

GÜÇ AKIŞ ANALİZLERİNDE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİNİN KULLANILMASI

Faruk AYDIN, Bora ACARKAN

Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

faruk.aydin@sanayi.gov.tr, acarkan@yildiz.edu.tr

ÖZET

Elektrik enerjisine olan ihtiyacın gün geçtikçe artması şebekedeki bağlantı sayısının artmasına ve planlamaların zorlaşmasına neden olmaktadır. Güç akış analizleri güç sistemlerinde yapılan çalışmaların ayrılmaz bir parçasıdır ve bilgisayarların hızı ve kapasitesinin artmasıyla kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. Ancak binlerce baranın olduğu bir sistemde öngörüle bulunmak ve hızlı bir şekilde sistemin durumunu belirlemek için sonuçların sunulması da önemli bir sorundur. Özellikle büyük ölçekli güç sistemleri analizlerinin kısa sürede anlaşılabilirliği ve yorumlanabilirliği için yapılan analizlerde elde edilen yoğun miktardaki sayısal verinin görselleştirilmesi bu konuda en güçlü ve yararlı uygulamadır. Bu çalışmada PSAT yazılımıyla elde edilen güç akış analizi sonuçlarının ArcGIS Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımına entegre edilmesi ve çok miktarda verinin görselleştirilmesi açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güç Akış Analizi, Coğrafi Bilgi Sistemi, PSAT, ArcGIS, Powerworld.

1. GİRİŞ

Elektrik şebekesindeki bağlantıların sayısı ve boyutu arttıkça gelecekteki büyümeler için planlama da daha karmaşık hale gelmektedir. Ekleme ve modifikasyonların artan maliyeti nedeniyle tasarım seçeneklerini hesaba katmak ve detaylı performans çalışmaları yapmak zorunlu hale gelmiştir. Normal ve olağan dışı çalışma, talebin pik yaptığı ve yoğun olmayan zamanları, şimdi ve gelecekteki çalışma koşulları gibi çok fazla miktarda veri doğru şekilde toplanıp işlenebilmelidir [1]. Bu nedenle güç sistem planlamalarında bilgisayarlar ve gelişmiş yazılımlar kullanılması gerekmektedir. Bu yazılımlar güç akışı, kararlılık, kısa devre ve geçici hal analizleri, vb. hesaplamaları yapabilme özelliğine sahiptir.

Güç akış yazılımları bir akış için gerilimin genliğini, faz açısını ve iletim hattındaki güç akışını kararlı hal çalışma koşulları altında hesaplar. Günümüzde bilgisayarlar 100 000 bara ve 150 000 iletim hattı içeren şebekeler için etkili güç akış çözümlerini yeterli depolama ve hıza sahip olarak sunabilmektedir. Ayrıca interaktif güç akış

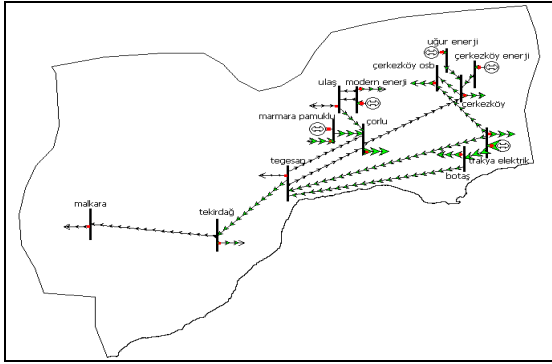
yazılımları vasıtasıyla analiz sonuçlarının bir tek hat şeması şeklinde bilgisayar ekranında görüntülenebilmesi ve hızlı ve kolay bir şekilde yapılan değişiklik sonuçlarının görselleştirilebilmesi mümkündür [2].

2. GÜÇ AKIŞ ANALİZLERİNDE KULLANILAN YAZILIMLAR

Güç akış analizleri şüphesiz iletim ve dağıtım güç sistemlerinde derinlemesine çalışmaların ayrılmaz bir parçasıdır. Yük akış analizleriyle enerji üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinin tasarımından önce performans ve güvenlik gereklilikleri gerçek zamanlı olarak belirlenmektedir. Bilgisayar destekli güç akış analizlerinin ortaya çıkmasından bu yana daha hızlı ve gelişmiş algoritma ve benzetim teknikleri geliştirilmiştir [3].

