

AG DAĞITIM FİDERLERİNDE 1 KV SEVİYESİNDE ENERJİ DAĞITIMININ TEKNİK VE EKONOMİK FİZİBİLİTE ANALİZ PROJESİ

Gökhan BATAR

GDZ Elektrik Dağıtım A.Ş.
gokhan.batar@gdzelektrik.com.tr

ÖZET

ARGE projesi olarak tamamlanan bu proje, şebeke enerji kalitesini iyileştirme ve güvenilirlik odaklı şebeke planlama yaklaşımında, diğer ülkelerde başarılı uygulamaları olan bir çözümün, Türkiye’de de uygulanabilmesi için gerekli araştırma ve geliştirme faaliyetlerini içeren bir teknik ekonomik fizibilite analiz ve pilot uygulama ARGE projesidir.

Projede, uygun bölgelerde ara gerilim seviyesi olarak 1 kV gerilimin kullanılması ve daha sonra 1/0,4 kV dağıtım transformatörleri ile nihai tüketiciye enerjinin ulaştırılmasının teknik ve ekonomik yönlerinin tüm detayları ile araştırılması gerçekleştirilmiştir.

Türkiye’deki mevcut elektrik dağıtım sistemlerinde gerilim kalitesi problemi özellikle düşük yük yoğunluğunun olduğu kırsal bölgelerde ön plana çıkmaktadır. Kırsal bölgelerde dağınık şekilde yaşayan abonelerin uzun AG hatlar nedeniyle enerji kalitesinde bazı sorunlar yaşadığı bilinmektedir ve yine aynı sebepten yüksek maliyetli OG yatırımların bu bölgelerde hayata geçirilmesi zorlaşmaktadır. Bu projenin önemli bir çıktısı daha önce sadece OG yatırım yapılarak çözülebilecek olan gerilim düşüklüğünden kaynaklanan güç kalitesi probleminin mevcut AG şebeke kullanılarak ortadan kaldırılmasını sağlamaktır.

Projede elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, üç gerilim seviyeli dağıtım sisteminin ancak OG şebeke kullanılarak çözülebilecek gerilim düşüklüğü probleminin olduğu kırsal bölgelerin, uygun olanlarında kullanılması durumunda, ekonomik olduğu tespit edilmiştir. Mevcut ve herhangi bir gerilim

düşüklüğü problemi yaşanmayan AG şebekelerde, teknik kayıpların azaltılması amacıyla 1 kV gerilim seviyesinin kullanımının ekonomik olmadığı görülmüştür.

1. GİRİŞ

Türkiye’de elektrik dağıtım şebekeleri 1960’lı yıllarda yoğun olarak tesis edilmeye başlanmış ve günümüzde büyük bir kısmı ekonomik kullanım ömrünü tamamlaması dolayısıyla değiştirilmeye başlanmıştır. Özelleşen elektrik dağıtım sektörünün getirdiği dinamizm ile birlikte güvenilir elektrik şebekelerinin tesis edilmesi ve işletilmesi modern toplumların kaçınılmaz bir amacı haline gelmiştir.

Elektrik dağıtım şebekelerinde işletme mantığı özelleştirme sonrası değişime uğramıştır. Dağıtım şirketlerinin önceliği yatırımların en verimli alanlara önceliklendirilmesi ve yönlendirilmesi ile fayda maliyet odaklı yatırımlar gerçekleştirmektir.

Türkiye’de özellikle kırsal bölgelerde elektrifikasyon için 1980-1990 yıllarında çok önemli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu sayede birçok kırsal bölge köy ve mezralara elektrik enerjisi taşınmıştır. Günümüzde, elektrik dağıtım şebekesi işletmecisinin birinci amacı, teknik ve ekonomik

olarak kalite standartları sağlanmış olan elektriği mevzuatın izin verdiği ölçüler içerisinde talep eden herkese ulaştırmaktır. Ancak, Türkiye iklim ve coğrafi şartlar açısından birbirinden oldukça farklı ve geniş bir coğrafi alana sahiptir ve dağıtım şebekeleri bu bölgelerde hizmet verirken bu şartları göz önüne alarak hizmet kalitelerini belirlemek durumunda kalmaktadır. Özellikle, kırsal bölgelerdeki elektrik dağıtımında karşılaşılan en önemli problemlerden biri de dağınık yerleşim ve düşük elektrik tüketimidir. Düşük elektrik tüketim karakteristiğine sahip kırsal alanlarda gerilim düşümü problemi yaşamadan enerji sağlayabilmek için dağıtım şebekesi işletmecisinin elindeki tek enstrüman OG seviyesinden enerjiyi abonenin en yakınına kadar taşımaktır. Kırsal şebekelerde, dağıtım operatörü genellikle uzun AG hatları kullanarak enerjilendirme yapmak zorunda kalmaktadır. Fakat bu durum gerilim düşümü problemini ortaya çıkarmaktadır. Bu açıdan bakıldığında 1 kV ARGE projesinin ana kapsamını aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- **OG dağıtım seviyesiyle ile AG dağıtım seviyesi arasında alternatif bir dağıtım gerilim seviyesi olan 1 kV, düşük tüketime sahip kırsal tüketicilerin gerilim düşüklüğü problemini giderirken, dağıtım şebeke işletmecisine alternatif bir besleme çözümü sunmaktadır.**

Genel çerçeveden bakılacak olursa, 1 kV gerilim seviyesinde işletilen AG hatların hem yatırım maliyetleri hem de bakım ve onarım maliyetleri OG hatlara göre daha ucuzdur. 1 kV havai hatlar OG havai hatlar gibi geniş bir açıklığa

ihtiyaç duymamaktadır. Buna karşılık 0.4 kV gerilim seviyesine göre 1 kV gerilim seviyesinde 6.25 katına kadar uzaklığa aynı miktarda enerji taşınabilmektedir. Öte yandan 1 kV gerilim seviyesi, doğrudan elektrik abonelerine sağlanamamaktadır, gerilimin 400/231 V seviyesine indirilmesi gerekmektedir. Bunun için 1/0.4 kV dağıtım transformatörlerinin kullanılması ihtiyacı doğmaktadır.

