

# ŞEBEKEDA YAŞANAN BOZUCU ELEKTRİKSEL OLAYLARIN DAĞITILMIŞ ÜRETİM SİSTEMLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Levent KILIÇ<sup>1</sup>

Ayşen BASA ARSOY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Camiş Elektrik Üretim A.Ş.  
İş Kuleleri Kule 3  
34330 4.Levent İstanbul  
[lkilic@sisecam.com](mailto:lkilic@sisecam.com)

<sup>2</sup>Elektrik Mühendisliği Bölümü  
Mühendislik Fakültesi  
Kocaeli Üniversitesi, 41100 İzmit Kocaeli  
[aba@kocaeli.edu.tr](mailto:aba@kocaeli.edu.tr)

## Özet

Ülkemizde OG dağıtım sisteminden şebekeye bağlanan elektrik üretim santrallerinin sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Dağıtılmış üretim sistemleri kapsamında değerlendirilen bu tip santraller genellikle beslediği yüke yakın kurulmakta ve merkezi bir kontrole tabi tutulmamaktadır. 27434 Sayılı Elektrik Tesisleri Proje Yönetmeliği'nde belirtilen şartların sağlanması, bu santrallerin şebekeye bağlantısı için gerek şarttır. Bununla birlikte santrallerde yaşanan şebeke olayları ve uluslararası literatür bunun yeterli olmadığını göstermektedir. Bu çalışmada, önce şebekede oluşan bozucu elektriksel olayların üretim tesislerine olan etkileri verilecektir. Sonra, literatür çalışmaları ve işletme koşullarının gereksinimi doğrultusunda, şebeke ve santral güvenlik ve güvenilirliğini arttırmaya yönelik, şebeke bağlantı teknik kriterleri için önerilerde bulunulacaktır.

## Giriş

Uluslararası literatürde, 30 MW'a kadar olan küçük hidroelektrik, kojenerasyon, rüzgar ve diğer teknolojilere sahip elektrik üretim tesisleri dağıtılmış üretim kaynakları (DÜK) olarak kabul edilmektedir [1]. Bu tür santraller, kısa sürede kurulması, yüke yakın olması nedeniyle beslediği tesisin güvenilirliğini artırması, kayıpları azaltması, gerilimi düzeltmesi, çevreye duyarlı olmaları, politik getirileri ve artan verimlilikleriyle, şebeke yapısında önemli görevler üstlenmişlerdir. Şebeke bağlantılarında 27434 Sayılı Elektrik Tesisleri Proje Yönetmeliği esas alınır [2].

2001 yılında 4628 Sayılı olarak yayınlanan Elektrik Piyasası Kanunu ile elektrik piyasası faaliyetleri, bu Kanunun hükümlerine göre piyasada faaliyet gösterecek tüzel kişilerin üretim, iletim, dağıtım, toptan satış, perakende satış hizmeti, ticaret, ithalat ve ihracat faaliyetlerinde bulunmalarına imkan sağlamıştır [3]. Kanunun amacı, elektriğin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için, rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösterebilecek, mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik enerjisi piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimini sağlamaktır.

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'un 2005 yılında yayınlanmasından sonra, özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi ciddi bir artış göstermiştir [4,5]. Aynı durum, 1984 yılından beri uygulanmakta olan [6] ve 2002 yılında Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği [7] ile değiştirilen ve enerjinin etkin kullanılması amacıyla sanayicinin işletme tercihi olan, ağırlıklı olarak gaz türbini, (içten yanmalı) gaz motoru, buhar türbini ve kombinasyonlarından oluşan "kendi enerjini kendin üret, otoproduktörlük" uygulamaları için de geçerlidir.

