

Dağıtım Şirketleri AR-GE Projesi Sonuç Raporu

A. Proje Kimlik Bilgileri:

Başvuru Sahibi:	Akdeniz Elektrik Dağıtım A.Ş.
Başvuru Sahibinin Adresi:	Göksu Mahallesi Serik Caddesi No:15 Demokrasi Kavşağı Kepez/Antalya
Proje Adı:	Dağıtım Şebekesinde Topraklama Sistemlerinin Durumu ve Yapılabilecek İyileştirmeler
Proje Bölgesi:	Akdeniz EDAŞ Sorumluluğundaki Bölgeler
Proje Süresi:	12 Ay
Proje Sorumlusu:	M. Salih Kanber
Proje Sorumlusu İletişim Bilgileri:	salih.kanber@akdenizedas.com.tr +90 532 366 67 88

B. Proje Sonuç Değerlendirme Özeti:

Bilindiği gibi elektrik sistemlerinin devamlılığını sağlamak ve olası bir arıza durumunda insan hayatını güvenceye almak için elektrik sistemlerinde topraklamaya gerek duyulmaktadır. Bu nedenle düzgün bir topraklama sisteminin yapılması önemlidir. Günümüzde mevcut topraklama uygulamaları, şebekelerde gelişmekte olan dalgalı ve bozucu yükleri barındırabilmek ve aynı şebekede halk ve işçi güvenliğini en üst düzeyde tutabilmek için yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle çoğu durumda mevcut topraklama sistemlerinin tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bu hususta proje ile öncelikle Türkiye'deki mevcut dağıtım topraklama uygulamasının kapsamlı bir incelemesi yapılmış ve alışılmış uygulamaların ve kuralların ortaya çıkardığı riskler değerlendirilmiştir. Özellikle, yapılan toprak dirençleri ölçümleri ile topraklama sisteminin direncinin ölçüldüğü gibi bir yanılığa düşüldüğü gözlemlenmiştir. Böyle bir durumun ortaya çıkmasındaki temel nedenin ise EDAŞ'ların topraklama sistemi direnç hesabı yapabilen bir analiz programına sahip olmaması olduğu kanısına varılmıştır. Yine mevcut topraklama uygulamalarında yüksek frekans durumlarının göz önüne alınmadığı ve yüksek frekanslarda topraklama sisteminin empedans değerinin büyük ölçüde değişebileceği gerçeğinin çoğu saha personeli tarafından bilinmediği görülmüştür.

Mevcut topraklama sisteminin incelenmesinden sonra ise arıza verileri ışığında belirlenen kritik topraklama sistemlerinde, normal ve yüksek frekanslı (anahtarlama vb.) olaylarda topraklama ızgaralarının işlevlerini kontrol etmek için saha ziyaretleri yapılmış gerekli ölçümler alınmıştır. Alınan ölçümler ışığında topraklama sistemi kötü olarak kabul edilebilecek iki dağıtım merkezi ve topraklama sistemi pilot bölge olarak seçilmiştir.

Ölçümler sonrasında SESTECH programı kullanılarak, pilot bölgelerdeki topraklama sistemleri ayrı ayrı ve detaylı olarak modellenip, farklı frekans durumları için analiz edilmiştir. Analiz sonuçları ile de seçilen iki pilot bölge için topraklama ızgaralarının işlevselliği incelenmiştir. Yapılan incelemelerde normal işletme durumunda iki dağıtım merkezi için topraklama sistemi empedans değerlerinin 4.99 ve 4.57 ohm olarak elde edildiği görülmüştür. Temel anahtarlama frekansı olarak kabul edilen 20 kHz seviyelerinde ise iki topraklama sistemi için empedans değeri yaklaşık 25 ohm olmuştur. Normal işletme durumunda kabul edilebilir topraklama empedans değerinin büyüklüğü ile herhangi bir standartta herhangi bir değer yer alamasa da topraklama sistemi empedansının genellikle 5 ohm'dan düşük olması istenmektedir. Bununla