1 kV gerilim seviyesinin dağıtım şebekelerinde kullanılması henüz ortaya çıkmış bir konu değildir. Proje kapsamında gerçekleştirilen araştırmalar göstermektedir ki Finlandiya başta olmak üzere İsviçre ve İtalya’da 1 Kv gerilim seviyesi 2004’lü yıllardan itibaren kullanılmaktadır[1]. **Bu ülkelerde 1 kV seviyesinden enerji dağıtımından yararlanılma sebebi, ülkemizdeki birincil amacından farklı olarak OG şebeke yayılımının azaltılması ve dolayısıyla OG şebekede meydana gelebilecek arızaların azaltılmasıdır. Ülkemizde ise 1 kV gerilim seviyesi gerilim düşüklüğü ve çökmesi problemi yaşayan abonelerin bu probleminin OG hatlara ihtiyaç duyulmadan giderilmesinin sağlanmasıdır.**

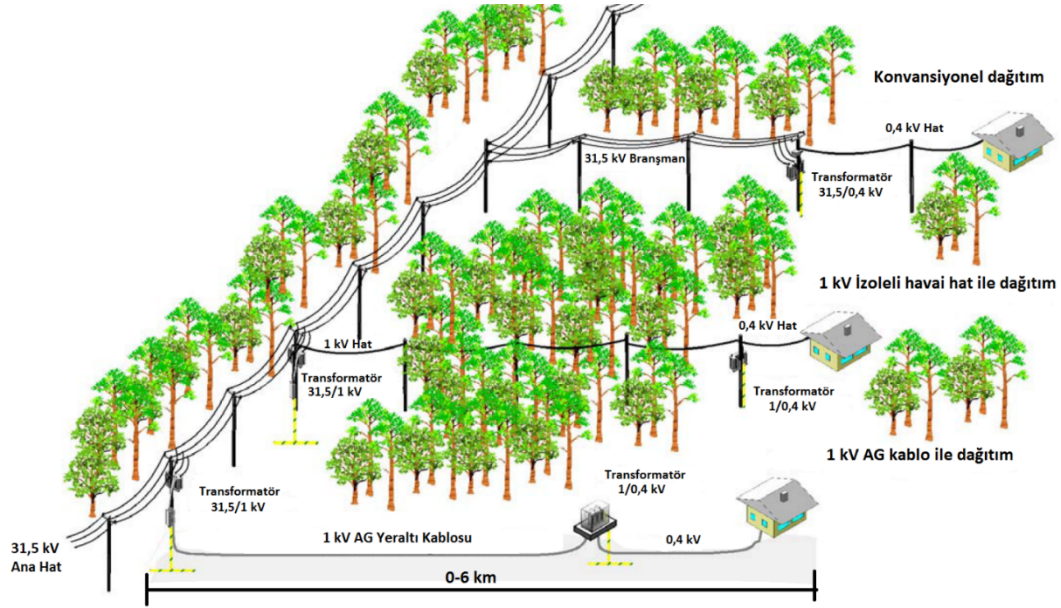
2. LİTERATÜR TARAMASI

Proje kapsamında gerek IEEE elektronik veri tabanında gerçekleştirilen tarama çalışmaları gerekse de Finlandiya’da Lappeenranta Teknoloji Üniversitesi’nde gerçekleştirilen bilimsel makaleler ve raporlar incelenmiştir. İşbu proje esnasında faydalanan bilimsel çalışmaların listesi ’da paylaşılmıştır.

Rapor içerisinde ilgili kısımlarda gerekli referanslara atıflarda bulunulmuştur.

Proje aşamasında faydalanılan referanslar kısaca açıklanacak olursa, [1] ve [2]'de gelişen teknolojiler de dikkate alınarak makro bakış açısıyla elektrik dağıtım sektöründeki yeni yatırım stratejileri açıklanmaktadır. Bahsedilen yeni yatırım stratejilerinden biri de üç gerilim seviyeli dağıtım şebekelerinin oluşturulması ve bu şebekeler yatırım kapsamına alınırken dikkat edilmesi gereken noktalar. [3]'de arıza sayılarının azaltılması ve tedarik sürekliliğini odağına alarak, üç gerilim seviyeli dağıtım sistemlerinin potansiyel uygulama alanlarından bahsedilmektedir. Bu makalenin en önemli çıktısı OG havai hat şebekenin 1 kV şebeke ile değiştirilmesinin teknik ve ekonomik yönden uygun olduğu sonucudur. [4]'de Finlandiya'da SSS Oy elektrik dağıtım şirketi çatısı altında gerçekleştirilen üç gerilim seviyeli dağıtım sistemi saha uygulamasında elde edilen tecrübeler paylaşılmaktadır. [5] numaralı referansta 1 kV gerilim seviyesinin uygulanmasının teknik ve ekonomik açıdan uygun olduğu alanlar daha detaylı incelenmektedir. Bu makale, üç gerilim seviyeli dağıtım sistemlerinin ekonomik uygulanabilirlik sınırlarının belirlenmesinde dikkate alınan parametrelerin hangileri olduğunu detaylı olarak açıklamaktadır. [6] ve [7]'de Finlandiya'da gerçekleştirilen 1 kV dağıtım

