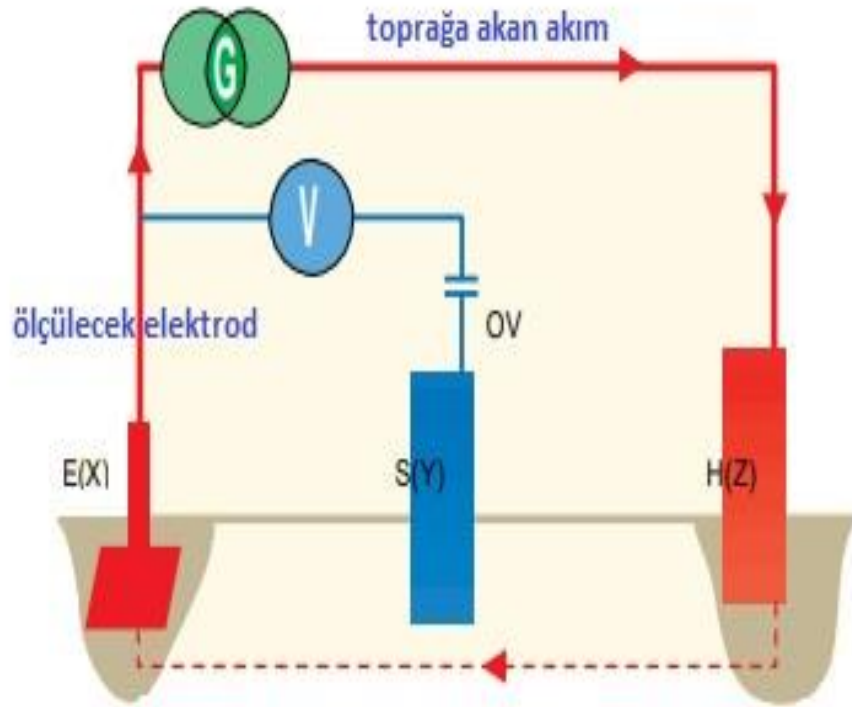
4.1.7. Galvanizli köşebent profil

Topraklayıcı olarak kullandığımız elektrottur. Bu elektrotların sürekli toprakla temas halinde olması nedeniyle elektrodun korozyona karşı dayanıklı olması gerekir. Bu dayanımı da sağlamak için galvaniz kaplama yapılmaktadır.

4.2.Yöntem

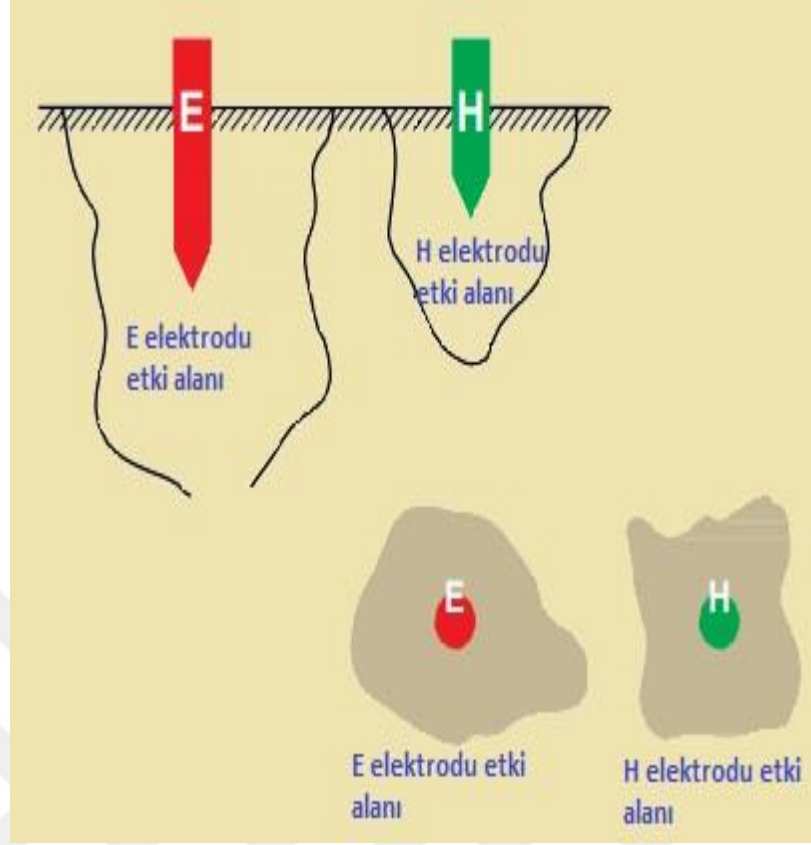
4.2.1. Tek noktadan bağlı toprak elektrodundan toprak direnci ölçümü

Ölçme prensibi G jeneratörü ile (I) alternative akımını H ve E elektroduna verme biçiminde uygulanmasıdır. E ve S arasında mevcut olan gerilim değeri V ölçülür ve direnç değeri gerilimin akıma bölünmesiyle elde edilir.



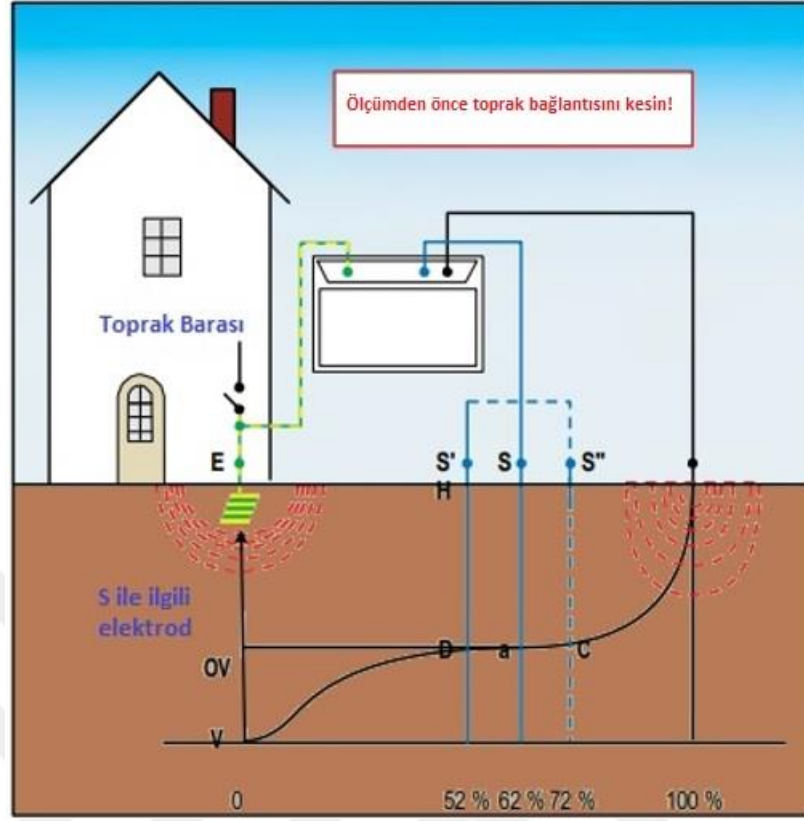
Şekil 4.1. Tek noktadan bağlı toprak elektrodundan toprak direnci ölçümü (Chauvin Arnoux Group, 2013)

Hata akımı toprak elektrodu üzerinden toprağa doğru akacak şekilde bir yol takip eder. Topraktan uzak bir yöne ilerledikçe, paralel kontak dirençleri sonsuza gitmeye eğilimlidir ki bu durum eşdeğer devre direncinin sıfıra değerine çok yakın bir değer almak demektir. Bundan dolayıdır ki her topraklama noktası etrafında bir etki noktası vardır ve bu etkileme alanının büyüklüğü ve şekli belirsizdir. Topraklama ölçülürken, S kazığını (sıfır V gerilim elektrodu h) diğer topraklama elektrotlarının etki alanlarına girmeyecek uzak bir noktaya koyulmasına dikkat etmek gerekir. Tek noktadan bağlı toprak elektrodundan topraklama direnci ölçümünün gösterimi Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Topraklama elektrodu etki alanı (Chauvin Arnoux Group, 2013)

Elektrik akımlarının yayılması, toprak direnci ile doğrudan bağlantı olduğundan, ölçüm esnasında etki alanının dışında olup olunmadığının tespit edilmesi zordur. Bu etkiyi ortadan kaldırmak amacıyla S elektrodunun yeri değiştirilerek ölçüm sonuçları elde edilmelidir. Elektrodun etki alanının gösterimi Şekil 4.2’de verilmiştir. Ölçümde kazık ölçüm metodu (%62 metodu) uygulanmaktadır. Bu metotta akım ve gerilim sağlanabilmesi için iki ayrı elektrot kullanılmaktadır. Elektrotlar topraklama E(X) noktasına göre yerleştirilmelidir. Güvenilir bir ölçüm gerçekleştirmek için, “0V potansiyel gerilim “kazığı E ve H’den dolaşan akım etkisinden uzak bir noktaya yerleştirilmelidir. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen istatistiklerde S kazığının E ile H arasındaki mesafenin %62 si olan bir mesafede olması sonucu çıkarılmıştır. Sonraki yapılacak işlem S kazığını $\pm 10\%$ (S’ ve S”) mesafe arasında hareket ettirildiğinde ölçülen değer değişmemeli veya çok az değişmelidir. Ölçülen değer değişiklik gösteriyorsa, bu (S) elektrodunun etki alanında kaldığını gösterir. Bunun sonucunda mesafeler değiştirilerek ölçüm tekrar yapılır. Kazık ölçüm metodunun gösterimi Şekil 4.3’te verilmiştir.



Şekil 4.3. Kazık Ölçüm Metodu (62 % metodu) (Chauvin Arnoux Group, 2013)

4.2.2. Karbon siyahı topraklama direnci düşürücü elde edilmesi

Kullandığımız direnç düşürücü malzeme olan karbon siyahı çok küçük parçacıklar halinde olduğu için herhangi bir malzemeye kıvama getirilmediği durumda kalıcı bir etki sağlamamaktadır. Parçacıklar zamanla etrafa dağılma eğilimi göstermektedir. Diğer direnç düşürücü topraklama kimyasallarının aksine karbon siyahının suyu tutma özelliği yoktur. Bu nedenle bu çalışmada karbon siyahının belli bir kıvamda olup çevreye dağılması için melas kullanılmıştır. Melasın kullanılmasıyla birlikte karbon siyahı jelimsi bir kıvama gelmiştir. Bu jelimsi kıvama biraz da katılık sağlamak için de patates nişastası kullanılmıştır. Bu sayede karbon siyahının dağılması önlenerek uzun bir süre etki göstermesi sağlanmıştır (Chauvin Arnoux Group, 2013).

4.2.3. Topraklama elektrodunun toprağa yerleştirilmesi

Dört farklı topraklama direnç düşürücü malzemenin etkisinin uzun bir süre incelenmesi için aynı referans noktasını kullanmak mümkün değildi. Bu nedenle dört farklı referans

değeri elde etmek için dört farklı topraklama çukuru kazıldı. Topraklayıcının toprağa yerleştirilmesi Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. Topraklayıcının toprağa yerleştirilmesi

Topraklama yaptığımız toprağın homojen bir yapıda değildi. Bu nedenle kıyaslama yapacağımız referans değerini tek bir noktadan almak mümkün değildi. Dört toprak direnç düşürücü kimyasal malzeme için ayrı referans noktası ihtiyaç vardı. Kimyasal malzeme kullanılarak yapılan topraklamanın yanına da referans olması için sadece topraklayıcı ve doğal toprağın olduğu bir topraklama yapıldı. 8 adet ölçülecek topraklama direnci oluşturuldu.