Özellikle Elektrik Piyasası Kanunu'nun yayınlandığı tarihten sonra devletin elinde bulunan üretim ve dağıtım sistemlerinin özelleştirilmesine gidilmiştir. Özelleştirmelerle birlikte, piyasada artık daha fazla üretici ve dağıtıcı olmuştur. Bu zamana kadar tek bir merkezden karar verilebilen ancak net olmayan üretim, dağıtım, vb. bağlantı kriterlerinin değişmesi kaçınılmaz olacaktır. Hızlı yapı değişikliklerine rağmen, ülkemizde Kanundan önce ve sonrasında da belirlenmiş bağlantı kriterlerinin oluşturulmadığı görülmektedir. Sadece rüzgar santrallerinin ulusal şebekeye bağlantı noktasında, kısadevre gücünün %5' ine kadar bağlantı olabileceği belirtilmektedir.

Aynı sorun diğer yenilenebilir ve konvansiyonel küçük güçlü santraller için de geçerlidir. Ayrıca aynı bağlantı noktası için birden fazla ve değişik türde dağıtılmış üretim santrali olması durumunda, özellikle farklı işletmecileri haiz dağıtım şebekelerinde sorunun daha da karmaşıklaşacağı düşünülebilir. Bağlantı kriterlerinin eksikliği, aynı zamanda, santral işletmeciliğini de sıkıntıya sokmakta, ciddi üretim kayıplarına neden olmaktadır.

Bu bildiriye, şebeke ya da dağıtılmış üretim sistemleri içerisinde geçici durumların oluşturduğu sorunlar incelenecek, bu sorunların giderilmesi için bir takım önerilerde bulunulacaktır

## Şebeke – Santral İlişkisi

Mevcut dağıtım şebekeleri planlanırken şebekede herhangi bir üretimin olmayacağı gerçeği göz önünde bulundurulur. Üretim kaynaklarının şebekedeki varlığı,

şebekenin yapısına (radyal ya da gözlü), şebekenin yüklenmesine, üretim kaynaklarının çeşitliliğine ve bağlantı noktalarındaki kısa devre gücüne bağlı olarak

- Transient ve kararlılık çalışmalarına,
- Gerilim düşümü ve yükselmesine,
- Güç kalitesine,
- Sistem ve trafo topraklamalarına,
- Olası ferorezonans olaylarına,
- Kısadevre olaylarına,
- Ekipmanların kesme kapasitelerine

etki etmesi beklenir [8-21].

Şebeke ile paralel çalışmakta olan DÜ santralının, elektriksel açıdan karşılaşabileceği (tehlikeli) durumlar;

- Aşırı akım,
- Aşırı gerilim,
- Bağlı olunan baraya büyük yük alma – yük atma,
- Zorunlu ya da isteğe bağlı olarak ada moduna kalma – geçiş

olarak sayılabilir.

Proje Yönetmeliğinin [2] termik, dizel, sıvı, gaz yakıtlı, kombine çevrim santraller için bir takım hesapların yapılması istenir. Bu hesaplar;

- 1) İç ihtiyaç transformatör güç hesapları,
- 2) Transformatör anma güçlerine göre kompanzasyon tesisi hesapları,
- 3) Kısa devre hesapları,
- 4) YG ve AG kablo hesapları,
- 5) DC iç ihtiyaç gücü hesapları,
- 6) Aydınlatma ve acil aydınlatma hesapları,
- 7) Topraklama paratoner tesisi hesapları

olarak sıralanabilir. Ancak, bu hesaplamaların şebeke – santral arasındaki yaşanan olayların etkisini azaltmada eksik kaldığı görülmektedir.

Ekipman seçimini ve röle koordinasyonunu belirlemede kullanılacak kısadevre hesaplamaları ulusal ve uluslararası hesaplamalara göre yapılmalıdır [22, 23]. Şebekenin belirli noktalarına bağlanmış DÜ santrallerinin kısadevreye etkileri farklı olmaktadır [24]. Baraya bağlanacak elektrik santralleri için aynı kısadevre gücünün belirtilmesi sorun yaratabilmektedir.