sistemlerinin niçin geniş uygulama potansiyeli bulunduğ u bilgisine ulaşılabilir. Buna göre Finlandiya dağıtım şebekelerinde tedarik sürekliliğ i dağıtım şirketleri için ciddi bir mali sorumluluk getirmektedir. OG şebekelerin 1 kV AG şebeke ile değiştirilmesi sonucu tedarik sürekliliğ i endekslerindeki iyileşmenin dağıtım şirketlerinin müşterilere ödemek zorunda oldukları tazminatlarda ciddi oranda düşüş e sebep olduğ u bilgisine ulaşılabilir. [8]'de 1 kV dağıtım gerilim seviyesinin Rusya'daki ekonomik uygulanabilirlik alanları ile ilgili fikir verici örnekler ve çalışmalar yer almaktadır. Bu çalışmadan, 1 kV dağıtım gerilim seviyesinin Türkiye dağıtım şebekelerine uygulanabilirliğ i ile ilgili önemli çıkarımlar yapılabilir. [9] numaralı referansta farklı dağıtım şebekesi alternatifleri üzerinde 1 kV dağıtım sistemlerinin ekonomik uygulanabilirliğ i araştırılmış tır. Bu çalışmadaki en önemli çıktı 1 kV gerilim seviyesinin ancak dağ ınık yerleşim gösteren kırsal alanlara uygulandığında ekonomik olduğ u sonucudur. [10]'da 1 kV gerilim seviyesinin uygulanması için gerekli dağıtım transformatörlerinin tiplerinin ve kurulu kapasitelerinin optimize edilmesi ve kullanılması önerilen minimum 1/0.4 kV dağıtım transformatörü kurulu kapasiteleri tartışılmaktadır.



Şekil 1. 1 kV sistem prensip şematîği

3. 1KV DAĞITIM SEVİYESİ VE TEKNİK İŞLETME PRENSİBİ

1 kV gerilim seviyesi, mevcut OG şebeke ile AG şebeke arasında kullanılan üçüncü bir gerilim seviyesidir. 1 kV sistemin uygulama şematîği *Şekil 1.1*'de ve paylaşılmıştır.

Üç gerilim seviyeli dağıtım şebekesinde, gerilim OG seviyeden, örneğin 34.5 kV, 1 kV'a indirilmekte, ardından tüketim noktalarına yakın yerlerde 1/0.4 kV dağıtım transformatörleri ile 400/231 V nominal geriliminde son tüketiciye sunulmaktadır.

0.4 kV gerilim seviyesi ile kıyaslandığında 1 kV gerilim seviyesinin daha yüksek dağıtım kapasitesine sahip olduğu açıkça görülmektedir. İlaveten AG hatlardaki düşük yatırım maliyetleri OG şebekeye göre AG şebekeyi daha verimli kılmaktadır.

1 kV gerilim seviyesinin kullanılması izolasyon koordinasyonu açısından da değerlendirilmelidir. "IEC 60071-1 Insulation Coordination" isimli standart, elektrik şebekelerindeki nominal gerilimleri ve dayanım gerilimlerini tanımlamaktadır. Ayrıca "Elektrik Tesislerinde Topraklamalar" Yönetmeliğinde AG şebekenin nominal gerilimi 1000 V olarak verilmiştir. 1 kV gerilim seviyesinde işletilen hat ile 0.4 kV gerilim seviyesinde işletilen hat arasında dış kaynaklı aşırı gerilimlerin yaratacağı etkiler açısından hiçbir fark bulunmamaktadır. Dış kaynaklı aşırı gerilim için en bilinen örnek yıldırım düşmesidir. Diğer yandan, iç gerilim yükselmesi olarak bilinen ve elektrik şebekelerinde en sık ortaya çıkan gerilim yükselmeleri tek faz toprak arızaları ve anahtarlama aşırı gerilimleridir.

Proje kapsamında mevcut AG havai hat (Alpec hatlar dâhil) ve kablolu devrelerin 1 kV seviyesinde işletilmesi ve uygunluğu ile ilgili araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bulgular mevcut

AG hatların 1 kV gerilim seviyesinde güvenle işletilebileceği yönündedir.

Bu kapsamda gerçekleştirilen pilot uygulamada elde edilen saha tecrübeleri ilerleyen bölümlerde paylaşılmıştır.

4. KULLANILAN METOTLAR

A. Ekonomik Analiz Metodolojisi

Ekonomik analizlerde temel gösterge NPC (net present cost-yatırımın bugünkü değeri) olacaktır. Farklı senaryolardaki yatırım ve işletme maliyetlerinin toplam NPC değerleri birbiri ile kıyaslanacaktır. NPC değeri küçük olanın daha makul bir yatırım olacağı varsayılarak çıktılar elde edilmiştir.

Tablo 1’de verilen maliyet unsurları göz önüne alınmıştır. Tablodan da anlaşılacağı üzere sadece ilk yatırımı maliyeti yatırım gerçekleştirildiğinde ortaya çıkmaktadır, ancak diğer maliyetlerin tamamı yıllara sarıh olarak ilgili ekipmanın ekonomik ömrü boyunca sürmektedir. Bu sebeple NPC hesaplama yöntemi seçilmiştir.

NPC hesabı gerçekleştirilirken Denklem 1’de paylaşılan bağıntıdan yararlanılmıştır.

Denklem 1. NPC hesabında kullanılan bağıntı

Yıllık Harcamaların Bugüne

İndirgenmiş Maliyeti (NPC)

$$= (\text{Yıllık Maliyet}) \times \frac{1 - (1 + d)^{-TT}}{d}$$

Yukarıdaki bağıntıda geçen, d parametresi merkez bankası gösterge faiz oranını, TT parametresi ise yıl biriminden yatırımın ekonomik ömrünü ifade etmektedir.

Tablo 1. Maliyet Unsurları

Maliyet Unsurları	Birimi
İlk Yatırım Maliyeti	TL
Yıllık Arıza Onarım Maliyeti	TL/Yıl
Yıllık Bakım Maliyeti	TL/Yıl
Yıllık Kayıp Maliyeti	TL/Yıl

B. Teknik Analiz Metodolojisi

1 kV ARGE projesinde, potansiyel uygulama bölgeleri belirlenirken yıllık kayıp analizleri ve gerilim düşümü analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kullanılan transformatör ve hat tipleri ile ilgili teknik parametreler

C. Yıllık Kayıp Analizleri

1 kV ARGE projesinde farklı senaryolara ait yıllık kayıp hesapları gerçekleştirilmiştir. Yıllık kayıp hesapları gerçekleştirilirken hat kayıpları ve transformatör kayıpları hesaplanmıştır. Analizlerde aşağıdaki varsayımlar kullanılmıştır:

- Hat sıcaklıkları 20 santigrat derece alınmıştır,
- OG/AG dağıtım transformatörlerinin OG barasında gerilim 1 p.u. alınmıştır,
- Bir yıl 8760 saat olarak kabul edilmiştir ve analizler saatlik bazda gerçekleştirilmiştir,
- 1 kV uygulaması kırsal ağırlıklı bölgelerde gerçekleştirileceği için yüklerin yıllık profillerinin Tarım tipi yüklenme profili olduğu varsayılmıştır.

D. Gerilim Düşümü Analizleri ve Tasarım Kriterleri

Türkiye’de dağıtım şebekelerinde gerilim kalitesi ilgili Yönetmelikle düzenlenmiştir. Bu yönetmeliğin, 23.

Maddesi'ne AG seviyesindeki gerilim sınırları aşağıdaki şekilde tarif edilmiştir:

- “AG seviyesi için; ölçüm periyodu boyunca ölçülen gerilim etkin değerlerinin 10'ar dakikalık ortalamalarının, en az % 95'i nominal etkin gerilim değerinin en fazla $\pm$ % 10'u kadar, tamamı ise nominal etkin gerilim değerinin en fazla + % 10 - % 15 aralığında değişmelidir.”

Bu raporda, gerilim düşümü hesapları için faz-nötr arası baz gerilim seviyesi 231 Volt olarak alınmıştır, dolayısıyla AG seviyede faz-nötr arası 1 per unit (p.u.) gerilim seviyesi 231 Volt'dur. Örneğin, bir dağıtım transformatöründen itibaren belirlenen bir noktadan gerilimin %5 düştüğü ifade ediliyorsa, ilgili noktanın gerilimi aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$V = 231 - (231 \times \%5) = 231 - 11.55 \\ = 219.5 \text{ Volt}$$

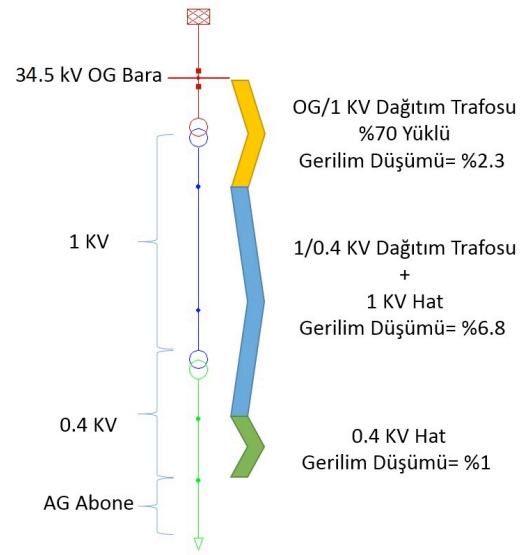
Yukarıda hesaplanan ve ilgili yönetmeliğin müsaade ettiği minimum gerilim seviyesi olan $V_{min} = 200 \text{ V}$ değeri için yüzde gerilim düşümü aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$V_{drop}(\%) = \frac{231 - 200}{231} \times 100 = \%13.4 \\ = 0.134 \text{ p. u.}$$

Sonuç olarak, mevzuatta bahsedilen AG şebekede faz-nötr arası müsaade edilen en yüksek gerilim düşümü %13.4 olarak hesaplanmıştır.

1 kV şebeke yapısı tasarlanırken gerilim kalitesini sağlamak amacıyla ve mevzuatın müsaade ettiği limitler

içerisinde kalınarak ve bir miktar da güvenlik marjı sağlanarak tasarım kriterleri belirlenmiştir. Belirlenen tasarım kriterlerinden hareketle, 1 kV dağıtım şebekesi tasarlanırken OG/1 kV dağıtım transformatörü üzerinde %2.3 ve 0.4 kV AG hat üzerinde %1 gerilim düşümünün her şartta olduğu kabul edilmiştir. Bu durumda, 1/0.4 kV dağıtım transformatörü ile 1 kV hatta kalan toplam gerilim düşümü limiti $\%10.1 - (\%2.3 + \%1) = \%6.8$ 'dir.



Şekil 2. 1 kV şebeke gerilim düşümü tasarım kriterleri

Gerilim düşümü ile ilgili yukarıda açıklanan tasarım kriterleri uygun mühendislik yaklaşımları kullanılarak hazırlanmıştır. İhtiyaçlara göre revize edilecektir. Bu noktada asıl amaç mümkün olduğu kadar eş zamanlı puant yüklenme koşullarında AG abone tesislerinde faz-nötr arası gerilimin 207 V değerinin altına düşmesini engellemektedir. Bu sebeple yukarıdaki değerler seçilirken mümkün olduğunca şebeke işletmesinin güvenli bölgede kalması sağlanırken diğer yandan da bir sonraki bölümde açıklandığı üzere şebeke işletmecisine 1 kV şebekesini

uygun olarak kullanabileceği geniş mesafe ve yüklenme aralıkları tanınmaktadır.

Tasarım mühendisleri için seçilen marjlardan çok, buradaki parametrelerin değiştirilmesinin şebeke tasarımını nasıl etkileyeceği önem arz etmektedir. Gerilim düşümü marjları esnetildikçe gerilim kalitesinden feragat edileceği fakat bunun karşılığında daha uzun mesafelere daha fazla yüklerin taşınabileceği, diğer yandan gerilim düşümü marjları sıkılaştırılırsa 1 kV şebekenin uygulama aralığının daralacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durum Şekil 7’de özetlenmiştir. Sonuç olarak, bu raporda kullanılan değerlerin bir **mühendislik seçimi** olduğu, tek bir doğru seçimin olamayacağı ve projenin ARGE özelliğinin de göz önüne alınarak daha uygun seçeneklerin zamanla ortaya çıkabileceği, göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

5. PROJE İLE İLGİLİ KISITLAR VE SINIRLAMALAR

Proje sonuçları ve literatür taraması sonuçları göstermektedir ki üç gerilim seviyeli dağıtım sistemleri aşağıdaki iki tip dağıtım şebekelerin uygulama alanı bulabilir:

- **1 kV Uygulama Tip Bölgesi 1 (UTB_1)** : Üzerinde AG abone bulunmayan veya en fazla 1 adet AG abone bulunan ve gerilim düşümü problemi yaşayan uzun AG hatlar,
- **1 kV Uygulama Tip Bölgesi 2 (UTB_2)**: Tedarik sürekliliği gerekçesi ile ve/veya işletme güçlüğü sebebiyle sürekli kesinti ve arızalara yol açan düşük yüklü(1-25 kW) ve kısa (1-5

km) swallow tipi kırsal OG branşmanlar ile arazi veya kültürel şartlar sebebiyle OG havai hat tesis etmenin mümkün olmadığı veya zor olduğu bölgeler.