Şekil 4.5. Topraklayıcının etrafına direnç düşürücünün kalıbının yerleştirilmesi

Direnç düşürücü malzemenin kıyaslamasını eşit hacimlerde yapabilmek ve topraklayıcının etrafına yerleştirebilme işlemi bir kalıp kullanarak gerçekleştirildi. 1.2 metre boyunda ve 15 cm çapı olan boru kalıp olarak kullanıldı. Oluşturulan düzenek Şekil 4.5'te verilmiştir. Kimyasal malzeme topraklayıcının etrafına yerleştirilirken doğal toprakla kalıbın dış kısmı tekrar dolduruldu. Son olarak kalıp çıkarılıp düzenek ölçüm

için hazır hale getirildi. Kalıbın içerisine kimyasalın yerleştirilmesi sonrası etrafının toprakla kapatılması Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6. Direnç düşürücü koyulduktan sonra çukurun kapatılması

Karbon siyahının kalıbın içine yerleştirilmesi Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Karbon siyahı direnç düşürücünün koyulması

5. BULGULAR

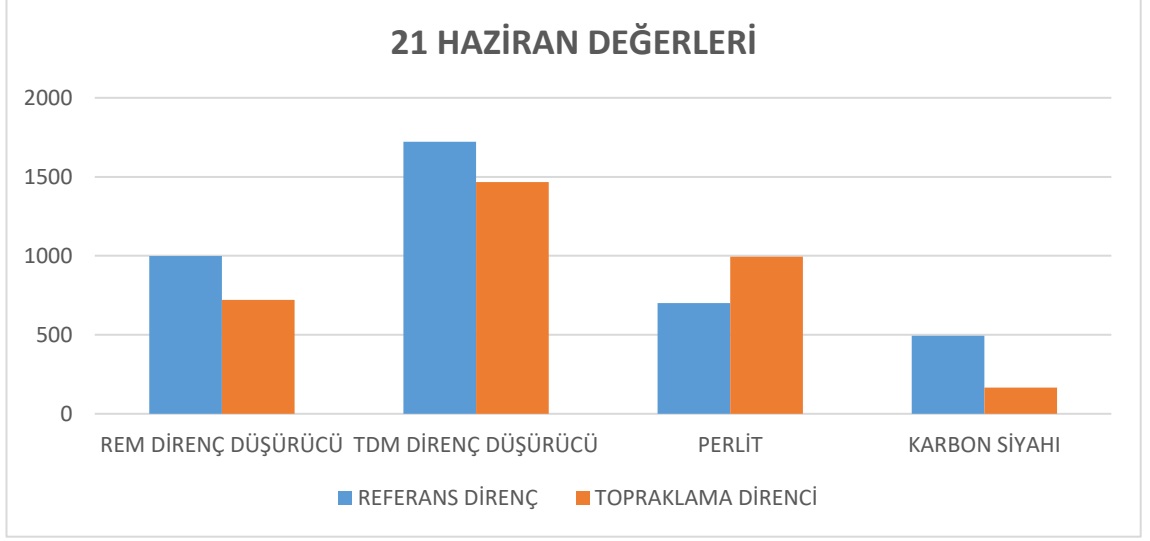
5.1. Topraklama Direnç Değerleri

Birinci topraklama direnç ölçümleri 6 Haziran 2021 tarihinde yapıldı. 4 farklı direnç düşürücü malzeme için referans topraklamalarıyla beraber 8 sonuç elde edilmiştir. Alınan bu ilk ölçümlerde perlitin toprak geçiş direncini düşürmediği görülmüştür. Referans topraklama direncinden daha kötü bir değer vermiştir. Rem direnç düşürücü topraklama direncini %15 oranında azaltmıştır. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini %7 oranında azaltmıştır. Karbon siyahı ise topraklama direncini %67 oranında azaltmıştır. İlk ölçümde karbon siyahı topraklama direncini referans değerine göre en iyi düşüren direnç düşürücü olmuştur. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.1’de verilmiştir.



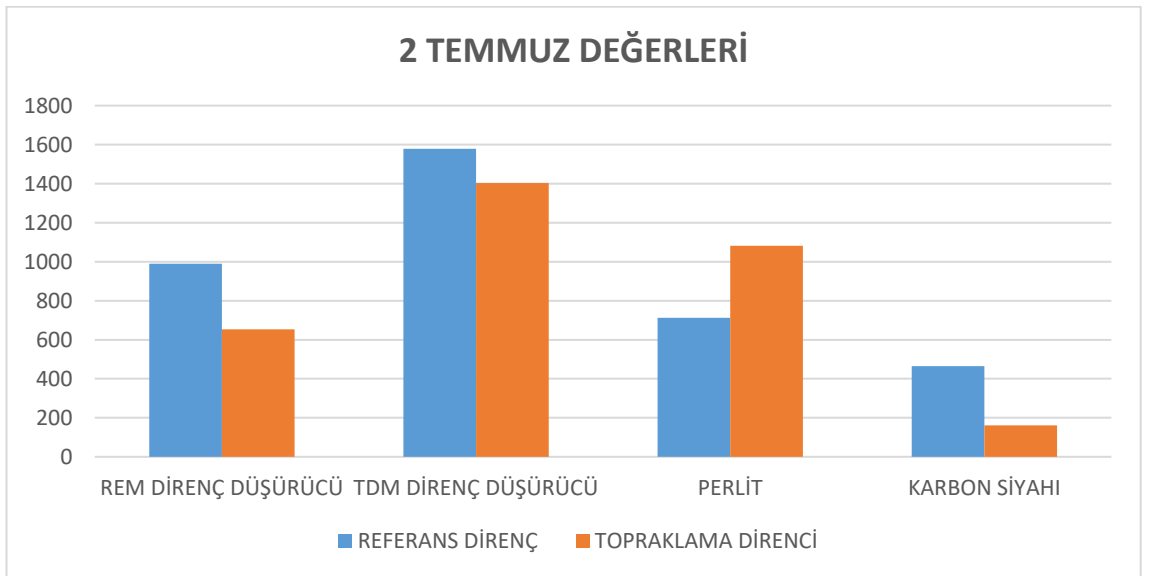
Şekil 5.1. 6 Haziran değerleri

İkinci topraklama direnç ölçümleri 21 Haziran 2021 tarihinde yapıldı. Yağışların etkisiyle hem referans direnç değerlerinde hem de toprak geçiş dirençlerinde bir miktar düşüş görülmektedir. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %28 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre % 15 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %42 oranında artırmış hale getirmiştir. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %67 oranındaki düşürme değerini korumuş haldedir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.2’de verilmiştir.



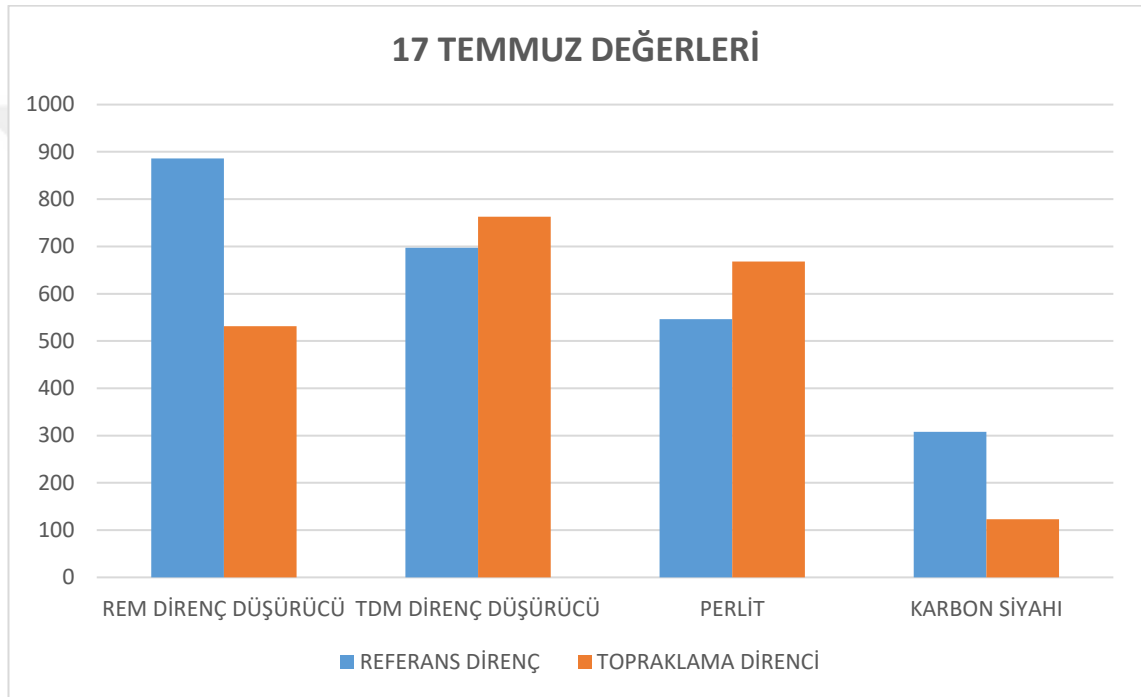
Şekil 5.2. 21 Haziran değerleri

Üçüncü topraklama geçiş direnci ölçümleri 2 Temmuz 2021 tarihinde gerçekleştirildi. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %34 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %11 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %51 oranında artırmış hale getirmiştir. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %65 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Karbon siyahı üç ölçümde de yakın değerlerde direnç düşürme etkisi göstermektedir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.3'te verilmiştir.



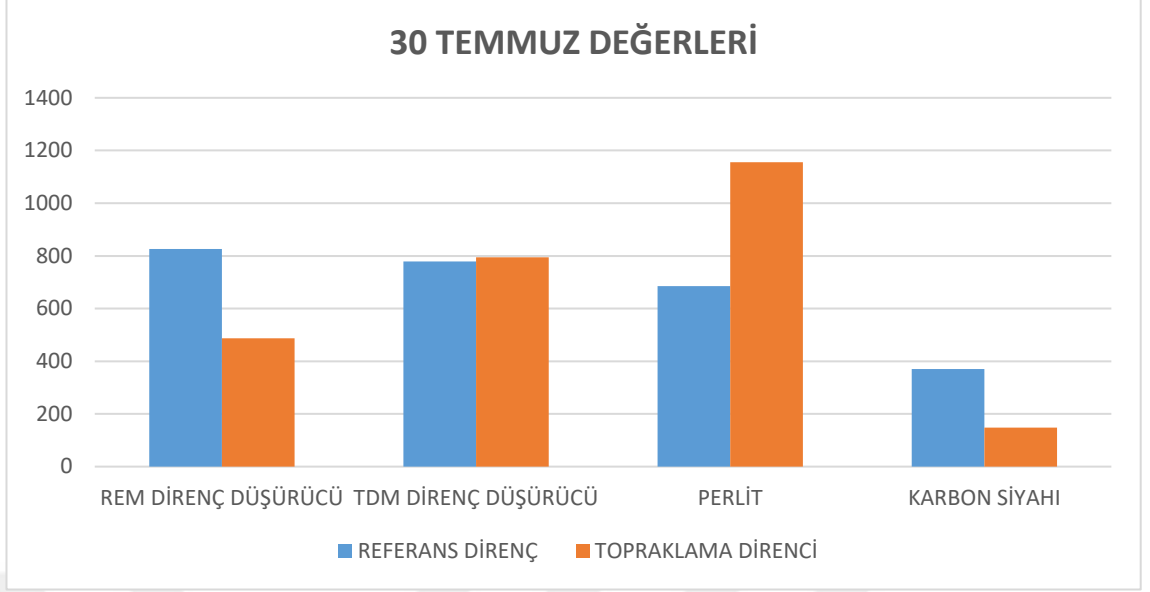
Şekil 5.3. 2 Temmuz değerleri

Dördüncü topraklama direnç ölçümleri 17 Temmuz 2021 tarihinde yapıldı. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %40 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %10 oranında artırmış hale getirmiştir. Sıcak havanın etkisiyle tdm direnç düşürücüde bu kötü direnç değeri başlamıştır. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %22 oranında artırmış hale getirmiştir. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %60 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.4'te verilmiştir.