Dağıtım şebekesi kısadevre kesme yeteneğine göre dizayn edilmektedir. Ekipmanlar, kabul edilebilir maksimum kısadevre akımı ve buna ısı ve mekanik dayanıma uygun olarak seçilmektedir. DÜ santrallerinin şebekeye eklenmesi ile oluşacak kısadevre değerleri dizayn değerinin altında olmalıdır [25,26]. Şebekede herhangi bir üretim kaynağının olmayacağı kabulüyle yapılan şebeke hesapları ve

buna göre seçilen ekipmanlar, ilave üretim kaynaklarının devreye girmesi ile yetersiz kalabilir.

Santral kabul testlerinde ise, belirli yükler için ada moduna geçiş testleri yapılmaktadır. Şebeke arızalarından kaynaklanan ada moduna geçişlerin etkisi, isteğe bağlı geçişlerden çok daha ağır olmaktadır.

Artık özelleştirme yoluyla değişik işletme şartlarının uygulanabileceği dağıtım sistemlerinde, gerek sistemi korumak ve gerekse de kendisine bağlı olduğu santrallerin güvenilir çalışmasını sağlayabilmek için, Proje Yönetmeliği'nde röle koordinasyon süresi içerisindeki olaylara karşı teknik bağlantı kriterlerinin ve eşzamanlı - karşılıklı izleme ve haberleşme sistemlerinin oluşturulması gerekmektedir. Benzer izleme, iletim sistemi için RTU / SCADA olarak uygulanmakta ve Şebeke Yönetmeliği'nde de talep edilmektedir [27].

## Örnek Bara Sistemi İncelemesi

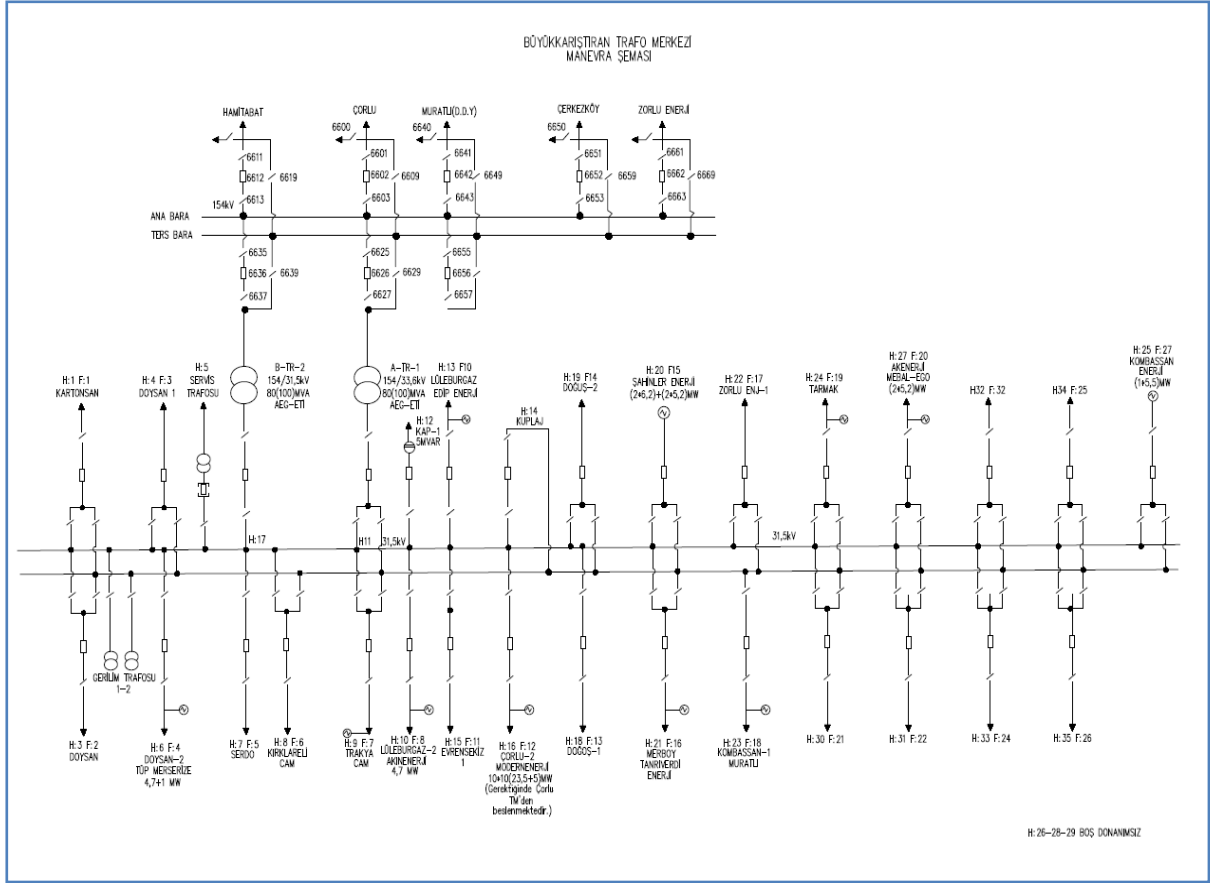
Örnek alınan santral, Şekil 1'de gösterilen dağıtım şebekesinin 7. Fiderinden beslenmektedir. Şekilde, 27 fiderden oluşan 31.5 kV'luk baraya, 11 elektrik santralının bağlandığı görülmektedir. Örnek tesis, barasındaki fabrikaların enerji ihtiyacını karşılamak ve güç kalitesini arttırmak amacıyla kurulmuş, 2 gaz, 1 buhar türbininden oluşan, yaklaşık 30.6 MW'lık bir kombine çevrim santraldir. Baraya bağlanan diğer santrallerin yapısı yine doğalgazdan üretime dayalı kojenerasyondur.