beraber neredeyse bütün topraklama analiz programları tarafından referans olarak kabul edilen IEEE-80 standardında insan hayatını göz önüne alan bir değerlendirme mevcuttur. Bu değerlendirme de topraklama sistemi üzerinden elektrik çarpmasına maruz kalacak kişinin kilosuna ve şok süresine göre topraklama tasarımına karar verilmesi gerektiği söylenmektedir. Güncel topraklama mevzuatımızda da benzer bir değerlendirme kriteri mevcuttur. Pilot bölgelerdeki topraklama sistemleri bu değerlendirmeye tabi tutulduğunda elde edilen toprak potansiyeli değerinin yüksek olduğu ve topraklama empedans değerinin en az yarıya indirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Normal işletme durumu için topraklama empedansının en az yarıya düşürülmesi gerekliliği göz önüne alınarak mevcut topraklama sisteminin hem normal işletme frekansı hem de anahtarlama frekansında iyi olarak kabul edilebilmesi için çözüm önerileri aranmıştır. Bu hususta olası iyileştirmeler SESTECH programı üzerinde test edilmiş ve toprakla sistemini tamamen değişmeden iyileştirme yapılması mümkün olanları belirlenmiştir. Yine yapılan analizler sonucunda toprak yapısının iyileştirildiği ya da topraklama empedansının azaltıldığı durumlarda, topraklama sisteminin yüksek frekanslardan etkilenmesinin de oldukça azaldığı görülmüştür.

Projenin son aşamasında ise belirlenen iyileştirmeler seçilen iki pilot bölge içinde uygulanmış ve yapılan iyileştirmenin etkinliği gerek saha ölçümleri gerekse benzetim analizleri ile kanıtlanmıştır. Yine bu aşamada topraklama sisteminin empedans değerini hesaplayan ve IEEE-80'deki formüllere (Analizlerin yapıldığı programın kullandığı formüllere) dayanan kullanıcı arayüzüne sahip bir program geliştirilmiştir. Mevzuatta yer alan fakat çoğu EDAŞ personeli için anlaşılması ve hesaplanması zor olup, temel topraklama sisteminin boyutlandırılmasında kullanılan izin verilen maksimum dokunma ve adım gerilimleri de bu program ile hesaplanmaktadır. Böylece, topraklama sistemi boyutlandırılır ve tasarımına karar verilirken, EDAŞ saha personellerine yardımcı olabilecek ve şebeke için iyi topraklama sistemlerinin kurulabilmesinde faya sağlayacak kullanımı kolay bir program da elde edilmiştir. Tüm bu çalışmalar sonrasında da projede elde edilen kazanımların paylaşıldığı bir toplantı yapılmış ve proje başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.

C. Proje Sonuç Değerlendirmesi:

C.1. Proje İş Planı ve Zaman Takvimi

Proje önerisinde verilen iş planı ve zaman takvimine uyulmuş olup, sadece İş Paketi 3 erken bitirilmiş olup, devam eden İş Paketi-4 de bu nedenle 1 ay önce başlamıştır. EPDK ya sunulan proje teklif formundaki iş planı ve zaman takvimi ile proje kapsamında gerçekleşen iş paketi görseli aşağıda Tablo 1'de verilmiştir. İlgili iş paketleri ile detaylar C.2. başlığında açıklanmıştır.

Tablo 1. Projenin Orijinal İş Planı Ve Zaman Takvimi (EPDK Proje Teklif Formundaki)

İş Paketleri	1. Ay	2. Ay	3. Ay	4. Ay	5. Ay	6. Ay	7. Ay	8. Ay	9. Ay	10. Ay	11. Ay	12. Ay
İP1 Proje Yönetimi												
İP2 Kalite Temini												
İP3 Literatür Taraması												
İP4 Pilot Bölgenin Belirlenmesi ve Gerekli Saha Ölçümlerinin Yapılması												
İP5 Pilot Bölgenin Detaylı Modellenmesi ve Simülasyonlar												
İP6 Çözüm Önerilerinin Belirlenmesi ve 1 Dağıtım Merkezi için Uygulanması												
İP7 Proje Kapanışı, Bilgilendirme ve Paylaşım												

**Planlanan Zaman Planı****Gerçekleşen Zaman Planı**

C.2. İş Paketleri

Aşağıda, projedeki iş paketleri ve içerikleri hakkında bilgilere yer verilmiştir. Ayrıca EPDK'ya sunulan ilk proje öneri raporuna göre sapmalar ve değişiklikler varsa bunlar da ilgili iş paketinde açıklanmıştır.

C.2.1 İş Paketi-1

Proje önerisinde belirtildiği gibi bu iş paketi tüm proje boyunca devam etmiştir. Projenin, başvuru formunda tanımlanan tüm iş paketlerine ve içeriklerine uygun olarak ilerlemesi için gerekli takip ve raporlama yöntemlerine yapılan başlangıç toplantısı ile bu iş paketi kapsamında karar verilmiştir.

C.2.2 İş Paketi-2

Projenin belirlenen bir kalite üzerinde tamamlanması için alınacak aksiyonlara ve düzenlenecek dokümantasyonlarla ilgili bilgilere bu iş paketi içeriğinde karar verilmiştir.