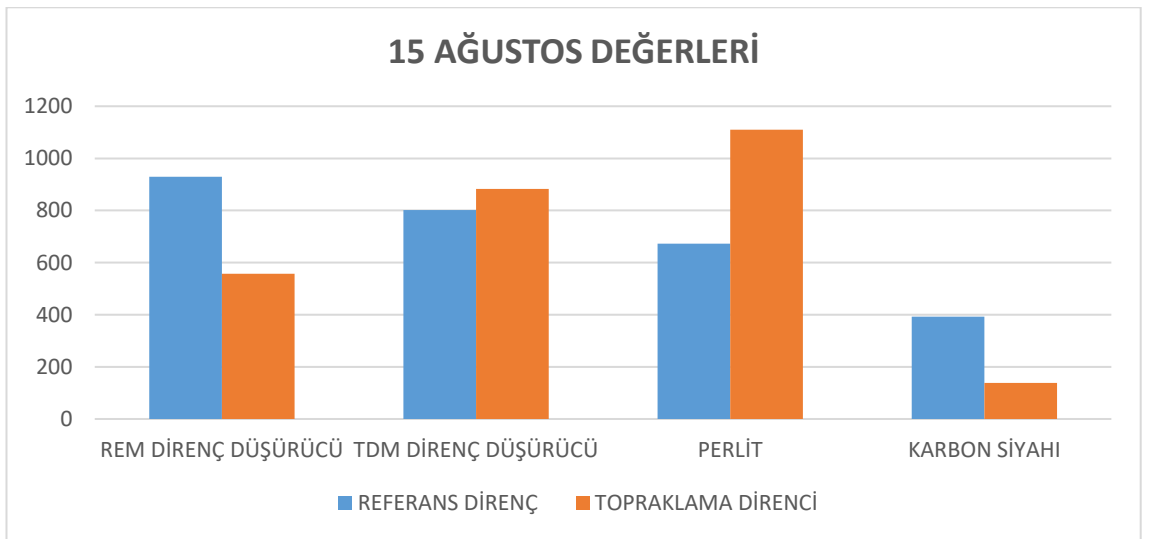
Şekil 5.4. 17 Temmuz değerleri

Beşinci topraklama direnç ölçümleri 30 Temmuz 2021 tarihinde yapıldı. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %41 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %2 oranında artırmış hale getirmiştir. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %68 oranında artırmış hale getirmiştir. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %60 oranındaki düşürme değerini korumuş haldedir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.5'te verilmiştir.



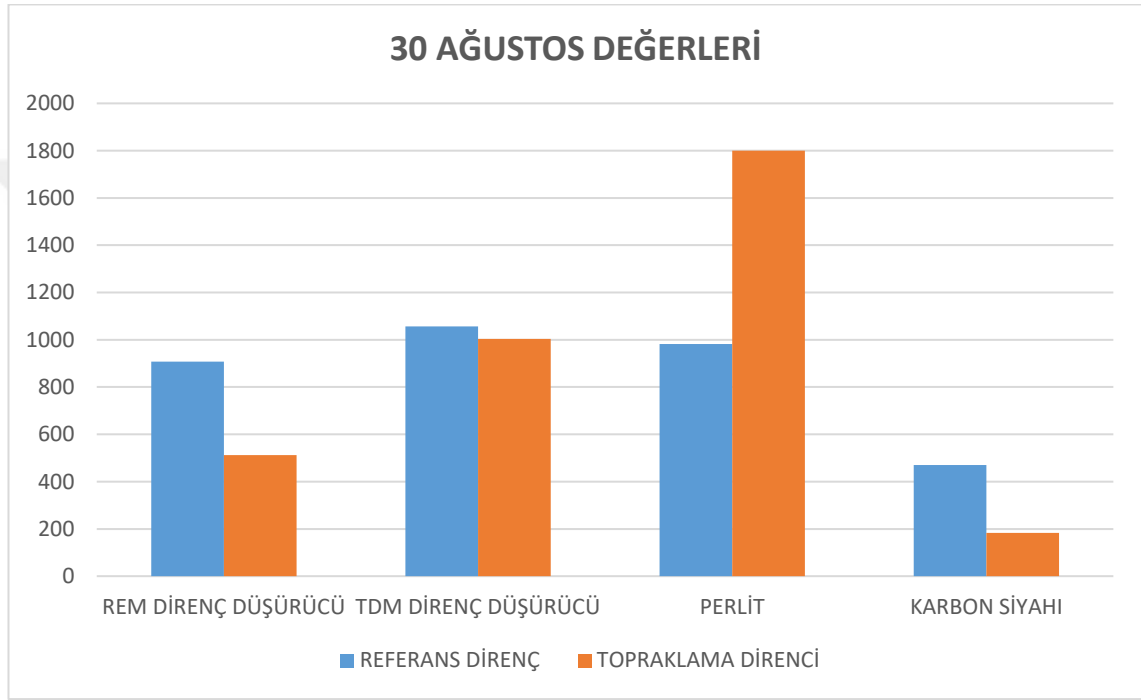
Şekil 5.5. 30 Temmuz değerleri

Altıncı topraklama direnç ölçümleri 15 Ağustos 2021 tarihinde yapıldı. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %40 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %10 oranında artırmış hale getirmiştir. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %64 oranında artırmış hale getirmiştir. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %65 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.6'da verilmiştir.



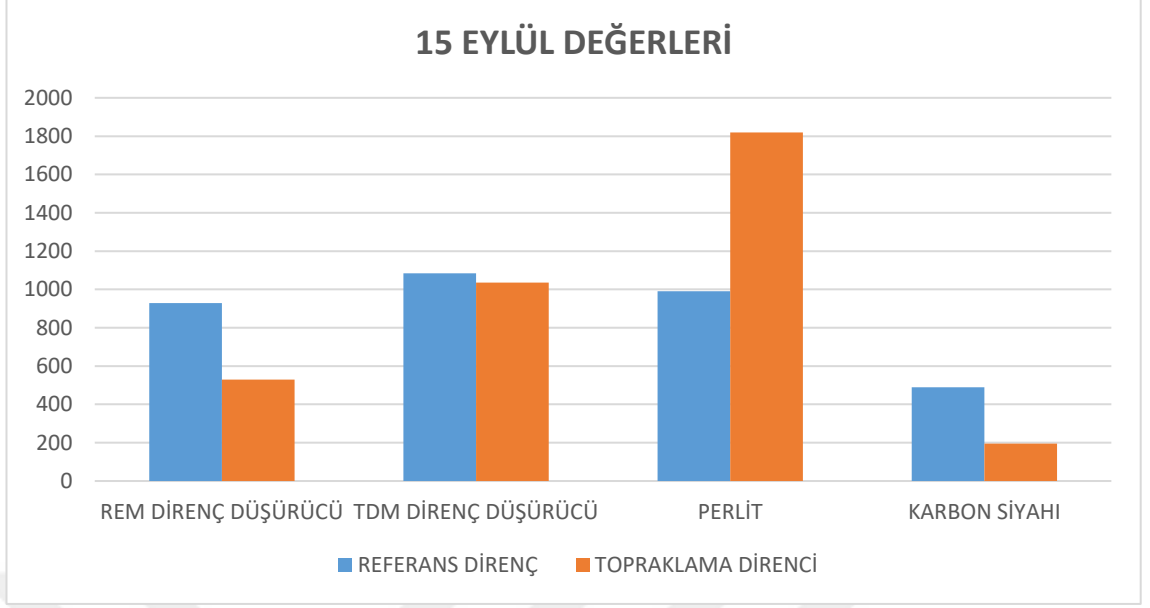
Şekil 5.6. 15 Ağustos değerleri

Yedinci topraklama direnç ölçümleri 30 Ağustos 2021 tarihinde yapıldı. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %44 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %5 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %83 oranında artırmış hale getirmiştir. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %61 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.7’de verilmiştir.



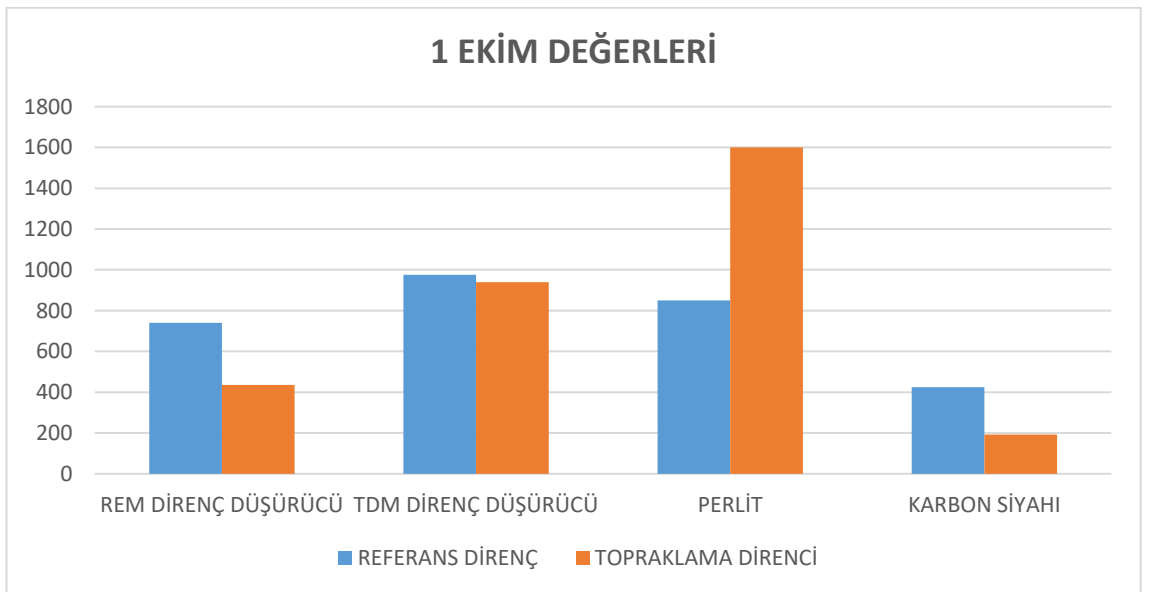
Şekil 5.7. 30 Ağustos değerleri

Sekizinci topraklama direnç ölçümleri 15 Eylül 2021 tarihinde yapıldı. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %43 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %5 oranındaki düşürme oranını korumuştur. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %83 oranındaki düşürme oranını korumuştur. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %60 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.8’de verilmiştir.