Özellikle son yıllarda çoğu ülkede meydana gelen sistem çökmeleri nedeniyle hem mühendislik uygulamaları, hem de ekonomik hesaplama ve beklenmedik olası durumların analizleri için güç sistem yazılımlarının kullanılması zorunlu hale gelmiştir [4].

Power System Toolbox (PST), MatPower, MatEMTP, SimPower Systems (SPS), Power Analysis Toolbox (PAT), ve Educational Simulation Tool (EST) gibi özellikle kararlı hal ve geçici hal benzetimi yapan, MATLAB/Simulink tabanlı, ücretsiz veya ticari, eğitim ve araştırma amaçlı güç sistem araç ve yazılımları mevcuttur. Bunların yanında DIGSILENT PowerFactory, PSS/E, PSCAD, NEPLAN, PSSE SINCAL, Powerworld vb. diğer çok yaygın güç sistem simülasyon araçlarıdır [5],[6]. Şekil 1’de Powerworld yazılımı kullanılarak 13 baralı örnek bir sistem üzerinde güç akış analizi yapılmıştır [7].



Şekil 1. Powerworld yazılımıyla güç akış analizinin gerçekleştirilmesi

3. GÜÇ AKIŞ ANALİZLERİNİN GÖRSELLEŞTİRİLMESİ

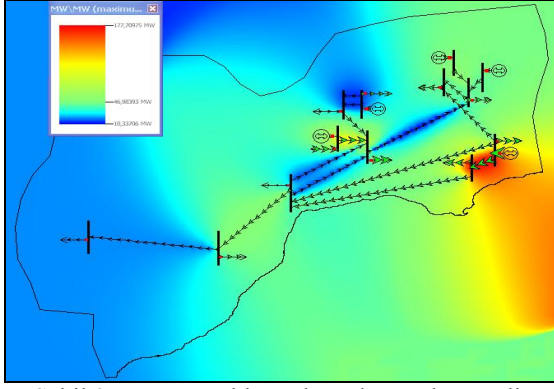
Güç sistemlerinin işletilmesini etkili bir biçimde yapılabilmesi için güç sistem mühendisleri ve operatörleri çok fazla miktarda bilgiyi analiz etmelidir. Binlerce baranın olduğu bir sistemde yetkili teknik personelin öngöründe bulunması ve hızlı bir şekilde sistemin durumunu belirlemesi için elde edilen verilerin algılanmasının ve yorumlanmasının kolay olduğu bir biçimde sunulması önemli bir sorundur.

Güç akış sonuçları genellikle tablo veya çubuk grafiği şeklinde verilir. Bu şekildeki gösterimde sistem topolojisi hakkında sonuç çıkarmak mümkün değildir. Tüm bilgiler bulunmasına rağmen ilk bakışta sistemin neresinde önemli bir güç akış sorunu olduğunun tespit edilmesi oldukça zordur. Bunun üstesinden gelmek için güç

sistem kontrol merkezlerindeki görevliler genellikle bara gerilimlerini ve güç akışlarını içeren topolojik şemalar kullanır. Ancak ilgili teknik görevli hâlâ bazı bölgelerde sorun olup olmadığını anlamak için gerilim ve hatlardaki akış değerlerini okumak zorundadır [8]. Bu da harita üzerinde bara ve hat bulunan her yerde sayısal verileri içeren metinlerin bulunması anlamına gelmektedir. Harita üzerinde çok fazla metnin bulunması durumunda haritanın genel görünümünde veya sistemin geniş bir bölgesinin görüntülenmesi durumunda bu değerlerin okunması mümkün olamamaktadır ve önemli bir sorun oluşturmaktadır.

Tek hat diyagramları kontrol alanının tamamının durumunu gösterebilir ancak ölçüm sayıları her bölge için okunaklı olması gerektiği için sınırlıdır. Örneğin bir iletim hattının yüklenmesi ile ilgili MW, MVAR, MVA gibi ölçüm değerleri hattın bir tarafında veya her iki tarafında olabilir. Aynı şekilde hattın sonunda her iki tarafta da gerilim değeri olabilir. Bu durumda geniş bir alana yayılan iletim sisteminde tüm bu verileri bulundurma imkânı vardır ancak çok fazla miktardaki verinin görüntülenmesi operatöre aşırı işlem yükü getirmektedir. Bu sorunun genel çözümü, baraların sayısal verilerinin ayrı ekranlarda sunulması, tek hat diyagramlarında çok az veya hiç veri gösterilmemesidir.