C.2.3 İş Paketi-3

Bu iş paketin dağıtım sistemlerindeki topraklamalar nasıl yapılması gerektiğini ve topraklama sistemi tasarımı yapılırken nelere dikkat edilmesi gerektiğini anlatan ulusal ve uluslararası mevzuatlar, standartlar ve uygulamalar ile literatür araştırması yapılmıştır. Yapılan incelemelerde özellikle IEEE-80 standardının diğer standartlara kıyasla uluslararası alanda daha çok kabul gördüğü ve topraklama sistemlerinin modellenmesi için kullanılan analiz programlarının da bu standardı referans aldığı görülmüştür. Yine proje kapsamında değerlendirilecek olan yüksek frekans olaylarının topraklamaya etkisine çoğu standarda yer verilmediği ya da çok az değinildiği görülmüştür. Bu hususta yine literatür araştırılması yapıp, yüksek frekansın topraklama sistemi üzerindeki etkilerini gösteren farklı vaka çalışmaları incelenmiştir. Yapılan tüm bu literatür çalışmaları da iş paketi bitiminde Literatür Tarama Rapor'u adı verilen bir çıktı içerisinde detaylandırılmıştır. Proje imza aşaması sürecinde literatür incelemelerine başlanması nedeniyle bu iş paketi beklenenden 1 ay daha önce bitmiştir.

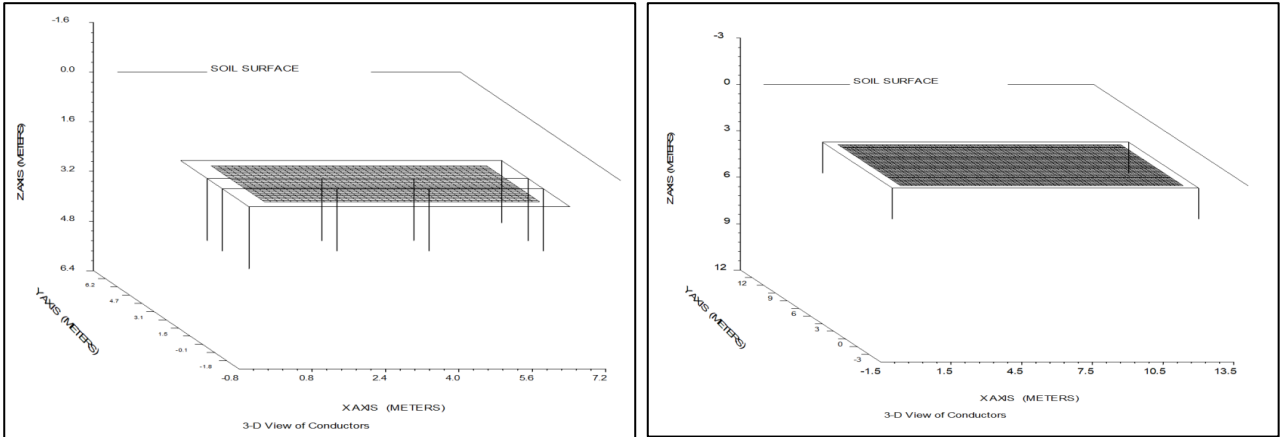
C.2.4 İş Paketi-4

Bu iş paketi kapsamında öncelikle Akdeniz EDAŞ Şebekesindeki arıza verileri incelenerek topraklama sisteminin kötü ya da yeteri kadar iyi olmadığı düşünülen 4 adet dağıtım merkezi belirlenmiştir. Belirlenen bu dağıtım merkezlerinde öncelikle klasik topraklama ölçümleri yapılmış ve topraklama sistemleri değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu 4 dağıtım merkezinden 2 tanesini pilot bölge olarak belirlenmiştir. Belirlenen pilot bölgelerdeki dağıtım merkezleri üzerinde gerekli ölçüm aletleriyle topraklama sisteminin ve şebekesinin yüksek frekanslara verdiği değerler ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda

topraklama sistemi empedans değerinin frekans artışı ile beraber arttığı gözlemlenmiştir. Böylece yapılacak modeller öncesi teorik olarak kabul edilen bilgilerin doğruluğu pratik ortamda da sağlanmışır. Yapılan tüm çalışmalarla ilgili veriler Pilot Bölge Ölçüm Verileri adlı raporun altında toplanmıştır.