Fabrikaların ve baraya bağlı elektrik santrallerinin maruz kaldığı bozucu etkilerin nedenleri, sadece salt şebeke olaylarından değil, bazen elektrik santrallerinin kendisinden de kaynaklanmaktadır. Bunun için, senkronizasyon, yönlü koruma, elektriki – mekaniki kilitleme, vb. gibi santralleri ve şebekeyi koruyacak çözüm yöntemleri uygulanmaktadır.

Bu çözümler olumsuz olayların sıklık derecesini azaltmıştır. Ancak, özellikle kısadevre, anahtarlama ve benzeri olaylara karşı sistemden ayrılana kadar geçen sürede yaşananlar, santral ve bara yüklerinde ciddi üretim ve ekipman kayıplarına sebep olmaktadır.

Hesaplamalar uluslar arası standartlara göre de yapılmış olsa bile, işletme şartlarında aşağıdaki olumsuz olaylar yaşanmaktadır:

1. Şebekede oluşan kısadevre nedeniyle açma; santral tarafındaki gerilim rölesi ile gerilim düşümü olarak görülmektedir. Rölenin değerleri içerisinde açma gerçekleşmesine rağmen, santral tarafındaki etkilenmenin, açma anına kadar olan transientlerden kaynaklandığı düşünülebilir.