Üç gerilim seviyeli dağıtım şebekesinin kullanımının önerilmediği bölgeler ise aşağıdaki gibidir;

- Şehir merkezleri ve şehir civarında yüksek gelişim gösterme ihtimali olan mücavir alanlarda,
- AG teknik kayıpları azaltmak için mevcut ve herhangi bir gerilim düşüklüğü problemi olmayan AG şebekelerde,
- Üzerinde çok sayıda dağınık AG abone bulunan AG hatlarda,
- Hızlı gelişim göstereceği öngörülen bölgelerde.

6. PİLOT SAHA UYGULAMALARI

Proje kapsamında, 1 kV ARGE Projesinin potansiyel uygulama alanını oluşturabilecek bir çok pilot bölge ADM ve GDZ EDAŞ CBS verileri incelenerek belirlenmiştir. Ardından, pilot bölgeler tekrar incelenerek üç adet pilot bölge şebeke anali yazılımında modellenmiş ve her birine ilgili işletme müdürlüğü yetkililerinin de katılımıyla saha ziyaretleri gerçekleştirilmiştir.

Proje kapsamında seçilen pilot bölgeler ve pilot bölgelere verilen kodlar aşağıda paylaşılmıştır:

- ADM EDAŞ:
 - Aydın/Söke/Köprüalan-Okul Mah. TR (ADM_P1)
 - Muğla/Bodrum/Gündoğan (Yayla Mevkii)-BLD Su Pompası TR (ADM_P2)
- GDZ EDAŞ

- Manisa/Alaşehir/Bahadır Köyü-Türkmenler TR (GDZ_P1)
- Manisa/Alaşehir/Belenyaka Köyü –Esentepe Mevkii (GDZ_P2)

Proje kapsamında 4 adet pilot bölge DigSilent PF’de modellenmiş ve analiz edilmiştir (Seçilen pilot bölgelerin detaylı incelenmesi için ayrıca Bkz. Ek-8: ARGE Projesi Ara Raporu) Her bir pilot bölge için saha uygulaması ile ilgili öneriler aşağıda maddeler halinde paylaşılmıştır:

• ADM_P1:

- Bölgenin yüklenmesi çok düşüktür ve yılın sadece belli dönemlerinde enerji talebi bulunmaktadır.
- Saha ziyareti esnasında bölgede yaşayanlara gerilim düşümü problemi olup olmadığı sorulmuştur, böyle bir problemin olmadığı belirtilmiştir.
- İlerleyen yıllarda yük büyümesine karşı bölgeyi besleyen mevcut AG hat üç faza çevrilere uzun yıllar bölgenin enerji ihtiyacının kaliteli ve güvenli bir şekilde sağlanabileceği kanısı olduğundan bu bölgede 1 kV saha uygulamasının **gerçekleştirilmesine gerek olmadığı kanısına varılmıştır.**

• ADM_P2:

- İlgili bölgeyi beslemesi için EDAŞ ait bir tesis bulunmamaktadır. Bölgede yaşayanlar kendi imkânları ile elektrik enerjilerini temin

etmektedirler dolayısıyla EDAŞ tarafından öncelikle bu bölgeyi besleyecek bir AG hat yatırımı yapılması gerekmektedir.

- Bölge ormanlık yapısı sebebiyle OG Havai hat tesis etmeye elverişli değildir, ancak AG Havai hat tesis edilebilir.
- Bölgede 4 mevsim yerleşim mevcuttur. İleride yük gelişimin olacağı beklenmektedir.
- Bölgedeki yükün 0.4 kV AG şebeke ile beslenmesi gerilim düşümü problemi yaratacaktır, ancak OG şebeke tesis etmek de bölgenin şartları gereği mümkün olmamaktadır. **Bu sebeple bölgeye 1 kV dağıtım sistemi kullanılarak enerji verilmesinin değerlendirilebileceği kanısına varılmıştır.**

• GDZ_P1:

- İlgili bölge mevcut bir AG hat üzerinden beslenmektedir.
- Bölgede zaman zaman gerilim düşümü problemi yaşandığı bildirilmiştir.
- Gerilim düşümü probleminin çözülmesi için OG hat tesis etmek gerekecektir ancak bunun alternatifi olan 1 kV dağıtım sistemin daha ekonomik olduğu tespit edilmiştir.
- Bölgeye 1 kV dağıtım sistemi kullanılarak enerji verilmesinin değerlendirilebileceği kanısına varılmıştır.

- GDZ_P2:
 - İlgili bölge mevcut bir AG hat üzerinden beslenmektedir.
 - Bölgede zaman zaman gerilim düşümü problemi yaşandığı bildirilmiştir.
 - Gerilim düşümü probleminin çözülmesi için OG hat tesis etmek gerekecektir ancak bunun alternatifi olan 1 kV dağıtım sistemin daha ekonomik olduğu tespit edilmiştir.
 - Bölgeye 1 kV dağıtım sistemi kullanılarak enerji verilmesinin değerlendirilebileceği kanısına varılmıştır.

Yukarıda açıklananlar, simülasyon sonuçları, saha ziyaretinde edinilen izlenimler ve ilgili işletmelerin verdikleri bilgiler dikkate alınarak öncelikle GDZ_P2 isimli pilot bölgede saha uygulamasının gerçekleştirilmesi önerilmektedir. GDZ_P2 isimli pilot bölge seçilirken aşağıdaki kriterler dikkate alınmıştır:

- Bölgede halihazırda mevcut bir AG hattın bulunması,
- Bölgenin düşük yük gelişimi özelliği göstermesi,
- Bölgedeki sakinler yoğun gerilim düşümü probleminden şikayetçi olmaları ve bu gerilim düşümü probleminin çözülebilmesi için dağıtım şebeke işletmecisinin elinde kalan son alternatifin bölgeye bir OG hat tesis etmek olduğu gerçeği ve
- Bölgenin teknik ve ekonomik analizler neticesinde hesaplanan potansiyel uygulama aralıklarına oldukça uygun olması

Pilot bölgelerde saha uygulaması gerçekleştirilmesi için öncelik sıralaması Tablo 12’de paylaşılmıştır.

1 kV Dağıtım Sistemi Saha Uygulaması	Pilot Bölge
1.Öncelik	GDZ_P2
2.Öncelik	ADM_P2
3.Öncelik	GDZ_P1

Yukarıda paylaşılan önceliklendirme tablosu da dikkate alınarak GDZ_P2 isimli pilot bölgede saha uygulaması gerçekleştirilmiştir.

7. SAHA UYGULAMASINDAN ELDE EDİLEN VERİLER VE KURULUM ESNASINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

1 kV saha uygulaması gerçekleştirilirken dikkat edilmesi gereken hususlar sahada çalışan teknisyenler ve işletme müdürlüğü yetkililerinin geri beslemeleri dikkate alınarak aşağıda maddeler halinde paylaşılmıştır:

- 34.5/1 kV dağıtım transformatörü 1 kV çıkışında ve 1/0.4 kV dağıtım transformatörü 0.4 kV çıkışında standart TMS korumalı AG dağıtım panoları tesis edilmiştir (Bkz. Şekil 56). Eğer 34.5/1 kV dağıtım transformatörü 1 kV çıkışında tek bir fider çıkışı planlanmış ise AG dağıtım panosu yerine TMS koruma panosu da kullanılabilir.
- 34.5/1 kV dağıtım transformatörü 1 kV çıkışındaki pano ölçü aletleri gerilim seviyesi 1 kV olduğu için çalıştırılmamaktadır.
- 1/0.4 kV dağıtım transformatörü 1 kV girişindeki koruma TMS panosu konularak gerçekleştirilmiştir. Standart TMS koruma panosunda 80 A’lık TMS bulunmaktadır (Bkz. Şekil 57). Bu TMS 25 kVA kurulu

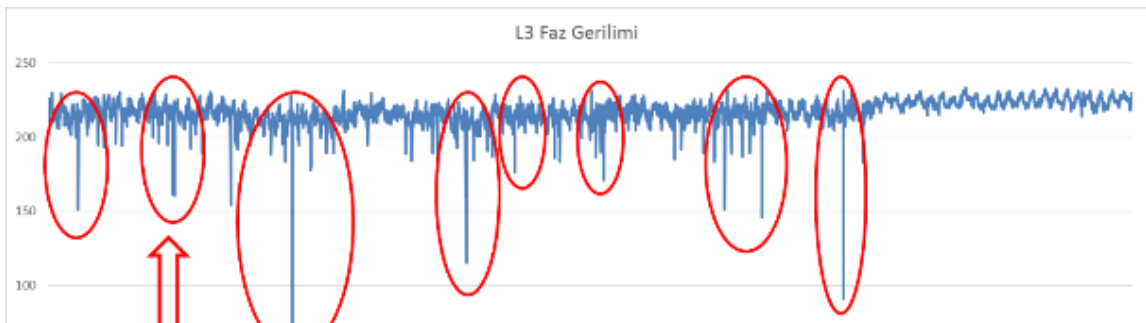
gücündeki transformatörün aşırı yüklenmelere karşı korunmasında uygun değildir. Transformatörün yanarak devre dışı kalmasını engellemek için bu TMS 50 A'lık TMS ile değiştirilmelidir.

- 34.5/1 kV dağıtım transformatörünün 1 kV tarafındaki nötr noktası toprak arızalarının tespit edilebilmesi için doğrudan topraklanmalıdır. 1 kV hat boyunca nötr taşınmamaktadır.
- 1/0.4 kV 25 kVA dağıtım transformatörü direk üstüne tesis edilmiştir. Sahadaki mevcut beton direk kullanılmıştır. 8/9.3 ebatlarında transformatör platformu üretilmiştir.
- 1/0.4 kV dağıtım transformatörünün 0.4 kV tarafında standart 0.4 kV dağıtım sistemi kullanılmaya devam edilmelidir.
- 1 kV gerilim seviyesinde işletilen hattın 0.4 kV hatlarda farklı işletme geriliminde çalıştırıldığının belirtilebilmesi için proje kapsamında uyarı levhası tasarlanmış ve üretilmiştir. 1 kV uyarı levhaları 1 kV hattın tüm direklerine ve panolara asılmıştır (Bkz. Şekil 59).

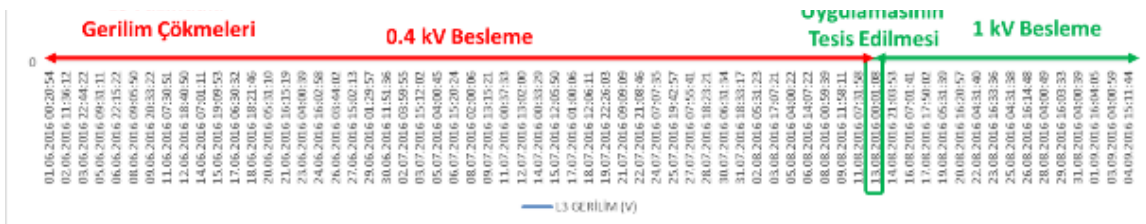
- 12/06/2016 tarihinde 1 kV sistem saha montajı tamamlanarak enerjilendirilmiştir. Enerjilendirme sonrası yaklaşık 1 ay süreli OSOS verisi incelenmiştir. Daha önce 0.4 kV besleme esnasında meydana gelen gerilim çökmelerine rastlanmamıştır. OSOS ölçüm verilerinden elde edilen L3 fazına ait gerilim profili Şekil 60'da paylaşılmıştır.
- İşbu rapor yazıldığında, 1 kV saha uygulaması 30 günden fazla saha da sorunsuz olarak çalışmaktadır. Bu süre içinde bölgede şarjlı hava sistemi de dahil olmak üzere zorlayıcı hava koşulları oluşmuştur. Bu süreçte, 1 kV seviyesinde işletilen AG hatta (100 metre Alpec ve 850 metre rose tipi havai hat) herhangi bir izolasyon problemi (flashover vb.) gözlemlenmemiştir.

8. SONUÇLAR VE YORUMLAR

Bu bildiride, “AG Dağıtım Fiderlerinde 1 kV Seviyesinde Enerji Dağıtımının Teknik ve Ekonomik Fizibilite Analiz” ARGE Projesi kapsamında gerçekleştirilen şebeke güvenilirliği



Şekil 3. Manisa Alaşehir Belenkaya Köyü Esentepe Mevkiini besleyen AG hat L3 fazı gerilim profili



iyileştirme ve güvenilirlik odaklı şebeke planlama yaklaşımında, diğer ülkelerde başarılı uygulamaları olan bir çözümün, Türkiye’de de uygulanabilmesi için gerekli araştırma ve geliştirme faaliyetleri ile teknik ekonomik fizibilite analiz ve pilot uygulamaların detayları açıklanmıştır.

Bildiride, öncelikle projenin amacı, kapsamı ve önemi açıklanmaktadır. Ardından projeye ilişkin sorular kısmında, üç gerilim seviyeli dağıtım sistemlerinin uygulaması ile ilgili proje ekibine yöneltilen sorular ve cevapları paylaşılmıştır. Devam eden bölümde proje gerçekleştirilirken incelenen ve faydalanılan referanslar, işledikleri konular ve referansların ne şekilde projenin gerçekleştirilmesine katkı verdiği açıklanmaktadır. Projenin teknik ekonomik fizibilite analiz yöntemi ve sonuçları, projeye ilişkin tasarım metodları ve prosedürler isimli bölümde detaylandırılmıştır, bu bölümde projenin en önemli çıktılarından biri olan 1 kV gerilim seviyesinin Türkiye dağıtım şebekelerinde hangi güç ve mesafe aralığı için uygulanmasının uygun olacağını gösteren sonuçlar paylaşılmıştır. Ardından gelen kısıtlama ve sınırlamalar ile ilgili bölümde projenin hangi tip alanlarda uygulanabilir olduğu ve hangi tip bölgelerde 1 KV dağıtım seviyesinden kaçınmak gerektiği rasyonel gerekçeleriyle birlikte paylaşılmıştır. 12 ay süren proje süreci boyunca projenin teklif edilmesi aşamasında öngörülen iş paketlerinin gerçekleşmesi ile ilgili detaylar proje süreci hakkında detaylı bilgiler başlığı altında verilmektedir. Proje saha uygulamasının bütçesi ve bütçenin kullanımı ile ilgili detaylar

bütçe ve mali kısım başlığı altında incelenmiştir.

Bu araştırma projesi sonunda elde edilen ana sonuçlar, üç gerilim seviyeli dağıtım sisteminin teknik-ekonomik uygulama alanları, tasarım ürün ihtiyaçlarının belirlenmesi ve mevcut AG havai hat şebekesinin 1 kV işletme gerilimine dayanımı ile ilgili sahada edilen tecrübeler olarak sıralanabilir. Projenin başında, proje ekibi dikkatini şebeke teknik kayıplarının azaltılmasına çekmiştir. Ancak proje süresince gerçekleştirilen ARGE faaliyetleri göstermiştir ki 1 kV dağıtım sistemleri Türkiye dağıtım şebekelerinde öncelikli olarak gerilim kalitesi ve tedarik sürekliliği odaklı olarak ele alınmalıdır.

Proje ekibi, proje sonunda araştırma faaliyetlerinin yürütülmesi, standart olmayan yeni teknolojilerin Türkiye dağıtım sistemlerine uygulanması konusunda ciddi bilgi birikimi kazanmıştır. Proje süresince matematik, tecrübe, yaratıcılık ve teknik kabiliyetler birleştirilerek karşılaşılan sorunlara çözümler üretilmiştir. İlaveten, proje ekibiyle birlikte EDAŞ çalışanları da projede saha uygulaması esnasında projeye yoğun bir şekilde dahil olmuş ve ARGE kültürünün dağıtım şirketi çalışanları ile paylaşımı sağlanmıştır.

Proje ekibi projenin sonuçları ile ilgili aşağıdaki hususların altını çizmektedir:

- Türkiye elektrik dağıtım şebekeleri farklı coğrafi ve iklimsel yapıya sahip olan coğrafyamızda farklı sorunlarla karşılaşmaktadır. Özellikle kırsal ve dağınık yerleşme gösteren bölgelerdeki teknik standartlara uygun elektrik dağıtım şebeke işletmecisi için zorlu bir

sınavdır. 1 kV dağıtım sistemlerinin Türkiye dağıtım şebekelerinde kullanımı dağıtım şebeke işletmecisinin kırsal ve dağınık yerleşimlerdeki şebeke işletmesini ve tesisini kolaylaştıracak yeni bir alternatif sunmaktadır.