C.2.5 İş Paketi-5

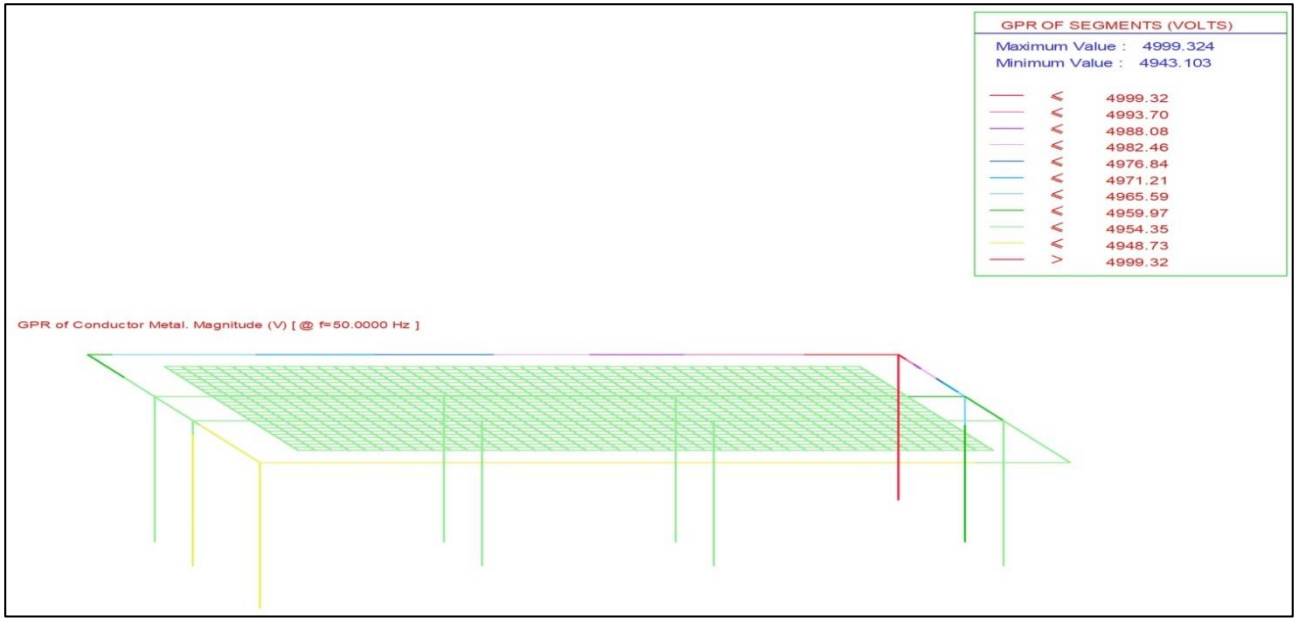
Belirlenen iki pilot bölge CDEGS-SesTech programı üzerinde gerekli ara modüller kullanılarak analiz edilmiştir. Frekans bazlı topraklama sistemi analizleri için önce toprak yapısı ve türü belirlenmiş olup, sonrasında pilot bölge topraklama şebekelerinin program üzerinde benzetimi yapılmıştır. Aşağıda Şekil 1’de benzetimleri yapılan topraklama şebekeleri 3 boyutlu olarak gösterilmiştir. Benzetimlerin analizlerinin yapılabilmesi için program üzerinde 50 Hz ila 1MHz arasındaki 24 farklı frekans değeri seçilmiş ve gerekli analizler koşullar topraklama şebekelerinin empedans değeri elde edilmiştir. Yapılan analizlerden elde edilen veriler ışığında özellikle düşük frekanstaki (1 kHz’e kadar) topraklama empedansının durağan durumdaki (50 Hz) topraklama empedansı ile neredeyse eşit olarak elde edildiği, fakat şebeke anahtarlama frekansı olan 20 kHz değeri ulaştığında önemli ölçüde arttığı ve 5 katından daha yüksek değere (24-26 ohm) çıktığı görülmüştür. Ayrıca inşaat temelinde kullanılan ve ana topraklama sistemine tutturulan inşaat demirlerinin normal şebeke frekansı çalışma durumlarında topraklama sistemini iyileştirdiğı fakat manyetik geçirgenliği (Literatürde demir için yer alan maksimum değeri kabul edilmiştir.) yüzünden özellikle yüksek frekanslarda (25 kHz’den daha yüksek frekanslara geçildiğinde) topraklama sistemini daha olumsuz etkilediğı de görülmüştür. Bu nedenle normal çalışma frekansına sahip güç sistemlerinde kabul edilebilir bir seviyede (4.99-4.57 ohm) olan topraklama sistemi empedansının, olası bir yıldırım ve anahtarlama durumu ile oluşacak geçici yüksek frekanslarda istenilen korumayı sağlayamayacağı anlaşılmış ve iki dağıtım merkezi topraklama şebekesinin de revize edilip, iyileştirilmeye ihtiyaç olduğu kanısına varılmışır.