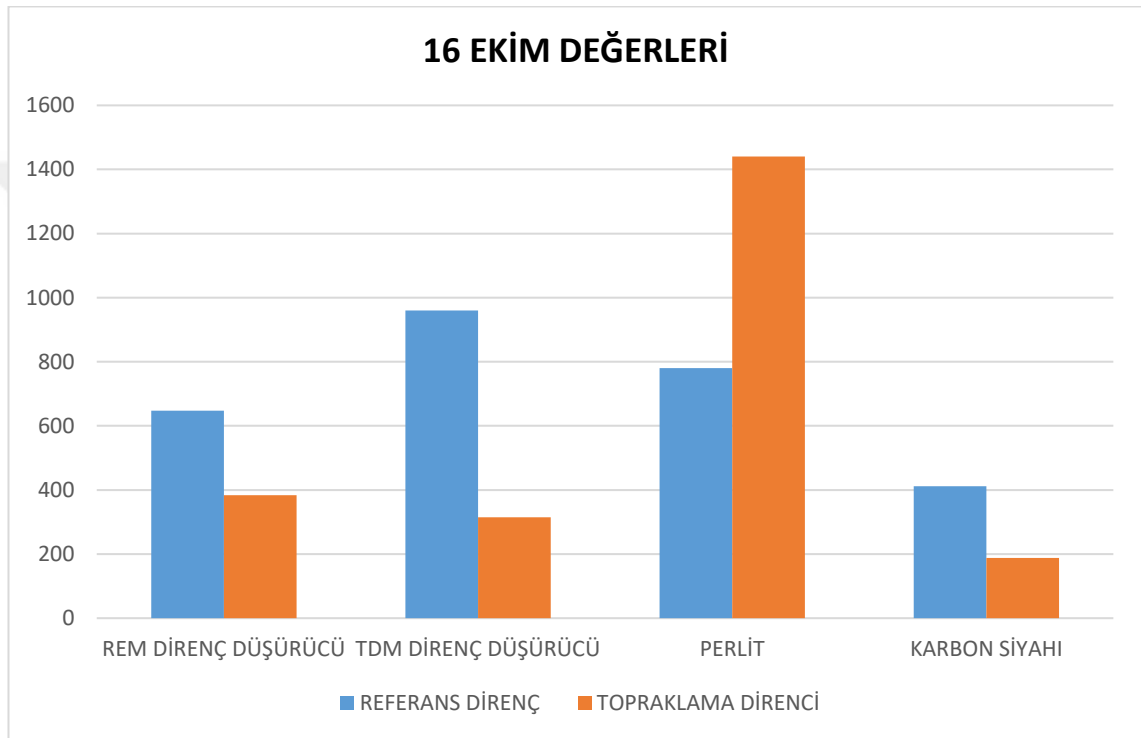
Şekil 5.8. 15 Eylül değerleri

Dokuzuncu topraklama direnç ölçümleri 1 Ekim 2021 tarihinde yapıldı. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %41 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %4 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %88 oranında artırmış hale getirmiştir. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %55 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.9’da verilmiştir.



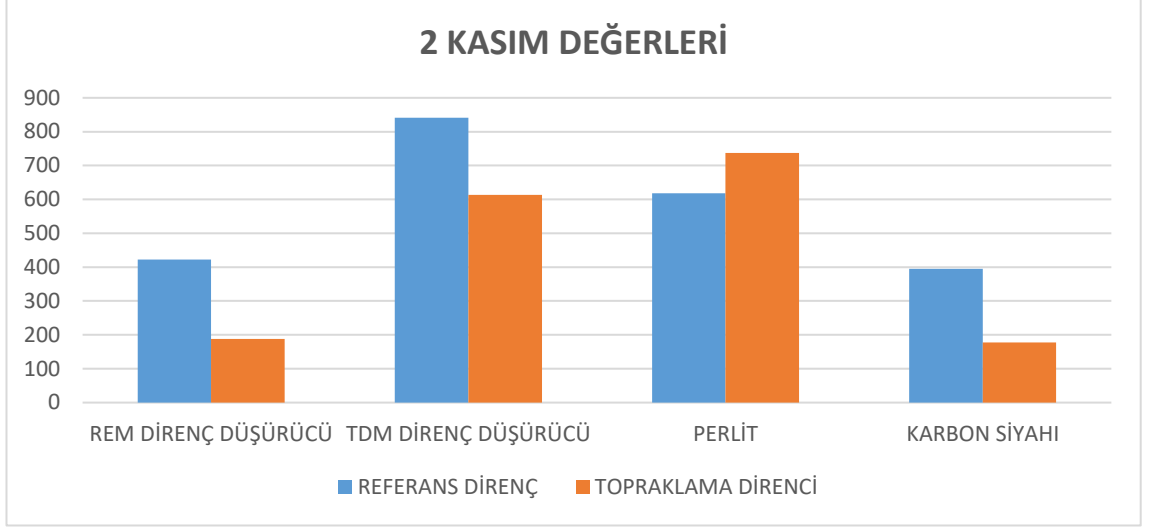
Şekil 5.9. 1 Ekim değerleri

Onuncu topraklama direnç ölçümleri 16 Ekim 2021 tarihinde yapıldı. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %41 oranındaki düşürme durumunu korumuştur. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %5 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %85 oranında artırmış hale getirmiştir. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %44 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.10'da verilmiştir.



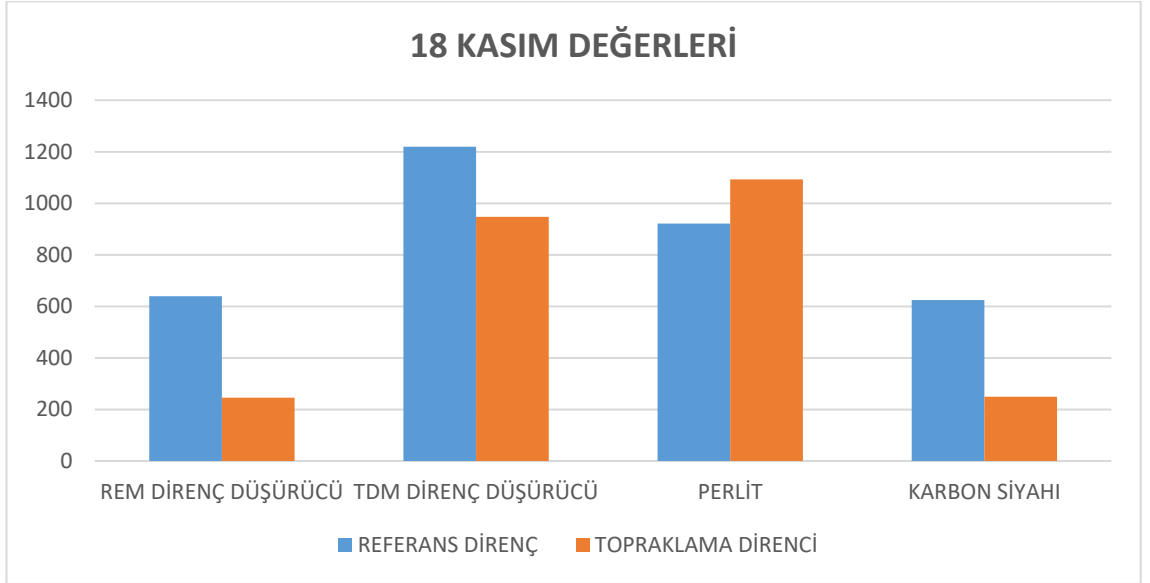
Şekil 5.10. 16 Ekim değerleri

On birinci topraklama direnç ölçümleri 2 Kasım 2021 tarihinde gerçekleştirildi. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %55 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %27 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %19 oranında artırmış hale getirmiştir. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %55 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.11'de verilmiştir.



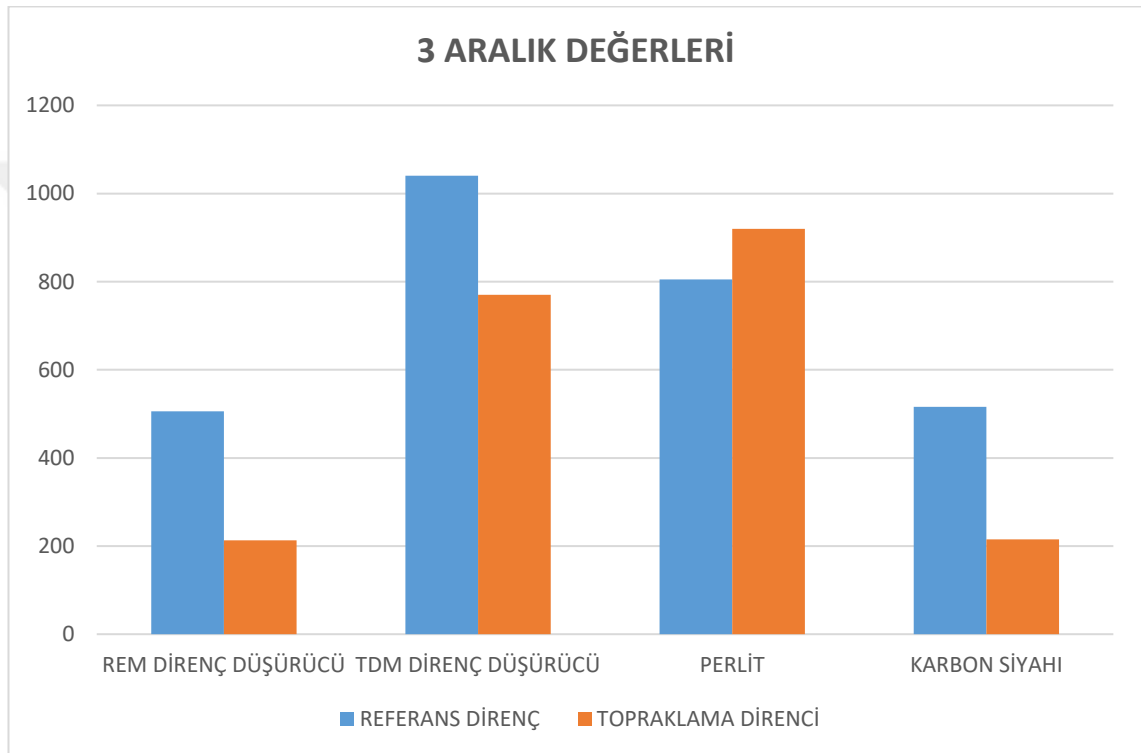
Şekil 5.11. 2 Kasım değerleri

On ikinci topraklama direnç ölçümleri 18 Kasım 2021 tarihinde yapıldı. 2 Kasım 2021 tarihinde gerçekleştirildi. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %62 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %22 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %19 oranındaki artırma durumunu korumuştur. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %60 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.12’de verilmiştir.



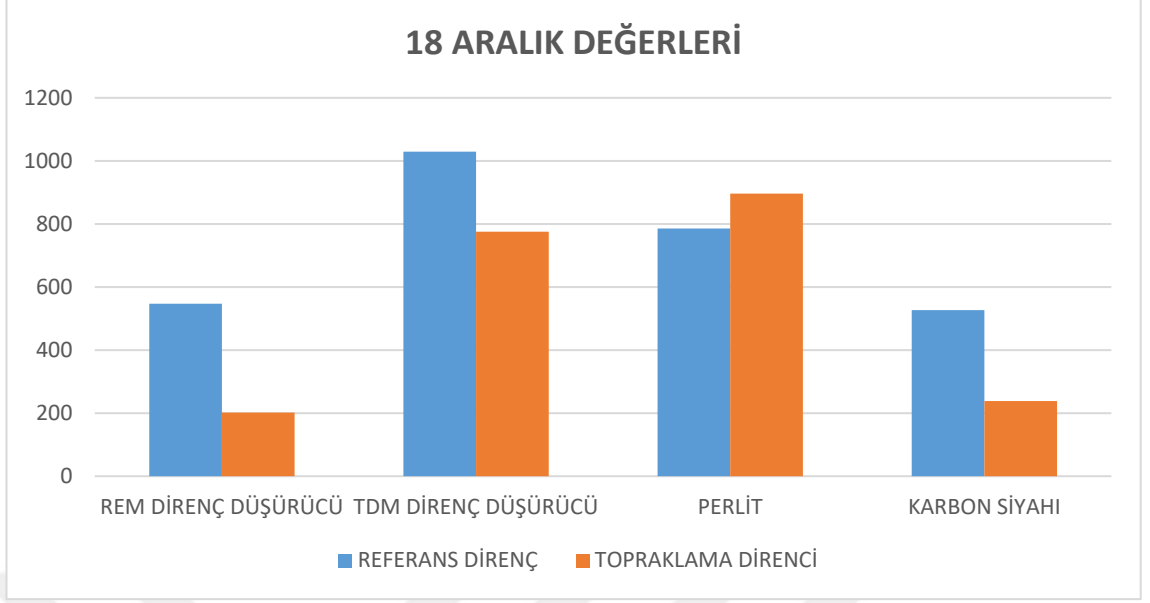
Şekil 5.12. 18 Kasım değerleri

On üçüncü topraklama direnç ölçümleri 3 Aralık 2021 tarihinde yapıldı. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %62 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %22 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %19 oranındaki artırma durumunu korumuştur. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %60 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.13'te verilmiştir.