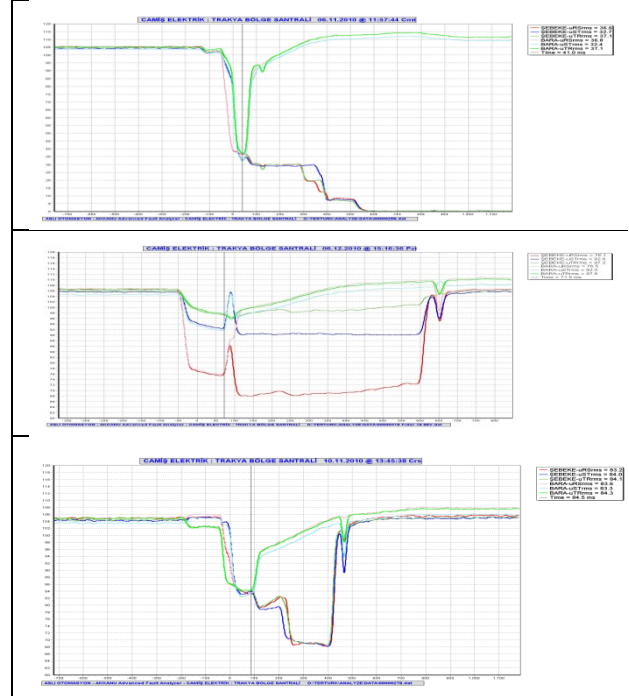


Şekil 1: Büyükkarıştıran Trafo Merkezi

Şekil 2, şebekede, hatlarda, üretim tesislerinde yaşanan arızaların, elektrik santrali izleme sisteminden kaydedilen üç faz gerilim dalga şekillerini göstermektedir. Koyu renkler şebekeyi, açık renk santral barasını temsil etmektedir. Buradaki olaylar sırasıyla, a.) 3 F-T kısıtdevre arızası nedeniyle sistemin çökmesini, b.) 1 F-T arızası nedeniyle fiderin açmasını, c.) Yine 1 F-T, baradaki bir fabrikadan kaynaklanan açmayı göstermektedir.

2. Özellikle dağıtım sisteminde senkronlama yapmadan gerçekleştirilen kapama olayları; sistemde gerilim yükselmesine sebep olmakta, ada moduna kalana kadar dahi, kablo başlıkları, parafudrlar, vb. gibi elektriksel ekipmanların hasarına sebep olmaktadır.

Şekil 3, dağıtım sistemine bağlı olan tüketici ve/veya elektrik santrallerinden kaynaklanan hasarların etkilerini göstermektedir.



Şekil 2a-b-c: Farklı arıza durumlarında santral barası ve şebeke üç faz gerilimleri



Şekil 3a-b-c-d: Arıza Örnekleri; a)OG kesicinde kapama anında oluşan kısadevre, b)Parafudr arızası, c)Kablo başlığı arızası, d)Mesnet izolatörü arızası

## Öneriler

Küçük güçlü üretim santrallerinin şebekeye bağlantılarının yapılabilmesi için sadece kısadevre hesaplamaları yapılmakta ve bağlantı esnasında da kararlı durum halindeki testlerle bağlantılar sağlanmaktadır.

Oysaki, özellikle şebeke geçici rejim olaylarına karşı bu tür santrallerin şebekeye ve şebekenin de santrallere karşı bozucu etkisi çok ağır olmaktadır.

Dağıtım sistemi barasında oluşan kısadevre, aşırı gerilim, vb. olaylar, koruma sistemleri olmasına rağmen, bağlanan DÜ santrali barasında da yaşanmakta ve izolatör, kablo, kesici, vb. ekipmanlarının arızalanmasına ve üretimin aksamasına, yeniden devreye almada sıkıntılara yol açmaktadır.

Günümüzde sadece bağlantı noktasının kısadevre gücünün artırılması ile çözüme ulaşma hedeflenmekte ve bu bile oldukça zor uygulanabilmektedir. Buna rağmen, çözümün yeterli olmadığı, mevcut birden fazla DÜ'nün verileriyle doğrulanmaktadır.

Şebeke yapısının daha sağlıklı işlemesi için;

- Baraya bağlanabilecek üretim santral boyutu, sayısı ve üretim çeşidinin belirlenmesi,

- Bunların güç kalitesine etkisi, bara bazında kararlılık çalışması yapılması,
- Dağıtım sistemi ile işletme arasındaki manevra haberleşmesinin sağlanması fayda sağlayacaktır.

Önerilerin, halen tüm DÜ santrallerinde yaşanmakta olan ve önemli maliyetlere neden olan şebeke ve santral kaynaklı arızalara da çözüm olabileceği düşünülmektedir

## Sonuç

Şebeke yapısı geliştirilirken, bağlı olduğu santrallerin de karakteristiklerinin göz önüne alınması, buna göre bağlantı kabullerinin yapılması, gerekirse de yeni sistem kurulması, karşılıklı yaşanan olumsuzlukları minimize etmede fayda sağlayacaktır.

Şebekedeki en küçük bir olayın bile etkisi, santral ya da fabrikalarda çok ağır hissedilebilmekte, bazen ekipman ve genellikle de üretim kaybına yol açmaktadır.