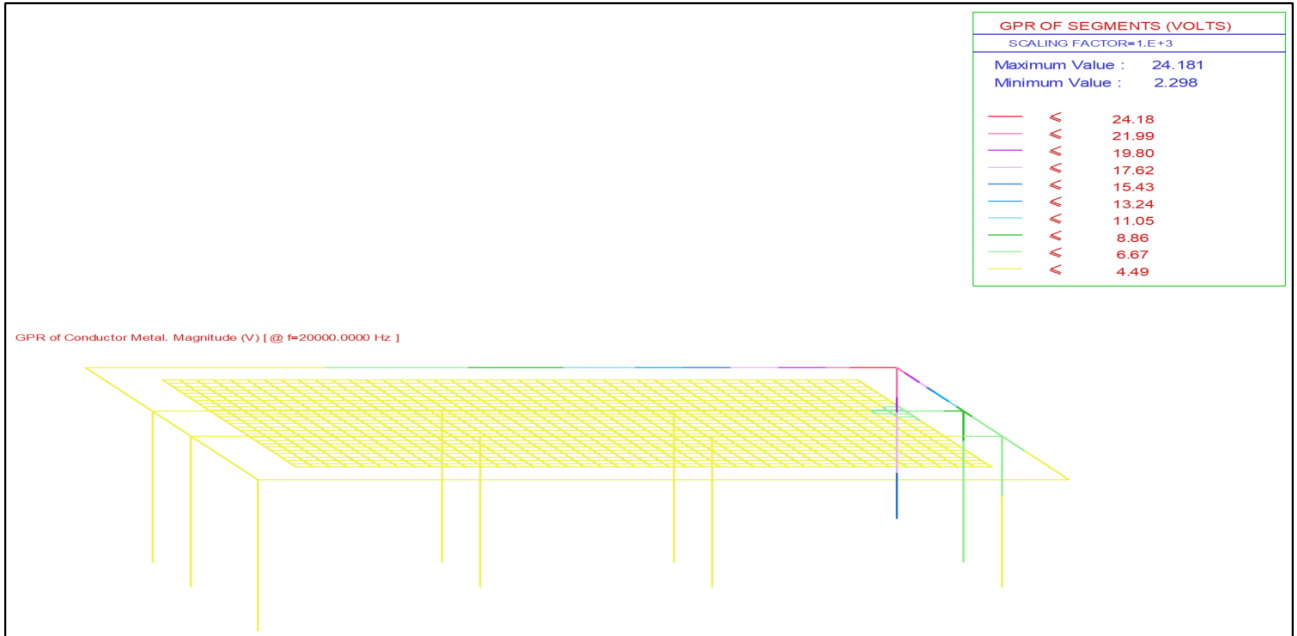
Şekil 1. Pilot Bölge Topraklama Şebekesi Benzetimleri