- 1 kV dağıtım sistemlerinin – uygulanabilir olduğu aralıklarda-kullanımı teşvik edilmelidir. Ancak unutulmamalıdır ki 1 kV dağıtım sistemleri şebeke kompleksliğini arttıracaktır.
- Proje kapsamında elde edilen çıktılar her ne kadar fikir verici sonuçlar içerse de 1 kV şebekenin tesis edileceği bölgeler kendi özelinde tekrardan analiz edilmeli ve incelenmelidir.
- 1 kV dağıtım sistemlerinin Türkiye dağıtım şebekelerine yayılması ancak yasal altyapı ve mevzuatın uygun hale getirilmesiyle mümkün olacaktır. Yasal altyapının oluşturulması ve Türkiye için 1 kV sistemin uygun standartlarının belirlenebilmesi için proje kapsamında hayata geçirilen saha uygulamasının sonuçları en az bir yıl boyunca izlenmeli ve elde edilen tecrübeler değerlendirilmelidir.
- Bu rapor ve eklerinde paylaşılan bilgilerin tamamı Türkiye’deki dağıtım şirketleriyle paylaşılmasında herhangi bir engel bulunmamaktadır.
- Buradan elde edilen bilgi ile birlikte diğer dağıtım şirketlerinin projenin kendi bölgelerindeki uygulanabilirliği ile ilgili geri beslemeleri ve dağıtım sisteminin sahibi olarak TEDAŞ tarafından belirtilecek teknik geri beslemeler de dikkate alınarak “1 kV Dağıtım

Sistemleri Yol Haritası” belirlenmelidir. Şekil 61’da bundan sonraki süreçte 1 kV dağıtım sistemleri ile ilgili izlenmesi önerilen akış şeması paylaşılmıştır.

Proje esnasında incelenen bilimsel yayınlar ve diğer ülkelerdeki uygulamalar ve temaslar sonucu projenin kapsamında olmayan ancak ileride proje ile ilgili araştırılması önerilen bir takım bulgulara ulaşılmıştır. Bunlar aşağıda maddeler halinde paylaşılmıştır:

- 1 kV dağıtım sistemlerinde 1/0.4 kV gerilim dönüşümü yapılabilmesi için dağıtım transformatörleri kullanılmaktadır. Ancak bu dönüşüm için diğer bir yöntem ise transformatör yerine bir AC/DC/AC konvertör gruplarının kullanılmasıdır. Bu konuyla ilgili özellikle Finlandiya’da araştırmaların yürütüldüğü görülmektedir.
- 1 kV seviyesinde işletilen hat AC gerilim altında çalışmaktadır. Ancak diğer bir yöntem olarak OG/1 kV dönüşümünü sağlayan transformatörlerin çıkışına AC/DC rektifier tesis edilerek 1 kV şebekenin DC gerilim altında çalıştırılması ve bu sayede 1 kV uygulanabilir mesafesinin artırılması hedeflenmektedir. İlaveten 1 kV hatlara doğrudan DC güneş panellerinin bağlanması ve isteyen müşterilere doğrudan DC gerilimin sağlanarak kayıpların azaltılması da hedefler arasındadır.

KAYNAKLAR

- 2005.
- [1] T. KAIPIA, J. LASSILA, J. PARTANEN and J. LOHJALA, "1 KV LOW VOLTAGE SYSTEM AS A PART OF A DISTRIBUTION NETWORK REINVESTMENT STRATEGY," in *CIREN 19th International Conference on Electricity Distribution*, Vienna, 2007.
 - [2] J. Lassila, "STRATEGIC DEVELOPMENT OF ELECTRICITY DISTRIBUTION NETWORKS – CONCEPT AND METHODS (Doctoral Thesis)," Lappeenranta, 2009.
 - [3] J. Lohjala, T. Kaipia, J. Lassila, J. Partanen and P. Jarventausta, "Potentiality and Effects of the 1 kV Low Voltage Distribution Systems," in *IEEE Future Power Systems Conference*, 2005.
 - [4] T. Kaipia, J. Lassila, J. Partanen and J. Lohjala, "Experiences of Using the 1 kV Three Phase Supply in Rural Electricity Distribution," 2005.
 - [5] J. Lohjala, T. Kaipia, J. Lassila and J. Partanen, "The Three Voltage Level Distribution Using the 1000V Low Voltage System," in *18th International Conference on Electricity Distribution*, Turin, 2005.
 - [6] J. Lassila, S. Honkapuro and J. Partanen, "Distribution Network Investment Strategies in the New Business Environment," 2006.
 - [7] M. Oravasaari, J. Pylvanainen, J. Jarvinen, A. Makinen and P. Verho, "Evaluation of Alternative MV Distribution Network Plans From Reliability Point of View," in *18th International Conference on Electricity Distribution*, Turin, 2005.
 - [8] G. Abramov, "1000V Distribution System and It's Potential in Russia (Master's Thesis)," Lappeenranta, 2007.
 - [9] J. Lohjala, T. Kaipia, J. Lassila and J. Partanen, "Overview to Economical Efficiency of 1000V Low Voltage Distribution Systems," in *Nordic Distribution Automation Conference*, 2004.
 - [10] D. Söderberg, "System Topologies and Transformers For 1 KV Networks," in *22nd International Conference on Electricity Distribution*, Stockholm, 2013.

EK-1: Teknik Analizlerde Kullanılan Parametreler

Tablo 2. Transformatör teknik parametreleri

1/0.4 KV Trafo (KVA)	uk (%)	Bakır Kayıpları (kW)	Boşta Kayıplar (kW)
16	4	0.36	0.14
25	4	0.59	0.16
50	3.7	0.9	0.2
31.5/1 KV Trafo (KVA)			
50	4.5	0.88	0.27
100	4.5	1.53	0.42
31.5/0.4 KV Trafo (KVA)			
50	4.45	0.89	0.16
100	4.55	1.38	0.27
15.8/1 KV Trafo (KVA)			
50	4	0.79	0.26
100	4	1.5	0.4
15.8/0.4 KV Trafo (KVA)			
50	4	0.89	0.16
100	4	1.38	0.27

Tablo 3. Hat teknik parametreleri

OG Havai Hat	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	r (ohm/km)	x (ohm/km)
Swallow	160	1.0742	0.42
AG Havai Hat			
Rose	110	1.3541	0.356
Pansy	165	0.6754	0.3341
Aster	225	0.4246	0.3196