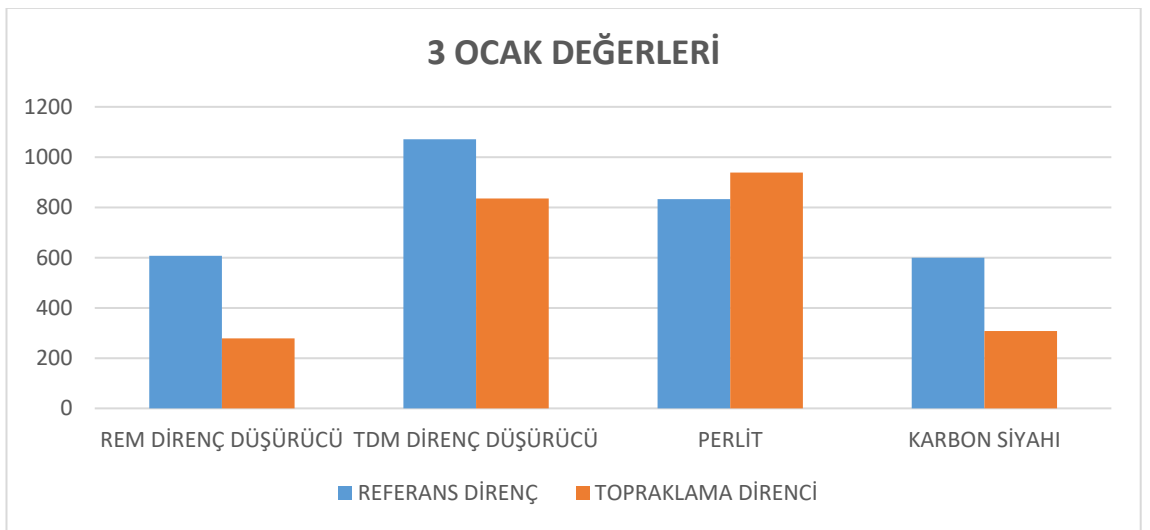
Şekil 5.13. 3 Aralık değerleri

On dördüncü topraklama direnç ölçümleri 18 Aralık 2021 tarihinde gerçekleştirildi. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %63 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %25 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %13 oranında artırmış hale getirmiştir. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %55 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.14'te verilmiştir.



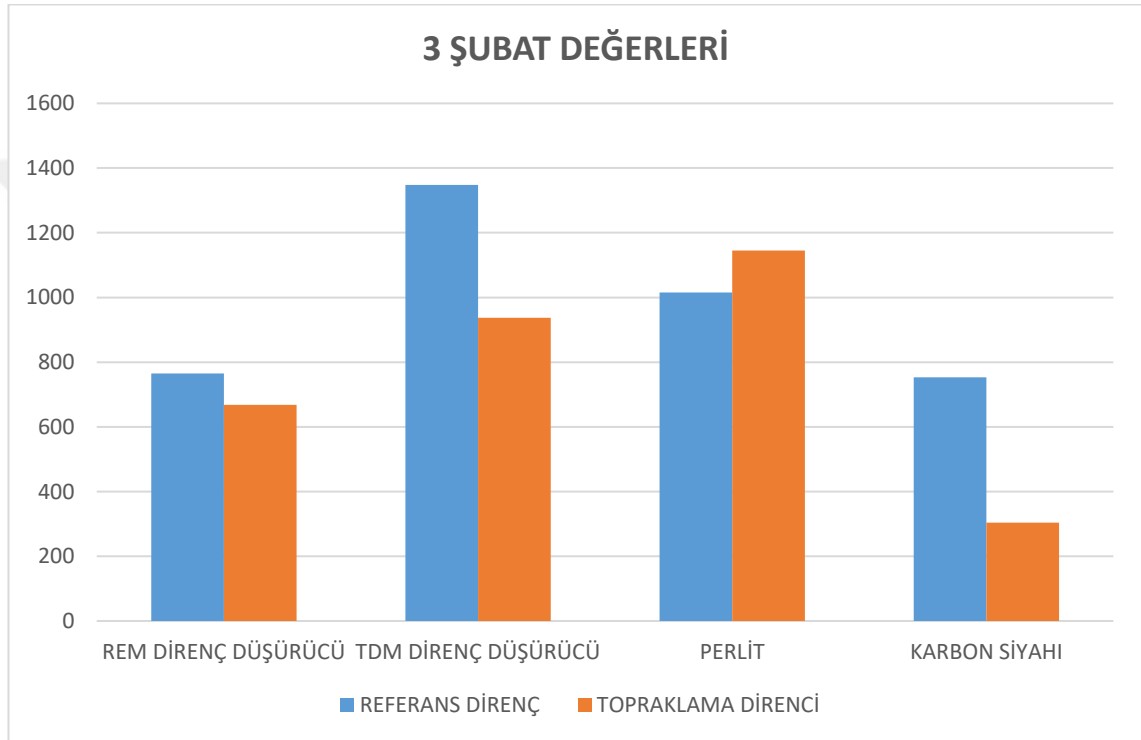
Şekil 5.14. 18 Aralık değerleri

On beşinci topraklama direnç ölçümleri 3 Ocak 2022 tarihinde yapıldı. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %54 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %22 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %13 oranındaki artırma durumunu korumuştur. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %55 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.15'te verilmiştir.



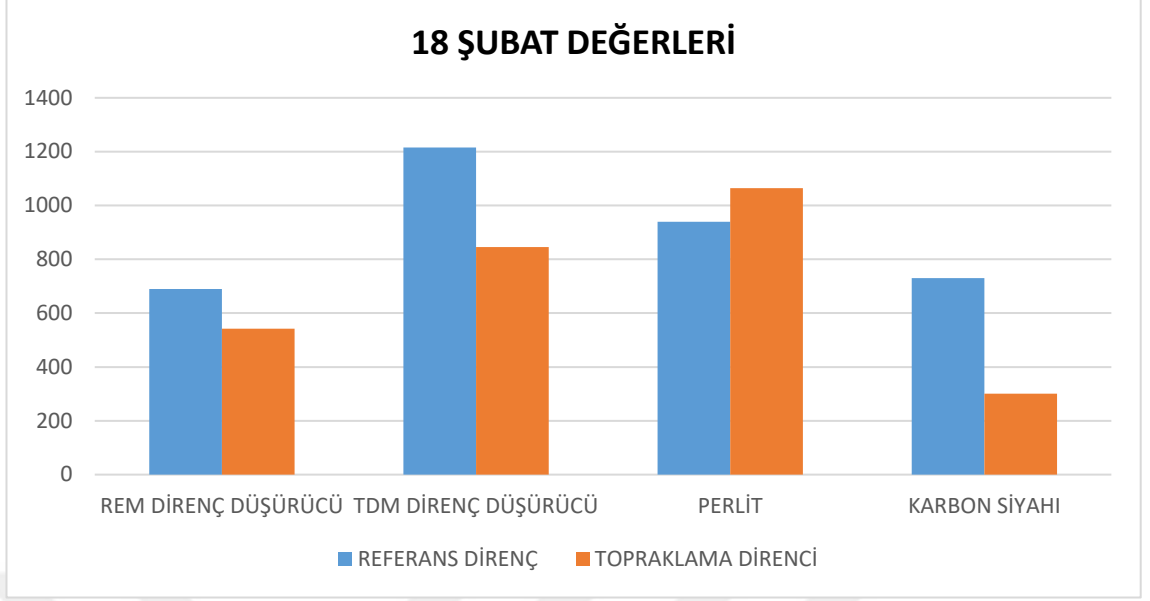
Şekil 5.15. 3 Ocak değerleri

On altıncı topraklama direnç ölçümleri 3 Şubat 2022 tarihinde yapıldı. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %13 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %30 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %13 oranındaki artırma durumunu korumuştur. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %40 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.16'da verilmiştir.



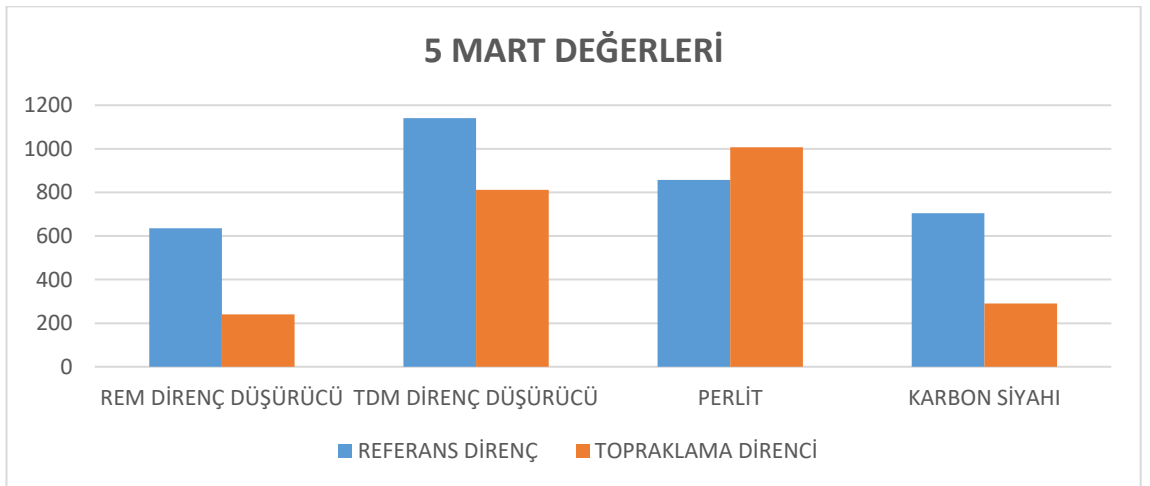
Şekil 5.16. 3 Şubat değerleri

On yedinci topraklama direnç ölçümleri 18 Şubat 2022 tarihinde yapıldı. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %21 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %30 oranındaki düşürme durumunu korumuştur. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %13 oranındaki artırma durumunu korumuştur. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %40 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.17'de verilmiştir.



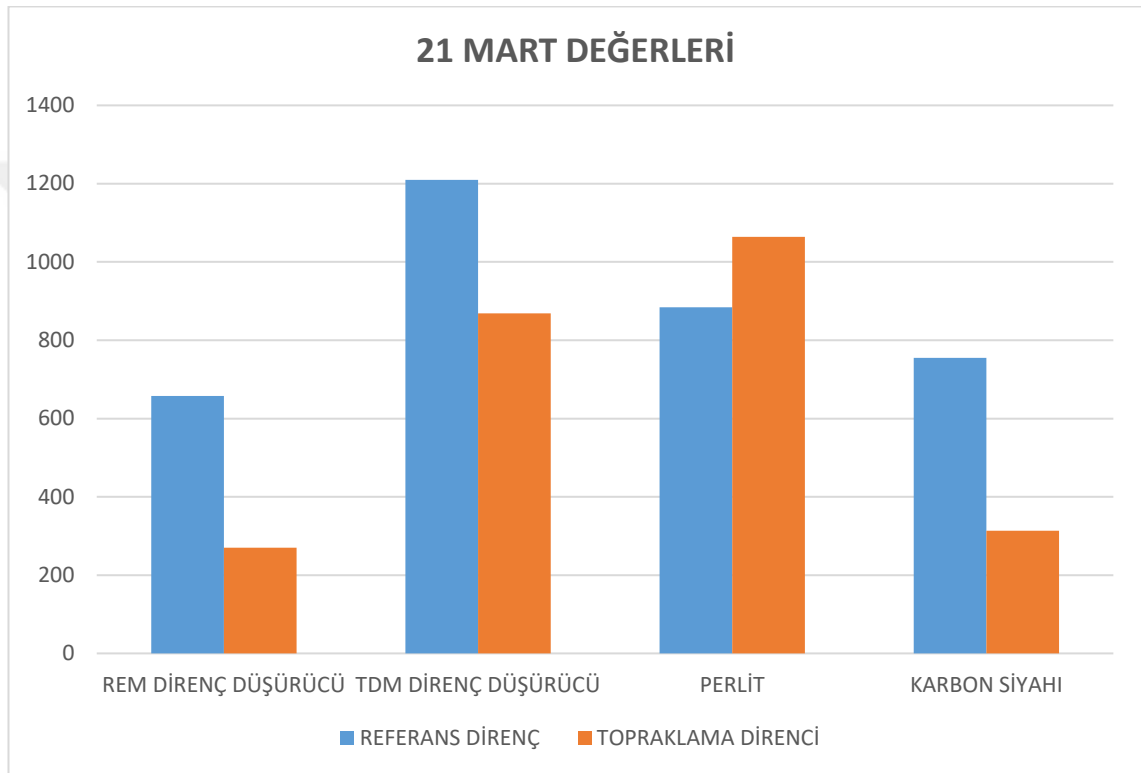
Şekil 5.17. 18 Şubat değerleri

On sekizinci topraklama direnç ölçümleri 5 Mart 2022 tarihinde yapıldı. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %42 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %29 oranındaki düşürme durumunu korumuştur. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %17 oranında artırmış hale getirmiştir. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %59 oranında düşürmüş hale getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.18’de verilmiştir.



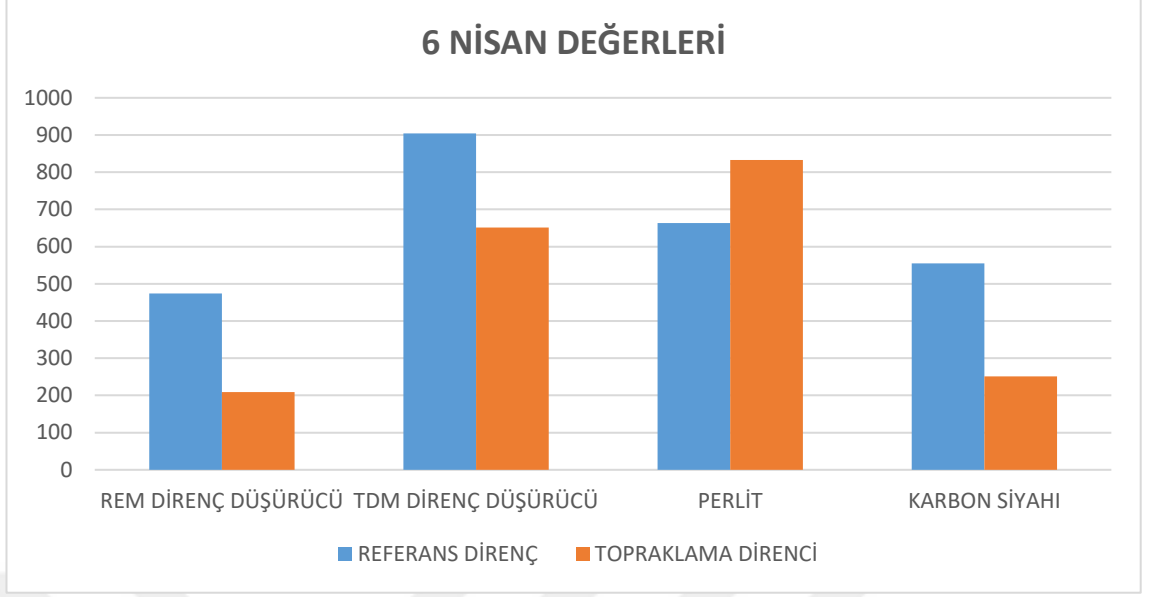
Şekil 5.18. 5 Mart değerleri

On dokuzuncu topraklama direnç ölçümleri 21 Mart 2022 tarihinde yapıldı. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %59 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %28 oranındaki düşürme durumunu korumuştur. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %20 oranında artırmış hale getirmiştir. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %59 oranındaki düşürme oranını korumuştur. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.19’de verilmiştir.



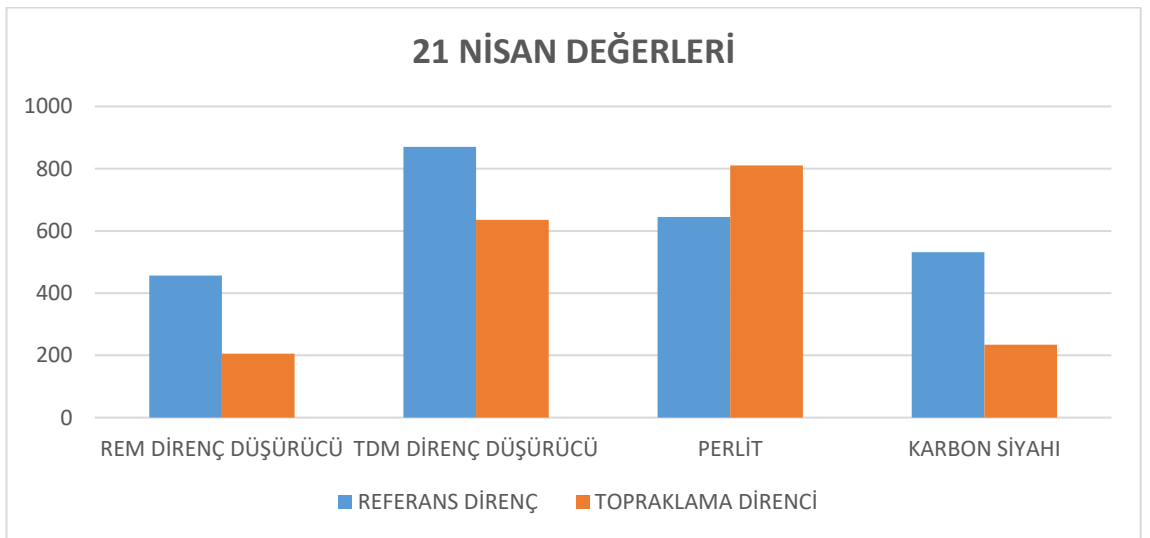
Şekil 5.19. 21 Mart değerleri

Yirminci topraklama direnç ölçümleri 6 Nisan 2022 tarihinde yapıldı. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %56 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %28 oranındaki düşürme durumunu korumuştur. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %25 oranında artırmış hale getirmiştir. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %55 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.20’de verilmiştir.



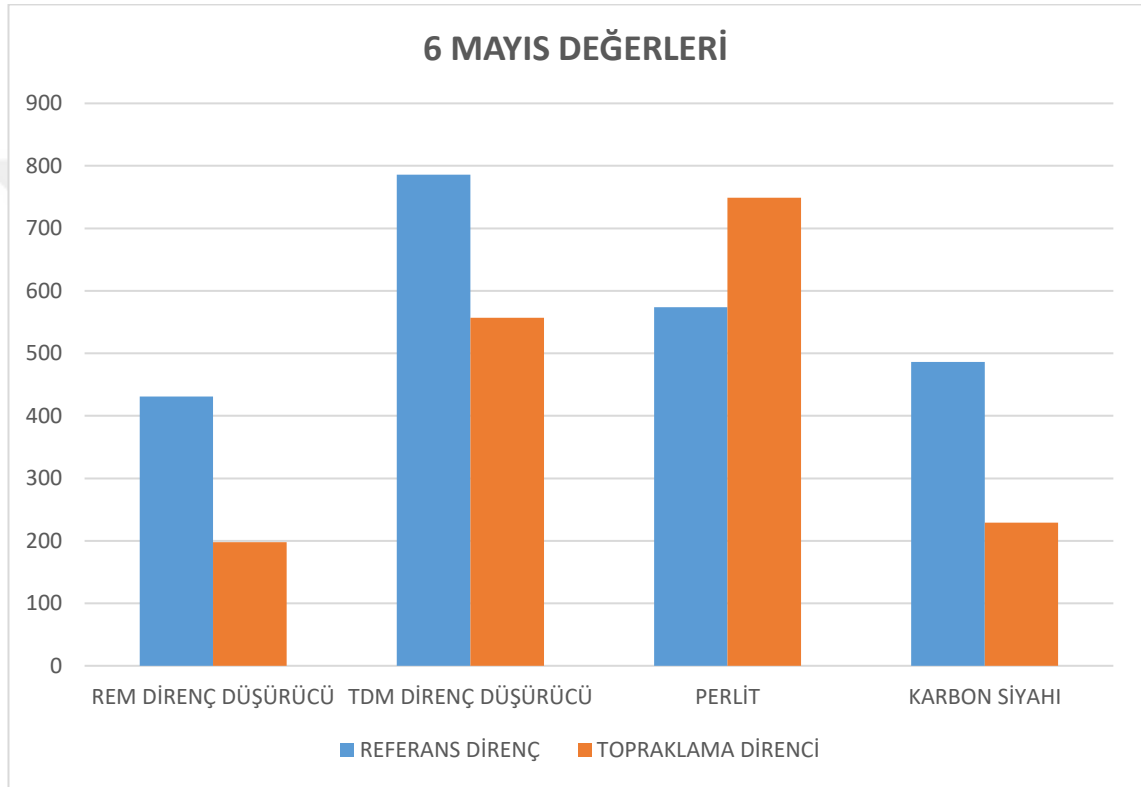
Şekil 5.20. 6 Nisan değerleri

Yirminci birinci topraklama direnç ölçümleri 21 Nisan 2022 tarihinde yapıldı. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %55 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %27 oranındaki düşürme durumunu korumuştur. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %25 oranındaki artırma durumunu korumuştur. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %56 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.21’de verilmiştir.