C.2.6 İş Paketi-6

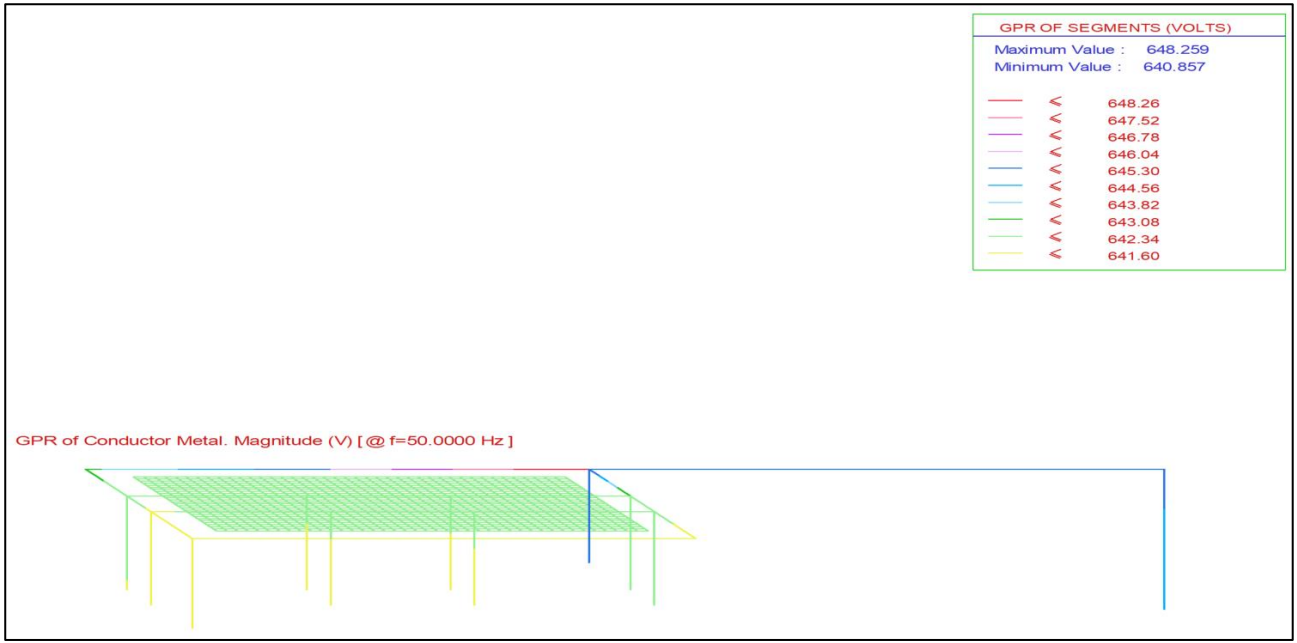
Yapılan analizler sonucunda belirlenen pilot bölgelerde topraklama sisteminin iyileştirilmesi amacıyla uygulanabilir çözüm önerilerin belirlenmesi için farklı durumlar SESTECH programında test edilmiştir. Burada yapılan analizler sonuçlarında topraklama sistemlerinin empedans değeri normal şebeke işletme durumu hem de anahtarlama olayı (20 kHz) için %85 oranında azalmıştır. Temel anahtarlama frekansı olan 20 kHz için incelendiğinde de topraklama sistemi empedansının 5 ohm’un altına çekildiğı (İnşaat demirlerinin manyetik geçirgenlik değeri ihmal edildiğinde veya düşürüldüğünde ise topraklama empedans değeri 1.5 ohm’un altına elde edilmiştir.) görülmüştür. İyileştirmeler kapsamında toprak direnci azaltıcı malzeme ile bakır topraklama kazıkları ve bakır şeritler kullanılmışır. Analiz sonuçları ve sahadan uygulaması sonrası alınan ölçüm değeri görselleri aşağıda sunulmuştur. Uygulaması sonrası yapılan ölçümlerden de anlaşılabileceğı gibi yazılım üzerindeki analiz sonuçları ile saha ölçüm sonuçlarının büyük bir oranda uyduğu görülmüştür (Modelleme - 0.65 ohm / Ölçüm - 0.73 ohm). Böylece simülasyonların ve iyileştirmenin doğruluğu da kanıtlanmıştır.



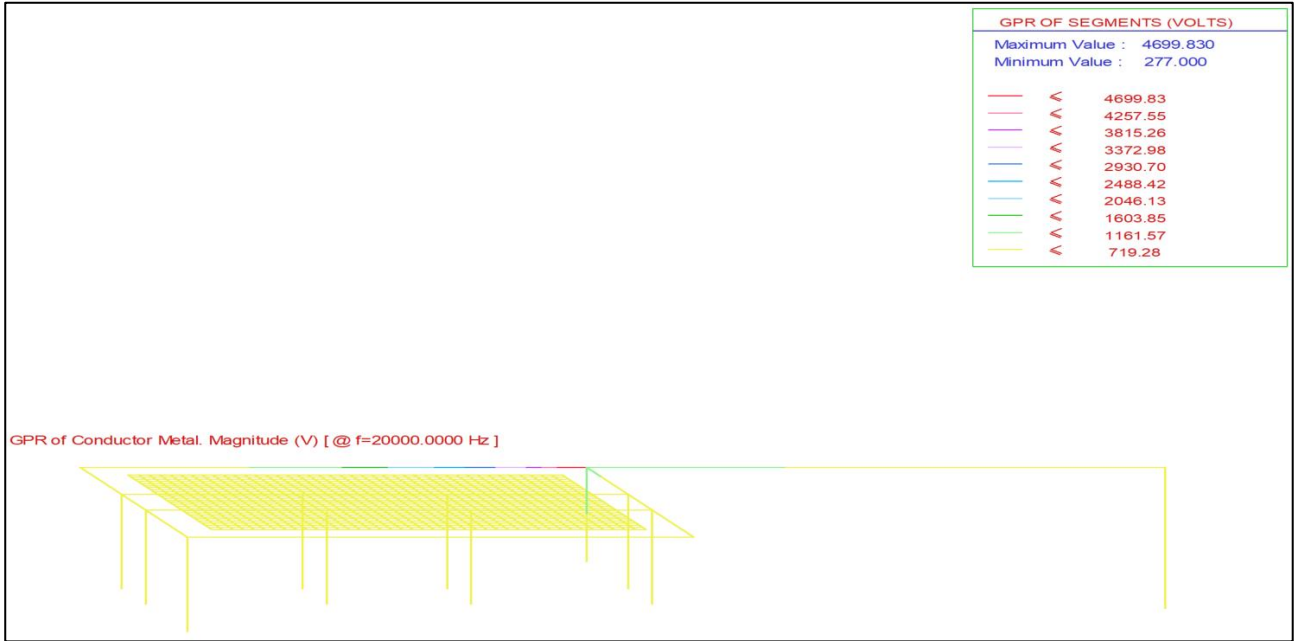
Şekil 2. Seçilen Pilot Bölgenin 50 Hz için Topraklama Modellemesinin Sonucu (4.99 ohm)



Şekil 3. Seçilen Pilot Bölgenin 20 kHz için Topraklama Modellemesinin Sonucu (24.2 ohm)



Şekil 4. Seçilen Pilot Bölgenin Planlanan Uygulama Sonrası 50 Hz için Topraklama Modellemesinin Sonucu (0.65 ohm)



Şekil 5. Seçilen Pilot Bölgenin Planlanan Uygulama Sonrası 50 Hz için Topraklama Modellemesinin Sonucu (4.7 ohm)



Şekil 6. Seçilen Pilot Bölgede Uygulama Sonrası Alınan Ölçüm (0.73 ohm)

C.2.7 İş Paketi-7

Proje kapsamında yapılan tüm işler ve sahadan elde edilen tecrübeler ışığında EDAŞ'ların topraklama şebekeleri hakkında bilgi eksiklikleri olduğu ve kurulumu yapılan veya yapılacak olan topraklama şebekelerinde yeterli değerlendirmelerin yapılmadığı görülmüştür. Bu nedenle gerek topraklama ile ilgili yanlış bilgilerin ortadan kaldırılması gerekse karar mekanizması aşamasında doğru tercihlerin yapılabilmesi adına Sverak ve Schwarz'ın topraklama şebekesi empedans formüllerini içeren ve kullanıcı ara yüzüne sahip bir program tasarlanmıştır. Tasarlanan bu programa gerekli veriler girilerek topraklama şebekesinin empedansı hesaplanabilecek ve böylece yeni yapılacak topraklama sistemleri daha doğru bir şekilde tasarlanabilecektir. Geliştirilen topraklama empedansı hesaplama programının ara yüz görseli aşağıda Şekil 2'de verilmiştir. Geliştirilen programın saha personelleri tarafından rahat bir şekilde kullanılabilmesi amacıyla gerekli eğitimler de bu iş paketi kapsamında verilmiştir. Son olarak ise proje süresince yapılan tüm işleri özetleyen ve projeden elde edilen kazanımları gösteren bir kapanış raporu hazırlanmış ve proje kapanış toplantısında bu rapor sunularak proje başarılı bir şekilde bitirilmiştir.

TOPRAKLAMA SEBEKESİ DİRENC HESABI
×

En Az 3 Ölçüm Sonucu Girip, Ekleyiniz.

Programı Kapat

Toprak Ölçüm Aralığı (m)

1

Toprak Direnci (ohm)

17

Ekle

Topraklama Sistemi Bilgileri

Arıza Akımı Değeri (A)	1000
Şok Süresi (sn)	0,05
Topraklama Sistemi En (X Eksen) Uzunluğu (m)	8
Topraklama Sistemi Boy (Y Eksen) Uzunluğu (m)	6
X Eksen Paralel İletken Sayısı (Min=2)	4
Y Eksen Paralel İletken Sayısı (Min=2)	2
Topraklama Kaziği Uzunluğu (m)	2
Topraklama Kaziği Sayısı	6
Topraklama Sistemi Gömülü Derinliği (m)	1

Schwarz Yöntemi Seç

Topraklama Direnci= 6.59

GPR= 6590.45

Adım Gerilimi= 8139.61

Temas Gerilimi= 2561.5

Schwarz Yöntemi Bilgileri

Yatay İletken Kesiti (mm2)	90
Topraklama Kaziği Kesiti (mm2)	50

Sverak Yöntemi ile
Topraklama Direnci ve
GPR Hesapla

Schwarz Yöntemi ile
Topraklama Direnci ve
GPR Hesapla

Şekil 7. Geliştirilen Topraklama Şebekesi Direnç Hesabı Programının Kullanıcı Arayüzü

C.3 Kaynak Kullanımı ve Bütçe Gerçekleşmeleri

Proje teklif formunda belirtilen her bir bütçe kalemi için öngörülen harcamalar ile proje kapsamında gerçekleştirilen harcamalar arasında herhangi sapma bulunmamaktadır.