Görüntüler yığılmayı en aza indirmek için ve sadece önemli ayrıntılara dikkat çekmek için akıllıca tasarlanmış ise basit metinler ve geleneksel vektör tabanlı tek hat diyagramlarından çok daha çarpıcı bir şekilde bilgi aktarımı mümkün olabilir [9]. Örnek olarak Şekil 2’de Powerworld yazılımıyla yapılan analiz sonucu hatlardaki aktif güç akışı görüntülenmektedir.



Şekil 2. Powerworld yazılımıyla yapılan analiz sonucu hatlardaki aktif güç akışı

Elektrik enerji sisteminin yeniden yapılanmasında büyük miktardaki sistem verisinin yenilikçi metotlarla sunulması gerekmektedir. Bu nedenle son yıllarda kullanıcıya çeşitli verileri kolay okunur ve görsel olarak çekici hale getirmek için görselleştirme teknikleri ve yazılımları geliştirilmiştir [10].

Bu çalışmada kullanılan geniş bölge görüntüleme olarak tanımlanabilecek, operatörlerin aşinalığı nedeniyle nispeten daha çok kullanılan 2-boyutlu tek hat şeması gösterimidir. Sistem bileşenleri ile coğrafi konum arasındaki ilişkiyi en doğru ve kolay şekilde veren görüntüleme şeklidir. Çünkü sistem genelindeki özellikleri yorumlamak için bir bağlantı görevi görür. Bir sistemin haritasını tasarlamak için her elemanın coğrafi koordinatları gereklidir. Özellikle küresel konumlandırma sistemlerinde kullanılmak üzere bileşenlerin yerini gösteren ayrıntılı veritabanları önceden oluşturulduğu için coğrafi koordinat bilgileri hazır olarak elde edilebilir. Geliştirilen bir uygulamayla tesis bileşenlerinin coğrafi koordinatlarının verilerini içeren bir metin dosyası oluşturulabilir. Harita üzerinde sistem bileşenlerini konumlandırmak için bu dosya kullanılabilir. Bu sayede çok geniş bir alana yayılı enerji tesislerinin harita üzerinde değişik ölçeklerle gösterimi mümkün hale gelebilmektedir. Bu sayede güç akış analizi sonuçlarıyla sistem karakteristikleri, eğilimleri ve olası problemler görselleştirilebilir [11].

Uzun yıllardır tek hat diyagramları sayısal görüntülemeyle her baranın yanına yerleştirilerek sunulmuştur. Bunun avantajı sonuçların yüksek doğrulukta olması ve baranın yakınında herhangi bir yere yerleştirilebilmesidir. Dezavantajı ise birinin çok fazla bara ile ilgili değerlere ihtiyaç duyması halinde kullanışlı olmaması ve istenen değeri bulmanın çok fazla zaman almasıdır. Bunun üstesinden gelmek için düzey haritası (contour) yöntemi geliştirilmiştir [12].

Düzyer haritası yüzey üzerinde farklı alanlara dağılmış sürekli verilerin görüntülenmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır [13]. Düzyer haritası yöntemi çok kullanışlı bir görselleştirme tekniğidir ve belirli özelliklerin çok değişik şekillerde yüzeysel görünüşüne imkân verir. Şekillendirme kullanıcı ile çok büyük miktardaki bilgi arasında çok çabuk şekilde iletişimi sağlar. Zira kullanıcıya diyagram içindeki istisnai değerleri kolayca tarayabilme imkânı vermektedir. Örneğin yüksek veya düşük gerilimler, renklendirme sayesinde kolayca ayırt edilebilir. Baraların, hatların veya herhangi bir bölgenin görselleştirilmesi yapılabilir. En yaygın kullanılanı bara pu gerilim değerleri, faz açıları, hatlardaki güç akışı değerleridir [14].

Bir düzey haritasının temel amacı düğümler ve hatlar arasındaki karmaşık yapay alanlardan ziyade verideki eğilimleri göstermektir. Değerler sadece bara ve hatlarda kesindir. Renkler veri noktalarına yakın bir ağırlıklı ortalama temsil etmek için kullanılırlar. Bu renk dereceleri veri ile yüzeysel ilişkiyi sağlar. Ayrıca düzey haritası herhangi bir niceliğin bölgeye göre nasıl değiştiğini göstermektedir. Özellikle geniş bölge görüntüleme sistem elemanlarının coğrafi tertibini yansıttığı için düzey haritası çizimi bara geriliminin (veya hat yüklenmesinin) sistem boyunca nasıl değiştiği gibi bilgileri resmedebilmektedir. Bu görselleştirme operatörün sistemi kuşbakışı bir bütün

halinde izlerken ilgi çekecek özel bölgelerin tam olarak tespit edilmesine izin verir.