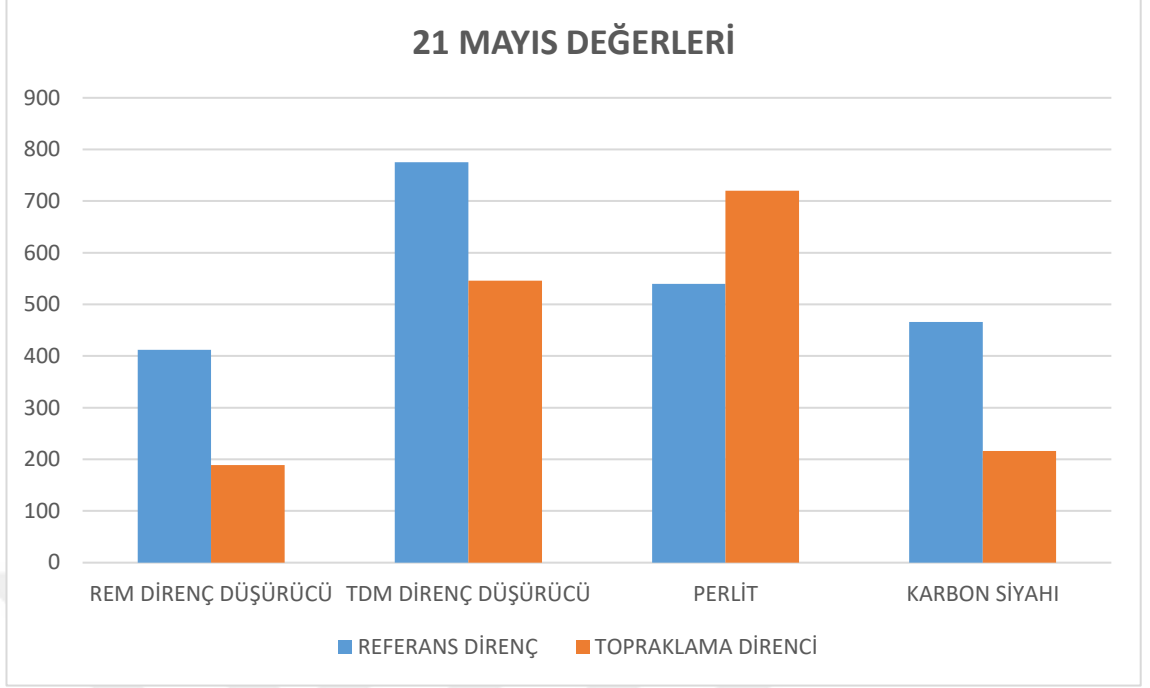
Şekil 5.21. 21 Nisan değerleri

Yirmi ikinci topraklama direnç ölçümleri 6 Mayıs 2022 tarihinde yapıldı. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %54 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %29 oranındaki düşürme durumunu korumuştur. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %40 oranında artırmış duruma getirmiştir. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %47 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.22’de verilmiştir.



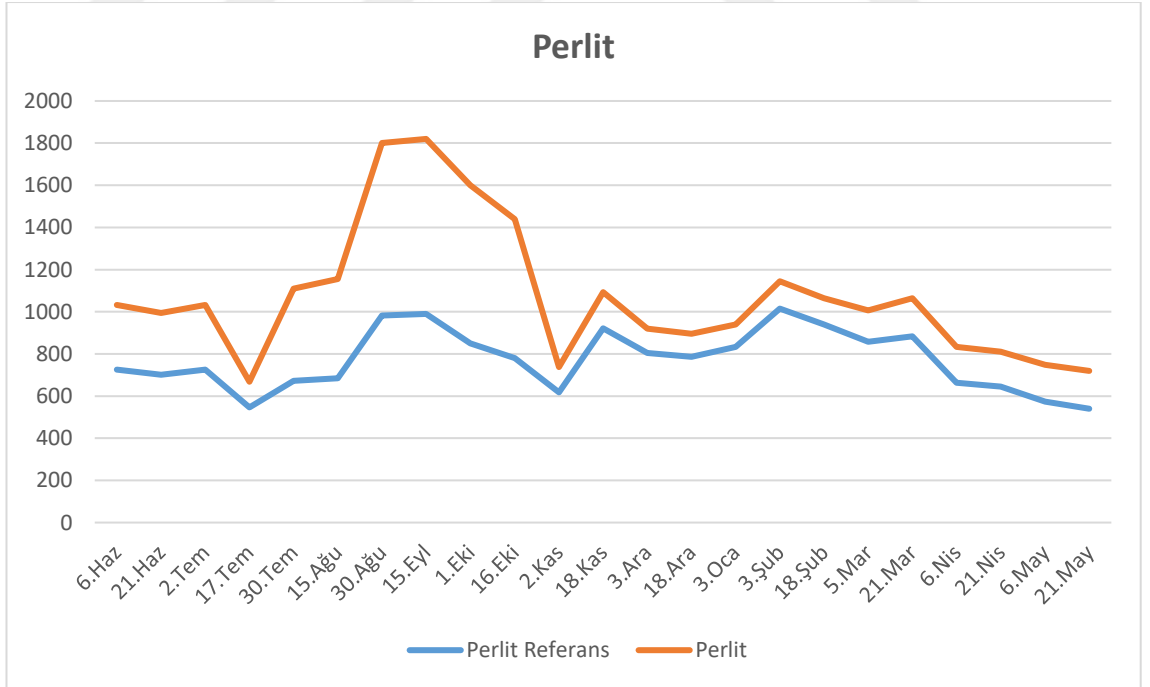
Şekil 5.22. 6 Mayıs değerleri

Yirmi üçüncü topraklama geçiş direnç ölçümleri 21 Mayıs 2022 tarihinde yapıldı. Rem direnç düşürücü topraklama direncini referansa dirence göre %54 oranını düşürme oranını korumuştur. Tdm direnç düşürücü topraklama direncini referans dirence göre %30 oranındaki düşürme durumunu korumuştur. Perlit topraklama direncini referans dirence göre %33 oranında artırmış duruma getirmiştir. Karbon siyahı topraklama direncini referans dirence göre %54 oranında düşürmüş duruma getirmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.23’te verilmiştir.



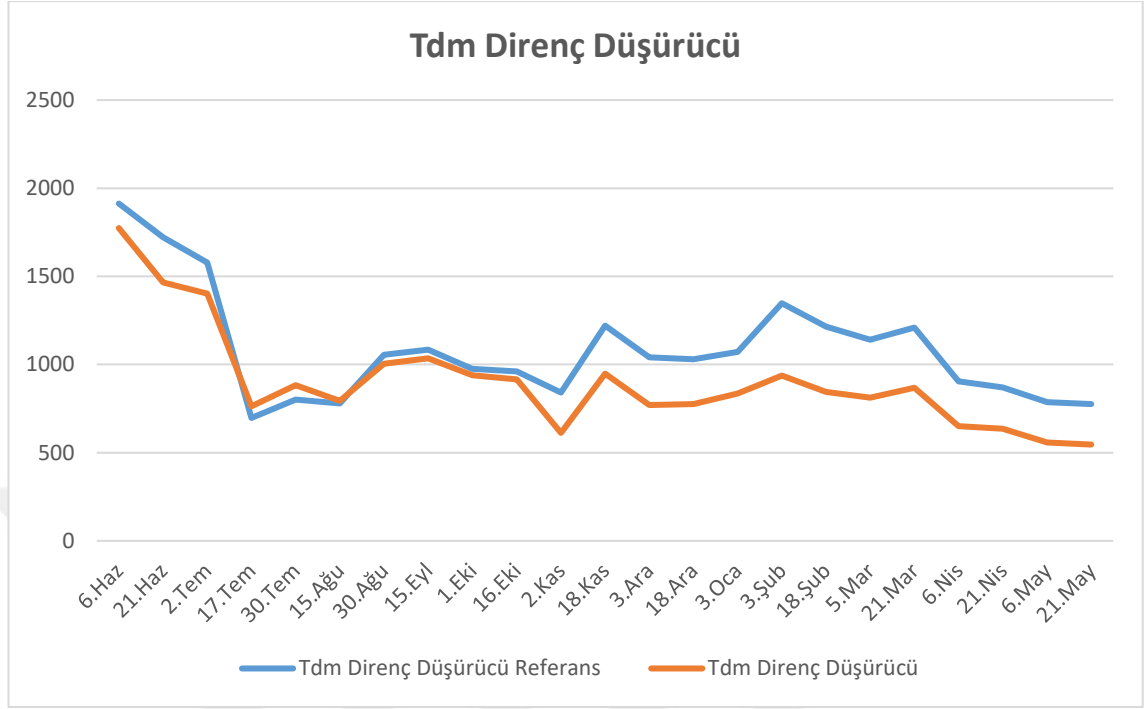
Şekil 5.23. 21 Mayıs değerleri

Perlitin tüm ölçüm sonuçları Şekil 5.24’te verilmiştir.



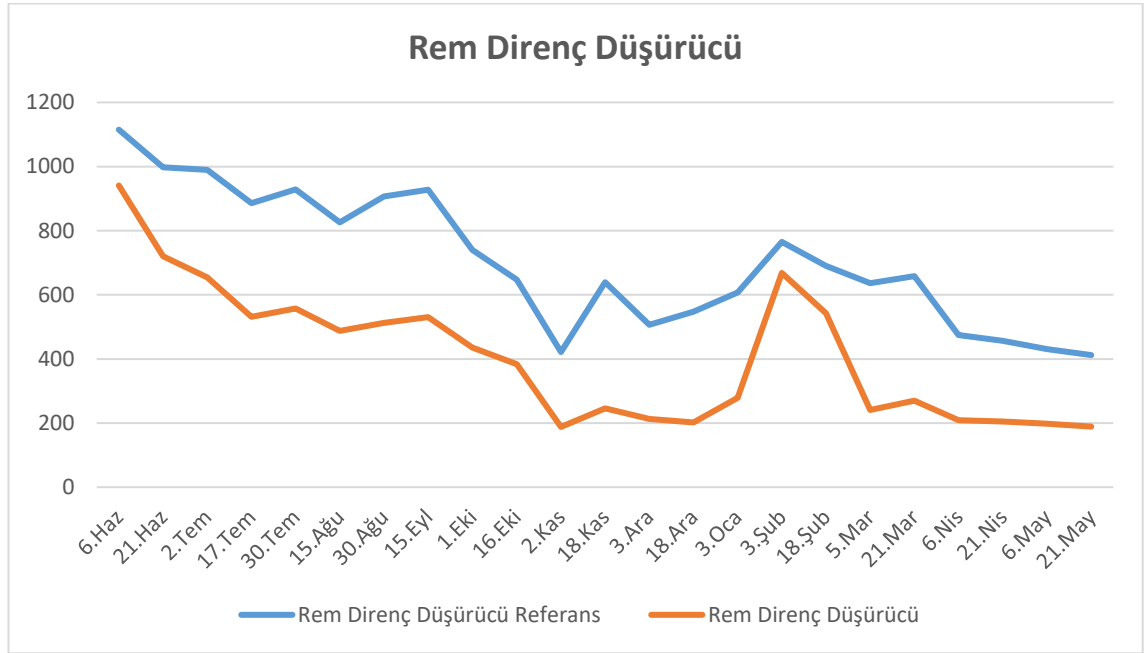
Şekil 5.24. Perlit değerleri

Tdm direnç düşürücü tüm ölçüm sonuçları Şekil 5.24'te verilmiştir.