D. Projeden Elde Edilen Katma Değer:

Bu projenin sayesinde öncelikle iyileştirme uygulaması yapılan pilot bölgelerdeki topraklama sistemleri daha güvenilir ve şebekede gerçekleşebilecek her olay için yeterli korumaya sahip sistemler haline gelmiştir. Bununla beraber, proje çıktılarını teorik veya pratik olarak kullanma potansiyeli olan şirket çalışanlarına, topraklama sistemleri, ölçümleri ve iyileştirmeleriyle ilgili bilgi aktarılmış ve bu konuda saha deneyimleri kazanmıştır.

Proje kapsamında elde edilen bir değer katma değer ise görülen gerekliliğe bağlı olarak geliştirilen topraklama empedansı hesap programıdır. Bu program ile saha çalışanları ve topraklama sistemi tasarımına karar veren yetkili kişiler topraklama sistemlerini iyileştirmek için gereken temel bilgilere sahip olacak, daha güvenilir ve güvenli topraklama şebekelerinin kurulumlarını yapabilecektir.

Yine iyileştirilen topraklama sistemleri ya da her türlü işletim açısından iyi olarak kabul edilebilecek düzeyde yapılacak olan yeni topraklama sistemleri ile hem koruyucu ekipman arızalarının (röleler) önüne geçilecek olup, hem de dağıtım firması çalışanlarının ve çevredeki vatandaşların güvenliğinin artırılması

sağlanacaktır. Bununla beraber ayrıca olası bir faz toprak arızası sırasında arızasız olan diğer iki fazda görülen gerilim yükselmelerin değerleri de azaltılmış olacaktır.

Şebekede yapılacak olan bu iyileştirmeler ve proje sonunda topraklama sistemleri hakkında ortaya çıkan bilgi birikimi sayesinde, genel farkındalık duygusu yaratılacak ve sadece Akdeniz EDAŞ için değil diğer dağıtım şirketlerinde düzgün topraklama yapılmamasından dolayı oluşan arızaların azaltılmasını sağlanacaktır.

E. Projede Yaşanılan Sorunlarla Karşılaşılan Riskler ve Bunlardan Elde Edilen Deneyimler:

Proje kapsamında çok fazla sorunla karşılaşmamakla beraber, şebekedeki dağıtım merkezlerindeki topraklama sistemlerinin empedans değerlerinin güncel olarak eksikliğinin olması pilot bölge seçimi esnasında süreci uzatmıştır. Fakat arıza verileri ve elde edilen topraklama verileri ile pilot bölge seçimi başarıyla yapılmıştır. Seçilen pilot bölgelerden alınan ölçümler ile de bu bölgelerin proje içeriğinde yer aldığı gibi kötü topraklama sistemine sahip oldukları bir kez daha ispatlanmıştır. Böyle durumlarla karşılaşmaması adına daha sık, farklı mevsimlerde ve periyodik olarak topraklama sistemlerinin empedans ölçümlerinin alınmasına karar verilmiştir.

Bunun dışında dağıtım firması çalışanların kullanılabileceği bir topraklama şebekesi empedans hesabı yapan programın olmaması nedeniyle, yeni yapılacak topraklama sistemlerine karar verilirken zorlanıldığı ve adım ve temas gerilimi gibi bilgilerin çoğunla dikkatlerden kaçabildiği gözlemlenmiştir. Bu hususta da proje içeriğinde yer almamasına rağmen bir topraklama şebekesi direnç hesabı yapan kullanıcı arayüzlü bir program geliştirilmiştir.

Yine yüksek frekans durumları için topraklama sistemi empedansında meydana gelen değişimlerin büyüklüğü ile bir bilgi bulunmamaktaydı. Fakat pilot bölgeler harici, farklı topraklama şebekeleri üzerinde güncel olarak kullanılan topraklama ekipmanları dikkate alınarak analizler yapılmış ve topraklama empedans değerinin 20 kHz için 50 Hz'e kıyasla yaklaşık 5 ila 8 katına kadar çıkabildiği görülmüştür. Böylece artık EDAŞ çalışanları harici bir yazılıma gerek kalmadan yüksek frekanslarda topraklama sisteminde görülebilecek en yüksek empedans değeri için bir yaklaşım yapabileceklerdir.

F. Proje Kazanımlarının Diğer Dağıtım Şirketleri ile Paylaşılmasına Yönelik Öneriler:

Proje sonucunda elde edilen kazanımların diğer dağıtım şirketleri ile paylaşılabilmesi adına önerilebilecek iki aksiyon vardır. Bunlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Projede doğan gereksinime bağlı olarak geliştirilen ve şebeke frekansı için yüksek doğrulukla çalışan topraklama sistemi direnç hesaplama programının diğer dağıtım firmalarıyla paylaşılması
- Projede elde edilen verileri ve bilgileri içeren raporların diğer dağıtım şirketleriyle ile paylaşılması,