Düzy haritası sistemi güvenliği ile ilgili bilgiler için kullanılabilceği gibi enerji piyasası bilgileri için de kullanılabilir [15]. Düzy haritası tekniği hatlardaki güç akışı, bölgesel marjinal fiyatlar, transfer kapasitesi, beklenmedik olası durumların analizi gibi çeşitli verilerin görselleştirilmesi için daha da geliştirilmiştir. Renkli düzy haritaları kullanarak, kullanıcı bir rengin hangi gerilim değerini sunduğunu renkler arasındaki farkı gözeterek anlayabilir [16]. Yapılan çalışmalar göstermektedir ki düzy haritası kullanımı kullanıcının dikkatini sistemin belirli bir bölgesine odaklaması açısından hayli etkili bir yöntemdir [17].

4. GÖRSELLEŞTİRME VE CBS

Coğrafi bilgi sistemleri verilerle coğrafi konumlar arasında bağlantı kurarak görselleştirme, dijital hale getirme ve analiz için kullanılır [18].

CBS yazılımları sahip oldukları büyük verileri yönetebilme ve bilgi ekranı kabiliyeti sayesinde pek çok alanda kullanılmaktadır [19]. Bilgi sistemlerinin temel fonksiyonu karar verme işlemini kolaylaştırmak ve bu süreci kısaltmaktır. CBS'nin bilgi sistemlerinden farkı sistemin değişik nesnelere ait öznelik bilgilerine ilave olarak konum bilgilerini de içermesidir [20].

CBS katmanlı yapısı sayesinde şebeke bileşenlerinin coğrafi ilişkilerini göstermek için esnek bir ortam sağlar. Bu özellik güç sistem planamacılarına gerçek bir şebeke temsili üzerinde çalışma olanağı sağlar. Görselleştirmenin önemi, algıda seçicilik oluşturarak bir alandaki sayılar, rakamlar, vb. unsurlar arasında kolaylıkla ilişki kurulabilmesine imkân vermesidir [21].

Bununla birlikte güç sistemlerinin optimal işletilmesi ve gelişmiş kontrol ve operasyonunu ayrıntılı ifade etmek için CBS uygulamaları kullanılır. Örneğin görsel bir veritabanı yönetim ortamı içinde denetim kontrolünü daha da kolaylaştırmak için bir SCADA sistemi ile CBS arasında iletişim kurulabilir. Enerji iletim hatlarının optimal güzergah seçimi de Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanım şekillerinden biridir.

Görselleştirme tekniği güç sistem öğrencilerini, uygulayıcılarını ve hatta teknik olmayan insanların bile bir enerji sisteminin durumunu ve işleyişini anlamasına yardım eder. Bu görselleştirme çalışmalarının sistem operasyonunda çalışanlar ve uygulayıcıları için çok yararlı olduğu kanıtlanmıştır.

5. PSAT YAZILIMININ TANITILMASI

Power System Analysis Toolbox (PSAT) yazılımı elektrik güç sistemleri analizi ve benzetimini yapan ve birçok işletim sisteminde çalışan MATLAB uygulamasıdır. Yazılım komut satırından girilen komutlarla kullanılabilir. Yazılımın yapabildiği ana işler, güç akışı, optimal güç akışı, küçük işaret kararlılık analizi, zaman domeni benzetimini, fazör ölçüm birimi yerleşimi (PMU), FACTS modelleri, rüzgar türbin modelleri, bazı formatlardaki dataların çevrimi, yazılım sonuç raporlamasıdır [22].

Buradaki benzetim çalışmaları MATLAB tabanlı bir yazılım olan PSAT ile yapılmıştır [23-24]. Şekil 3'de PSAT yazılımının çalıştırılmasıyla örnek sistemde elde edilen analiz sonuçları verilmiştir. Yazılımın Simulink kısmı da vardır ve Simulink kısmına CBS gibi başka bir topolojik veri kaynağı entegre edilebilir.

```

POWER FLOW REPORT
P S A T 2.1.6
Author: Federico Milano, (c) 2002-2010
e-mail: Federico.Milano@ucim.es
website: http://www.ucim.es/area/gsee/web/Federico
File: C:\Documents and Settings\Faruk\Desktop\tekirdag
Date: 23-Jun-2013 20:10:45

NETWORK STATISTICS
Buses: 13
Lines: 16
Generators: 5
Loads: 13

SOLUTION STATISTICS
Number of Iterations: 5
Maximum P mismatch [p.u.]: 0
Maximum Q mismatch [p.u.]: 0
Power rate [MVA]: 100

POWER FLOW RESULTS
Bus V phase P gen Q gen P load Q load
[p.u.] [rad] [p.u.] [p.u.] [p.u.] [p.u.]
BOTAŞ (154 1.0192 -0.14431 0 0 1.327 0.034
ÇERKEZKÖY 1.0065 -0.16672 0 0 0.649 0.183
ÇERKEZKÖY 1.0065 -0.16664 0.427 -0.061 0 -0.05521
ÇERKEZKÖY 1.0065 -0.16679 0 0 0.84 -0.02
ÇORLU (154 1.0092 -0.16346 0 0 1.806 0.312
MALKARA (1 1.0085 -0.1979 0 0 0.203 -0.041
MARMARA PA 1.0169 -0.14441 0.239 0.105 -0.939 0.00347
MODERN ENE 1.013 -0.14989 0.676 0.055 0.41 0.09281
TEGESAN (1 1.0133 -0.15958 0 0 0.09 0.03
TEKİRDAĞ ( 1.0093 -0.1781 0 0 0.309 0.023
TRAKYA ELE 1.0193 -0.14304 3.97 0.36107 1.297 0.035
UGUR ENERJ 1.0065 -0.16658 0.54 0.16 0 0.20848
ULAŞ (154 1.0129 -0.15131 0 0 -0.158 -0.104

LINE FLOWS
From Bus To Bus Line P Flow Q Flow P Loss Q Loss
[p.u.] [p.u.] [p.u.] [p.u.]
MALKARA (15 TEKİRDAĞ ( 1 -0.203 0.041 0.00124 -0.02786
TEGESAN (15 TEKİRDAĞ ( 2 0.51616 -0.04905 0.00291 -0.00319
ÇORLU (154 TEGESAN (1 3 -0.16115 -0.09381 0.00031 -0.00943
ÇORLU (154 TEGESAN (1 4 -0.16215 -0.09341 0.00031 -0.00978
BOTAŞ (154 TEGESAN (1 5 0.45399 0.06643 0.00157 -0.00865
BOTAŞ (154 TRAKYA ELE 6 -1.781 -0.10043 0.0004 0.00199
TRAKYA ELEK TEGESAN (1 7 0.47943 0.06592 0.00178 -0.00796
ÇORLU (154 MARMARA PA 8 -1.1708 -0.08445 0.00272 0.01708
ÇORLU (154 ULAŞ (154 9 -0.42329 -0.07916 0.00065 -0.00472
MODERN ENER ULAŞ (154 10 0.133 -0.0189 3e-005 -0.00412
MODERN ENER ULAŞ (154 11 0.133 -0.0189 3e-005 -0.00412
ÇERKEZKÖY ( TRAKYA ELE 12 -0.41078 -0.16702 0.00141 -0.00929
ÇERKEZKÖY ( ÇERKEZKÖY 13 0.42923 -0.18705 1e-005 -3e-005
ÇERKEZKÖY ( UĞUR ENERJ 14 -0.53999 0.04845 1e-005 -3e-005
ÇERKEZKÖY ( ÇORLU (154 15 -0.11124 -0.05015 0.00015 -0.01133
ÇERKEZKÖY ( ÇERKEZKÖY 16 -0.42699 0.00575 1e-005 -4e-005

GLOBAL SUMMARY REPORT

TOTAL GENERATION
REAL POWER [p.u.] 5.852
REACTIVE POWER [p.u.] 0.62007

TOTAL LOAD
REAL POWER [p.u.] 5.834
REACTIVE POWER [p.u.] 0.70155

TOTAL LOSSES
REAL POWER [p.u.] 0.01801
REACTIVE POWER [p.u.] -0.08148

```

Şekil 3. PSAT yazılımının çalıştırılmasıyla örnek sistemde elde edilen analiz sonuçları

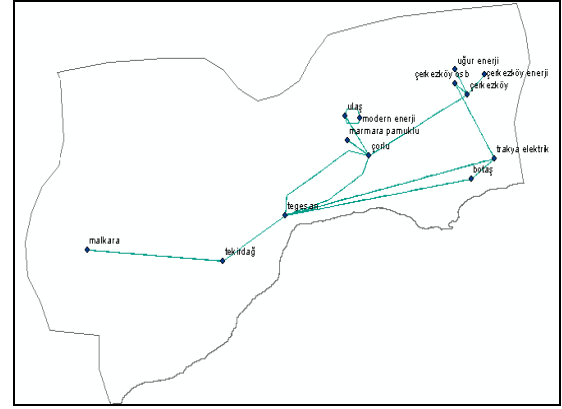
6. PSAT VE CBS

Görselleştirme için iki temel kaynağa ihtiyaç duyulur. Bunlar topolojik veri ve nümerik verilerdir. Bu iki kaynak bağımsızdır ve aynı yazılımın birer parçası olması gerekmez.

MATLAB'da CBS mimarisi oluşturmak teoride mümkün gözükse de çok büyük programlama yeteneği gerektirmektedir. CBS'ne veri tanıtmak için ara yüz oluşturma ve CBS veri yapısını tanımlama basit bir işlem değildir. Bu nedenle CBS'ni PSAT gibi bir yazılımla birleştirmek için coğrafi haritayı başka bir yazılım kullanarak yapmak daha sonra CBS içine PSAT verilerini almak en çabuk

yöntemdir. CBS ve PSAT arasında köprü oluşturmak için CBS uygulamasının da kullanıcı tanımlı veri oluşturma PSAT'a veri aktarıp veri alma fonksiyonlarını sağlaması gerekir ki çoğu açık yazılımlar da bunu sağlar. Örnek olarak Şekil 4'de ArcGIS yazılımında örnek sistem için bara ve hatların oluşturulması gösterilmiştir [25].

Python tabanlı PSAT deneme sürümü. Kolayca XML dosyalarını dışarıdan alıp güç akış analizini gerçekleştirip sonuçta düzey haritalarını çizebilmektedir. Kısaca topolojik veri ile elektriksel nicelikleri birleştirebilmektedir.



Şekil 4. ArcGIS yazılımında örnek sistem için bara ve hatların oluşturulması

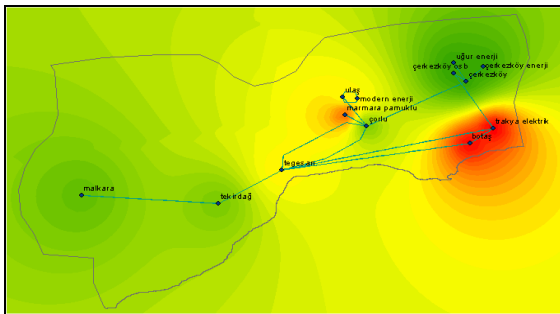
7. BENZETİM ÇALIŞMALARI

Çalışma yapılacak örnek sistem, gerçek şebeke değerlerinin kullanıldığı Tekirdağ ilinde bulunan 154 kV bara ve enerji iletim hatlarından oluşmaktadır. Tekirdağ ili TEİAŞ Trakya Yük Tevzi ve 20. İletim Tesis ve İşletme grubuna bağlı, sınırları içerisinde 2 adet 380 kV ve 13 adet 154 kV'luk trafo merkezi bulunmaktadır. 380 kV'luk Kaptan Demir Çelik ve Unimar baralarının bağlantıları Tekirdağ dışındaki illerle olduğundan bu iki trafo merkezi örnek sisteme alınmamış sadece 154 kV'luk Tekirdağ, Malkara, Tegeşan, Çorlu, Ulaş, Modern Enerji, Marmara Pamuklu, Trakya Elektrik, Çerkezköy, Çerkezköy Osb, Çerkezköy Enerji, Uğur Enerji ve Botaş baraları kullanılmıştır. Bu 13 baranın 5 adedi üretim (Modern Enerji,

Marmara Pamuklu, Trakya Elektrik, Çerkezköy Enerji ve Uğur Enerji) geri kalanları ise yük barasıdır. Orta gerilim seviyesinden sisteme bağlı olan otoprodüktör ve serbest üretim santrallerine yer verilmemiştir (Ak Enerji, Can Enerji, vb.). Ancak orta gerilim seviyesinde üretim yapıp ta dengeleme birimi olarak Milli Yük Tevzi Müdürlüğü'nce yönlendirilen ve özel 154 kV şalt sahası olan santraller dikkate alınmıştır.

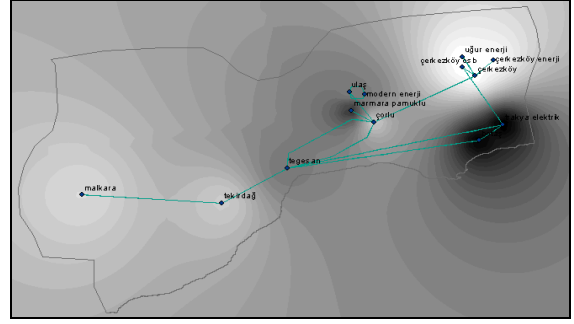
Trakya Elektrik trafo merkezi salınım barası olarak seçilmiş ve iletim kayıplarının bu baradan sağlandığı kabul edilmiştir. Sisteme ait hat verileri için gerçek değerler kullanılmıştır. 100 MVA baz gücünde pu sistem için Newton-Raphson metodu kullanılarak PSAT yazılımı çalıştırılmış ve nominal değerlerdeki güç akışı, gerilim ve faz açısı değerleri bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar ArcGIS yazılımında oluşturulan harita üzerindeki hatlara ve baralara, analiz değerleri atanarak çeşitli görselleştirme çalışmaları yapılmıştır.

Şekil 5'de analiz sonucu elde edilen bara gerilim değerlerinin ArcGIS yazılımına aktarılarak düzey haritası oluşturulmuştur.



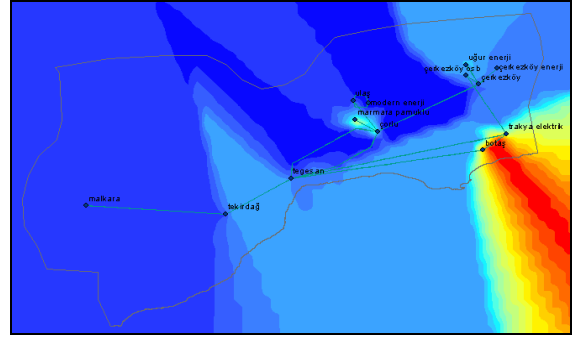
Şekil 5. Analiz sonucu bara gerilimlerinin ArcGIS yazılımıyla görselleştirilmesi

Şekil 6'da aynı değerlerin birbirleriyle kontrast oluşturacak renk tonlarının da kullanılıp farklı tasarımlar yapılabileceği gösterilmiştir.



Şekil 6. Bara gerilimlerinin görselleştirilmesi

Şekil 7'de ise hatlardaki aktif güç akışı görselleştirilmiştir. Burada elde edilen değerlerin Powerworld yazılımından elde edilen değerlerle birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 7. Analiz sonucu hatlarda aktif gücün ArcGIS yazılımıyla görselleştirilmesi

8. SONUÇLAR

Bu çalışmada 154 kV'luk örnek bir şebeke üzerinde gerçek sistem değerleriyle yapılan güç akış analizi sonuçlarının coğrafi bilgi sistemlerinde kullanılması gösterilmiştir. Elde edilen sonuçların hem analiz hem de görselleştirme yapabilen ancak ücretli olan yazılımlara çok yakın olduğu görülmüştür (Şekil 2, Şekil 7). Açık kaynak kod kullanan ve ücretsiz olan yazılımlar kullanılarak da aynı sonuçların rahatlıkla elde edilebileceği gösterilmiştir (Şekil 1-2, Şekil 4-7).

Güç akış analizlerinde yapılacak görselleştirme çalışmalarıyla sistemin yönetimi ve kontrolü konusunda çalışanların mevcut durumu kolayca algılayıp hızlı bir şekilde müdahale etmeleri sağlanabilir. Bu sayede olası beklenmedik durumların önceden tahmin edilip muhtemel kesintilerin, güç sistem

arızalarının önlenmesine katkıda bulunulabilir.

Görselleştirme çalışmalarının bir diğer faydası da enerji sistemleri konusunda eğitim alan öğrencilerin sistemde kolayca değişiklik yapıp bu değişikliklerin etkisini zaman kaybetmeden görebilmesidir.

Örnek çalışmada da görüldüğü gibi görselleştirme, güçlü bir altyapı ve yatırım maliyeti gerektirmemesi, kolaylıkla çok büyük sistemlere de uygulanabilmesi sayesinde ücretli yazılımlara oranla çok daha ekonomiktir. Mevcut enerji sisteminde yapılacak değişikliklerin yazılımlara kolayca ilave edilmesiyle çalışma yapılan alanda güncel analiz sonuçlarının elde edilmesi sağlanabilir.

Görselleştirme teknikleri, güç sistemleri konusunda profesyonel olarak çalışanların yanında öğrencilerin hatta konuyla ilgili bilgisi olmayanlar tarafından bile bu sistemlerin çalışmasının ve durumunun anlaşılmasını sağlamaktadır. Görselleştirme çalışmalarının sistem operasyonunda çalışanlar ve uygulayıcıları için çok yararlı olduğu kanıtlanmıştır.

İleride yapılacak çalışmalarda yazılımların kendi özelliklerini kullanarak sayısal yükseklik modeli veya 3 boyutlu düzey haritaları oluşturulabilir, animasyonlar eklenip sistemin görsel olarak sunumu ve algının güçlendirilmesi çalışmaları yapılabilir.

KAYNAKLAR

[1] Weber J.D., Overbye T.J., Voltage Contours for Power System Visualization, IEEE Transactions On Power Systems, Vol.15, February 2000

[2] Glover D., Sarma M., Overbye T.J., Power System Analysis and Design, Fifth Edition, 2008

[3] Ghosh S., Load Flow Simulation of Western Grid of Bangladesh Power System

Using PSAT and Performance-based Comparison with PowerWorld, International Conference on Intelligent Systems, 2010

[4] Sarussi D. Rabinovici D., Developing And Analysis Of Power Systems Using Psat Software, IEEE 25th Convention of Electrical and Electronics Engineers, Israel, 2008

[5] Strasser, T., Stifter, M., Andren, F., Burnier de Castro D., Applying Open Standards and Open Source Software for Smart Grid Applications: Simulation of Distributed Intelligent Control of Power Systems, IEEE Power and Energy Society General Meeting, 2011

[6]<http://www.mathworks.com/products/matlab/>

[7] <http://www.powerworld.com>

[8] Milano F., Three-dimensional Visualization and Animation for Power Systems Analysis, Electric Power Systems Research, 2009

[9] An Advanced Visualization Platform For Real-Time Power System Operations, 14th Power Systems Computation Conference (PSCC), Sevilla, Spain, June 2002

[10] Klump R.P., Wu W., Dooley G., Displaying Aggregate Data, Interrelated Quantities, and Data Trends in Electric Power Systems, 35th Hawaii International Conference on System Sciences, 2002

[11] Sun Y., Overbye T.J., Visualizations for Power System Contingency Analysis Data, IEEE Transactions On Power Systems, Vol.19, No.4, November 2004

[12] Overbye T.J., Weber J.D., Visualization of Power System Data, 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, 2000

[13] Overbye T.J., Weber J.D., Visualizing the Electric Grid, IEEE Spectrum, February 2001

[14] Grijalva, S., Visualization and Study Mode Architectures for Real-Time Power System Control, International Conference on Industrial Electronics and Control Applications, 2005

[15] Klump R.P., Weber J.D, Real-Time Data Retrieval and New Visualization Techniques for the Energy Industry, 35th Hawaii International Conference on System Sciences, 2002

[16] Overbye T.J., Wiegmann D.A., Rich A.M., Sun Y., Human Factors Aspects of Power System Voltage Contour Visualizations, IEEE Transactions On Power Systems, Vol.18, No.1, February 2003

[17] Vanfretti L., Milano F., Application of the PSAT, an Open Source Software, for Educational and Research Purposes, Power Engineering Society General Meeting, 2007

[18] Stifter M., Milano F., An Example of Integrating Open Source Modelling Frameworks: The Integration of GIS in PSAT, IEEE PES General Meeting, 2009

[19] Nga D.V., Quang D.N., Xuen C.Y., Chee L.L., See O.H., Open Source GIS-Based System for Displaying Data in Smart Grid, 2012 International Conference on Smart Grid Systems, IPCSIT vol.45, 2012

[20] Pamuk N., Enerji İletim Hatlarının Optimal Güzergah Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) Kullanımı, 2011

[21] Shin H.S., Feuerborn S.A., Power System Analysis in GIS A New Tool for Interfacing with Geographic Information, Techbriefs 2004 No.2

[22] Milano F., An Open Source Power System Analysis Toolbox, IEEE Transactions On Power Systems, Vol.20, No.3, August 2005

[23]<http://www3.uclm.es/profesorado/federico.milano/psat.htm>

[24] PSAT 2.1.8. 'Program Operation Manuel', Power Technologies, Inc., Genova, Italy, January 2008.

[25] <http://www.arcgis.com>