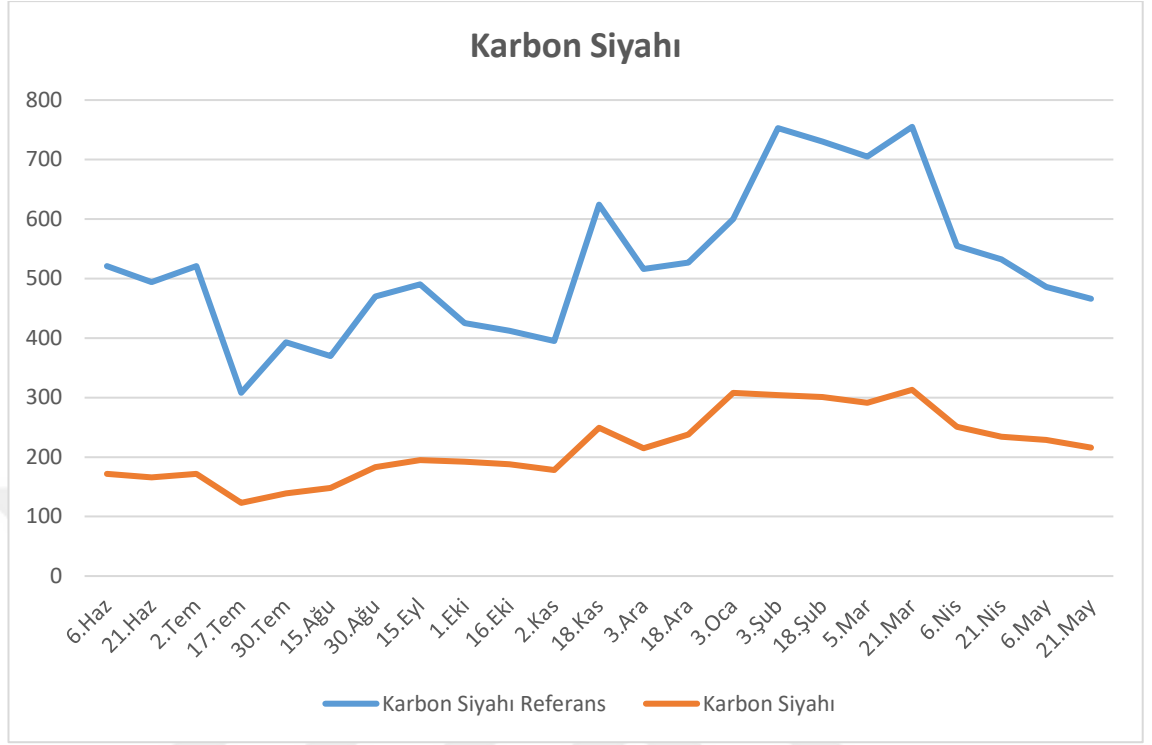
Şekil 5.24. Tdm direnç düşürücü değerleri

Rem direnç düşürücü tüm ölçüm sonuçları Şekil 5.25'te verilmiştir.



Şekil 5.25. Rem direnç düşürücü değerleri

Rem direnç düşürücü tüm ölçüm sonuçları Şekil 5.26’da verilmiştir.



Şekil 5.26. Karbon siyahı değerleri

6. SONUÇLAR

Kullanılan dört malzemenin ilk ölçüm değerlerinde rem direnç düşürücü, tdm direnç düşürücü ve karbon siyahında referans değerine göre düşük sonuç elde edilirken perlitte referans değerine göre yüksek bir direnç elde edilmiştir. 15 günlük dönemlerle yapılan ölçümlerde dört malzemenin de referans değerine paralel bir şekilde artış ve azalış gösterdiği gözlemlenmiştir.

Perlitte temmuz ayında direnç değerleri yükselmiştir. Donma sıcaklıklarında yine direnç değerleri kötüleşip yükselmiştir. İlkbaharda havanın ısınıp yağışların artmasıyla birlikte direnç değerleri tekrar düşüşe geçmiştir. Perlit her ölçümde referans aldığımız değere göre kötü sonuçlar vermiştir. Topraklama direncini düşürememiştir. Tüm ölçümlerin sonucunda topraklama direncinde ortalama olarak % 38lik bir artış sağlamıştır.

Tdm direnç düşürücüde kasım ayına kadar direnç değerleri düşmüştür. Kasım ayına kadar olan süreçte temmuz ayındaki aşırı sıcaklarda tdm direnç düşürücüde referans değerden daha kötü direnç değerleri elde edilmiştir. Sıcaklığın yüksek olduğu bu hava şartlarında tdm direnç düşürücünün kullanılmasının topraklama direnç düşürmede pek uygun olmadığı görülmüştür. Donma sıcaklıklarında yine direnç değerleri kötüleşip yükselmiştir. İlkbaharda havanın ısınıp yağışların artmasıyla birlikte direnç değerleri tekrar düşüşe geçmiştir. Tüm ölçümlerin sonucunda topraklama direncinde ortalama olarak % 17lik bir düşüş sağlamıştır.

Rem direnç düşürücüde haziran ayında yapılan sıcak havalardaki ölçümlerden kasım ayına kadar ara ara ufak artışlar olsa da genel olarak direnç değerlerinde büyük düşüş meydana gelmiştir. Yağmurun olduğu dönemde bu düşüş daha da hızlı olmuştur. Kış aylarına girildiğinde ise direnç değerlerinde artış başlamıştır. Donma sıcaklıklarında bu artış yüksek direnç değerlerine kadar devam etmiştir. İlkbaharda havanın ısınıp yağışların artmasıyla birlikte direnç değerleri tekrar düşüşe geçmiştir. Tüm ölçümlerin sonucunda topraklama direncinde ortalama olarak % 42lik bir düşüş sağlamıştır.

Karbon siyahında kasım ayına kadar topraklama direnç değerleri istikrarlı devam etti. Donma sıcaklıklarında karbon siyahında da direnç değerleri yükselmiştir. Referans direnç değerine göre en iyi topraklama direnç değerini karbon siyahı vermiştir. Tüm

ölçümlerin sonucunda topraklama direncinde ortalama olarak % 59luk bir düşüş sağlamıştır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar perlit topraklama direncinin düşürülmesinde kötü sonuçlar vermiştir bu nedenle perlitin toprak direnç düşürücü olarak kullanılması uygun olmayacaktır.

Tdm direnç düşürücü topraklama direncini düşürmede ortalama olarak iyi sonuçlar verdiği halde sıcak hava şartlarında referans değerine göre kötü sonuçlar vermiştir. Mohamad Camara tarafından yapılan çalışmada da bentonitin nem oranının az olduğu durumlarda kötü sonuçlar verdiği görülürken nem oranının çok olduğu durumlarda iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Yaptığımız çalışmada bu durumu destekleyici veriler elde edilmiştir.

Rem direnç düşürücü her ölçümde karbon karasında olduğu gibi referans değerine göre iyi sonuçlar vermiştir. Topraklama direnç düşürücü olarak kullanılması fayda sağlayacaktır.

Karbon siyahı topraklama direncini düşürmede en iyi sonuçları vermiştir. Direnç değerleri değişen hava şartlarında büyük değişiklikler göstermemiştir. Karbon siyahı kullanılan diğer kimyasallara göre daha istikrarlı sonuçlar vermiştir. Topraklama direncini belli seviyede korumuştur. Bu çalışmamızda karbon siyahının topraklama direncini düşürmede iyi etki gösterdiği gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Androvitsaneas, V. P. and Gonos, I. F. and Stathopoulos, I.A. (2015) “Experimental study on transient impedance of grounding rodsencased in ground enhancing compounds”, *Electric Power Systems Research*, 139, 109-115.
- Androvitsaneas, V. P. and Ganas, I. F. and Stathopoulos, I. A. (2012), “Performance of Ground Enhancing Compounds During the Year”, *International Conference on Lightning Protection (ICLP)*.
- Aydiner, M. G. (2009) “Topraklama Tasarımı Analizi”, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 8.
- Camara, M. (2020) “Investigation Of Electrical Transient Characteristics For Different Grounding Systems”, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Chauvin Arnoux Group (2013) “Topraklama Ölçüm El Kitabı”, 5-6.
- Eduful, G. and Cole, J. E. (2009) “Palm Kernel Oil Cake As An Alternative To Earth Resistance-Reducing Agent”, *IEEE Center for Scientific and Industrial Research*, 1-4.
- EMO. “Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği”,
https://www.emo.org.tr/mevzuat/mevzuat_detay.php?kod=91
Son erişim tarihi: 21.08.2001.
- Faleiro, E., Asensio, G., Denche, G., Moreno, J. (2022) “A fast method to compute the grounding resistance of a coated electrode using the coated electrode equivalent radius”, *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, Madrid, 1-8.
- Galvan, A. , Pretelln, G., Gaona, E. , (2010) “Practical Valuation Of Ground Enhancing Compounds For High Soil Resistivities”, *30th International Conference on Lightning Protection – ICLP*, Cagliari,(1233-1)-(1233-4).
- Galvan, A., Soto, D., Malo, J. M.,(2009) “Evaluation Under Controlled Conditions Of Ground Enhancing Compounds Used In Grounding Rods”, *X International Symposium on Lightning Protection*, Curitiba, Brazil,343-346.
- Hu, W., Yu, S., Cheng, R., He, J.L., (2012) “A testing research on the effect of conductive backfill on reducing grounding resistance under lightning”, *Proc. of 31st Int. Conf. Lightning Protection (ICLP)*, Vienna, Austria, 1-4.
- İlisu, İ. , (2005) “Elektrik tesislerinde dolaylı dokunmaya karşı koruma ve topraklama”, *Elektrik Mühendisleri Odası Meslek İçi Sürekli Eğitim Merkezi*, Ankara, 30.
- Jasni, J., Siow, L.K., Ab Kadir, M. Z. A. and Wan Ahmad, W. F., (2010) “Natural Materials As Grounding Filler For Lightning Protection System”, *30th International Conference on Lightning Protection – ICLP*, Malaysia, 1-6.

- Khan, Y. and Malik, N. H. and Al-Arainy, A. A. and Qureshi, M. I. and Pazheri, F.R. (2010) "Efficient Use of Low Resistivity Material For Grounding Resistance Reduction in High Soil Resistivity Areas", *TENCON IEEE Region 10 Conference*, 620-624.
- Laverde, V., Ab Kadir, M. Z. A., Gomes, C., (2012), "Performance of backfill materials under impulse and ac testings", *Proc. Of 31st Int. Conf. Lightning Protection (ICLP)*, Vienna, Austria, 1-7.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2011). "Karboksilli Asitler", Kimya Teknolojisi, *MEB*, Ankara, 1-2.
- Nor, N.M. (2006), "Effect Of Enhancement Materials When Mixed With Sand Under High Impulse Conditions", *IEEE 8th International Conference on Properties & applications of Dielectric Materials*, Malaysia, 916-919.
- Sığircı, H.,V. (2008) "Elektrik tesislerinde topraklama empedansı ve topraklama empedansını etkileyen faktörler", *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Malatya, 8-24.
- Tu, Y. , He, J., Member, S., (2006), "Lightning Impulse Performances of Grounding Devices Covered With Low-Resistivity Materials", *IEEE Transactions on Power Delivery*, 1-8.
- Üresin, F., (2010) "Yüksek gerilim elektrik tesislerinde topraklama analizi", *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon,4-24.
- Vural, U. S., "Pirolitik Karbon Siyahının Rafinasyonu ve Kauçuk Sektöründe Kullanımı", *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Afyonkarahisar, 854.
- Wan Ahmad, W.F., Abdul Rahman, M.S., Jasni, J., Ab Kadir and H., Hizam, M. Z. A., (2010), "Chemical Enhancement Materials For Grounding Purposes", *30th International Conference on Lightning Protection – ICLP*, Malaysia, 1-6.
- Yamane, H., Ideguchi, T., Tokuda, M., Koga, H., (1990), "Long Term Stability of Reducing Ground Resistance with Water Absorbent Polymers", *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, Japan, 678-682.



EK-1. Tez Çalışma Süresinde Yapılan Akademik Çalışmalar

Akaltun, Y., Daştan, M., (2021) “Bileşiklerle Kaplanmış Topraklama Çubuklarının Geçiş Empedansı Ölçümleri”, Yenilikçi Ölçme Yöntemleri Ve Tasarımlar: Mühendislik Uygulamaları, *İksad Yayınevi*, Ankara, 3-26.