Bu nedenle güç kalitesinin ve sürekliliğinin sağlanması, kendisine etki eden bileşenler uygun seçimi ve işletilmesi ile mümkün olacaktır.

## Kaynaklar

- [1] Joao R. Cogo, Hermann W. Dommel, Overvoltage Problems of Small-Scale Generators Connected to Large Systems
- [2] 16 Aralık 2009 Tarihli ve 27434 Sayılı Elektrik Tesisleri Proje Yönetmeliği
- [3] 3 Mart 2001 tarihli ve 4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu
- [4] 10.5.2005 Tarihli ve 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun
- [5] 29.12.2010 Tarihli ve 6094 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun
- [6] 4.12.1984 Tarihli ve 3096 Sayılı Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi ve Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi Dışındaki Kuruluşlara Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi Kurma ve İşletme İzni Verilmesi Esaslarını Belirleyen Yönetmelik
- [7] 4.8.2002 Tarihli ve 24836 Sayılı Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği
- [8] R.C.H. Richardson, The Commissioning of Electrical Plant and Associated Problems
- [9] Basler Electric Company, Technical Papers
- [10] Schweitzer Engineering Laboratories, Technical Papers
- [11] Huan A. Martinez, Jacinto Martin – Arnedo, EMTP Model for Analysis of Distributed Generation Impact on Voltage Sags
- [12] U.S. Department of Energy, Distributed Generation Interconnection Manual
- [13] Thomas Gallery, Laura Martinez, Danijela Klopotan, Impact of Distributed Generation on Distribution Network Protection, ESBI Engineering & Facility Management
- [14] Thekla N. Boutsika, Stavros A. Papathanassiou, Short Circuit Calculations in Networks with Distributed Generation, Electric Power System Research 78 (2008) 1181-1191
- [15] Thekla N. Boutsika, S.A. Papathanassiou, N. Drossos, Calculation of the Fault Level Contribution of Distributed Generation According to IEC Standard 60909, NTUA Electrical Power Division Technical Paper
- [16] F.M. Nuroglu, A.B. Arsoy, Voltage Profile and Short Circuit Analysis in Distribution Systems with DG, Electric Power and Energy Conference, Canada, 2008
- [17] Ioanna Xyngi, Anton Ischenko, Marjan Popov, Lou van der Sluis, Transient Stability Analysis of a Distribution Network With Distributed Generators, IEEE Transactions on Power Systems, vol.24, No.2, May 2009
- [18] R.A. (reigh) Walling, Robert Saint, Roger C. Dugan, Jim Burke, Ljubomir A. Kojovic, Summary of Distributed resources Impact on Power Delivery System, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.23, No.3, July 2008
- [19] Andreas Poullikkas, Implementation of Distributed Generation Technologies in Isolated Power Systems, renewable and Sustainable Energy Reviews, 11 (2007) 30-56
- [20] Edward R. (Rardy) Collins, Jian Jiang, Voltage Sags and the Response of a Synchronous Distributed Generator: A Case Study, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.23, No.1, January 2008
- [21] Nick Hiscock, Terence G. Hazel, Jonathan Hiscock, Voltage Regulation at Sites With Distributed Generation, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.44, No.2, March/April 2008
- [22] IEC 60909 Series
- [23] IEEE 1547 Series
- [24] Vu Van Thong, Johan Driesen, Ronnie Beşmans, Power Quality and Voltage Stability of Distribution Systems With Distributed Energy resources, International Journal of Distributed Energy Resource, Volume 1, Number 3 (2005), Pages 227-240
- [25] Edward Coster, Johanna Myrzik, Wil Kling, Effect of Distributed Generation on Protection of Medium Voltage Cable Grids, CIRED 19th International conference on Electricity Distribution, Vienna, 21-24 May 2007, Paper 0079
- [26] S.A. Papathanassiou, A Technical Evaluation Framework for the connection of Distributed Generation to the Distribution Network, Electric Power Syst. Res.77 (january (1)), (2007) 24-34
- [27] 26.11.2009 Tarih ve 27418 Sayılı Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliği