

# SAYISAL TEKNOLOJİNİN ELEKTRİK ŞEBEKE AĞINA KATILMASI: AKILLI ŞEBEKE

*Hasan Dinçer<sup>1</sup>*

*Feza Mutlu<sup>1</sup>*

*Murat Kuzlu<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli  
hdincer@kocaeli.edu.tr, fezmutlu@hotmail.com

<sup>2</sup>TÜBİTAK-MAM Enerji Enstitüsü Güç Elektroniği ve Kontrol Bölümü, TÜBİTAK-MAM, Kocaeli  
Murat.Kuzlu@mam.gov.tr

**Anahtar kelimeler:** Akıllı Şebeke, Smart Grid, Elektrik Şebekesi, Akıllı Dağıtım

## Özet

Elektrik insan yaşamının vazgeçilmez bir parçasıdır. Kullanılan ve gelişen teknoloji elektrik gücüne ihtiyaç duymaktadır. Özellikle son yıllarda elektrik gücüne ihtiyaç artarken tersine enerji kaynakları azalmaktadır. Bu nedenle yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarından elektrik enerjisi elde etmek daha en etkin ve çözüm olarak görülmektedir. Enerji elde etmek ne kadar önemli ise enerjinin verimli kullanılması ve var olan enerji kaynaklarının çevreye zarar vermeden yaygınlaştırılması ve mevcut sistemle tümleşik olması da o kadar önemli hale gelmiştir. Bu beklentileri karşılamak için elektrik şebekelerinin daha akıllı hale getirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada sistem yapısı ve uygulamaları verilmiştir. Ayrıca ve Akıllı Şebeke yapısının hem sisteme hem tüketiciye büyük yararlar sağladığının gösterilmesi amaçlanmıştır.

## 1. Giriş

Günümüzün güç sistemleri, 1883 yılında Tesla'nın yayınladığı tasarım esaslarına göre kurulmuştur. Zamanı için merkezi üretimler, talep kontrolü ve tek yönlü iletim sistemleri mantıklı olmasına karşın, günümüz ihtiyaçlarına göre artık eskimiş olarak ifade edilmektedir. Dünyanın enerji tüketimi 2005'ten 2030'a kadar %50 artacağı öngörülmektedir. Dolayısıyla geleceğin güç şebekeleri Tesla'nın düşündüğünden çok daha fazlasına sahip olacaktır. Mevcut şebekelerin akıllı hale getirilmesinin birçok faydası bulunmaktadır. 2030 yılında dünya enerji ihtiyacının %30 artacağı düşünüldüğünde mevcut karbon emisyonlarının arttırılmadan bu büyümenin nasıl karşılanabileceği çözümlenmelidir. Günümüzde yenilenebilir elektrik üretiminin önem kazanması ile birlikte, artan taleple birlikte akıllı sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır [1].

Kısaca tanımlamak gerekirse, akıllı şebekeler; sayısal teknolojinin elektrik ağı ile tümleşmesi ve elektrik iletim ve dağıtımının eşgüdümünün iyileştirilmesidir. Her şeyin değiştiği, daha iyi ve verimli yapılmaya çalışılan günümüzde, teknolojinin elektriğe sunduğu bir yeniliktir. Akıllı Şebeke (Smart Grid) teknolojisi elektriksiz verim açısından sistemi iyileştirmekle

kalmayıp, küresel ısınma, enerji ihtiyacı ve enerji esnekliği gibi büyük sorunlara da ışık tutabilmektedir.

## 2. Akıllı Şebeke

Akıllı Şebeke enerji tedariki ve tüketiminin daha verimli hale getirilmesine yardımcı olan uçtan uca yüksek güvenlik sunan akıllı şebeke çözümdür. Dijital teknolojinin elektrik ağına entegre olması biçiminde etkili bir tanımla da ifade edilebilir. Kullanıcıları ve üreticileri ortak alana taşıyan bir sistemdir. Bu sistem sayesinde elektrik üretim santrallerinden ev ve işyerlerine enerjinin dağıtımını sağlayacak İnternet Protokolü (IP) temeline dayanan daha akıllı enerji altyapıları sunulabilecektir. Akıllı şebekeler, enerji verimliliğine katkıda bulunarak, sistem işletme, bakımında maliyet avantajları sağlamaktadır. Teknoloji ucuzlaması ile uygulama alanı artacaktır. Akıllı şebeke, eş zamanlı veri ve bilgi sunan bir "Enerji İnterneti"dir [2].

### 2.1. Akıllı Şebeke Teknolojisi ve Özellikleri

Akıllı teknolojisini sabit ve gezgin enerji depolamasında ve günlük yenilenebilir enerji kaynaklarında aktif rol alır. Ayrıca akıllı şebekelerin enerji depolamanın yanında haberleşme ağını içeren altyapı desteğinin güvenlik ve ekonomik özellikleri de vardır. Dünya genelinde hükümetler ve teknik kuruluşlarda güç şebekelerinin önemini fark etmişlerdir.

Akıllı Şebeke'lerin IP tabanlı haberleşme ağı için dağıtık bir veri altyapısı kullanılır. Bir uygunlaştırıcı yazılım ile altyapı sağlanır. Bu altyapı, Akıllı Şebeke için düşük gecikme ve gerçekleştirilebilirliği sağlayan bir dağıtıcı-abone modelini temel alır. Ekonomik, fiziksel ve sayısal teknoloji gerekliliklerinin hepsi sağlanırsa Akıllı Şebeke verim bir şekilde çalışır.

### 2.2. Sistemin Ekonomik Modellenmesi

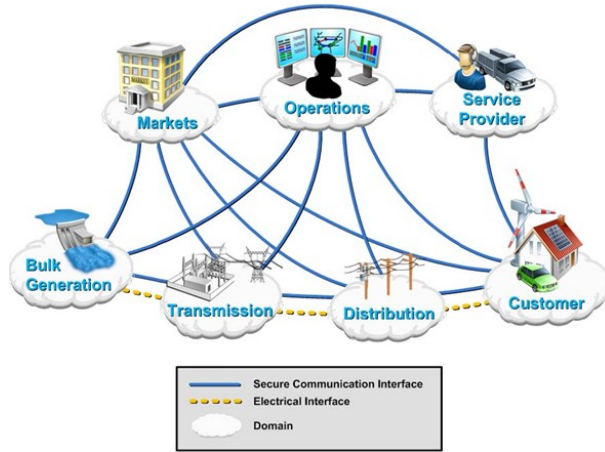
Sistemin uygulanabilirliği, çevreyle uyumu gibi faktörlerin etkisini gözlemlemek için benzetim programları kullanılmalıdır. Güç endüstrisindeki yenilik, bir ülkenin ekonomisini etkiler. Teknolojik gelişmelerde uzun dönemde kararlılık, sosyal ve politik açıdan birçok aracın uygulaması ile sağlanabilir. Yeni nesil güç şebekelerinin modellenmesi, güç

şebekelerinin çevreye etkisini açıklayabilir. Bu, genişletilen temel çözümlere karşı karşılaştırmalı bir çalışma yapılarak sağlanabilir.

Smart Grid için bir ekonomi modeli oluşturmak uygulanabilir projenin araştırılmasına, analiz ve en uygunlaştırılmasına yardımcı olur. Smart Grid bir ekosistemdir. Smart Grid ekosistemini doğru biçimde benzetişim yapmak gelecek yeniliklerin yararlarını anlamada faydalıdır. Kapsamlı bir model oluşturarak, akıllı şebekelerin yeni teknolojik gelişmelerinin kontrolü sağlanabilir [3].

### 2.3. Smart Grid Teknolojisinin Haberleşme Ağı

Sayısal iletim teknolojileri güç üretim, dağıtım, kontrol ve işlemlerinde önemli bir rol alır ve Akıllı Şebeke teknolojilerinde temel yapıtaşlarıdır. Gelecek nesil güç şebekesi veri merkezli bir altyapıda ve üretici-abone tabanlı bir yazılımla haberleşme ağının yararlarından faydalanılabilir.



Şekil 1: Akıllı Şebeke kavramsal modeli[7]

Akıllı Şebeke uygulamaları için IP QoS tabanlı uygulamalar tercih edilir. Akıllı Şebeke kontrol ve veri transferi uygulamaları veri-merkezli, esnek ve etkili bir ağ platformu gerektirir. Merkezi hale getirilmiş, veri merkezli bilgi altyapısı veri iletimini ve kontrol trafiğini desteklemelidir. Veri işleme zaman sınırlaması ve verinin yeri bakımından kritiktir [1]. Veri konumsal olarak tanımlanmalıdır. Temel amaç; bilgi altyapısı ile tasarlanan sistemin doğru miktarda ölçülmüş ve hesaplanmış veriyi doğru zamanda makul bir maliyetle, güvenli biçimde iletmektir [3]. Şekil 1'de Akıllı Şebeke kavramsal tasarımı gösterilmektedir.

### 2.4. Dağıtık Veritabanı Yapısı

Gerçek zamanlı veri tabanı SCADA sistem kontrol merkezinde bulunur. Verinin toplanması haberleşme kanalları ile yapılır. Gerçek zamanlı veri tabanı tüm dağıtık verilerin toplamından oluşur. Sistemde gerçek zaman değerlerinden veri hesaplanır.

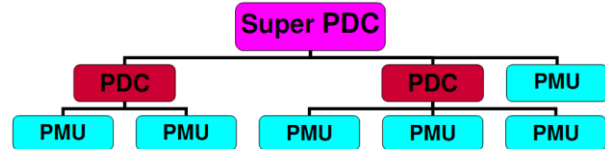
Dağıtık bir veri tabanı yönetimi tekil veri tabanı yönetiminden farklıdır. Bunun için veriyi kayıt altına almanın yanında doğru zamanda doğru uygulamalara ileten bir uyumlaştırıcı yazılım (middleware) vardır. Güç şebekeleri haberleşmesi için olan yazılımlar geliştirilmektedir. [4].

### 2.5. Gerçek Zamanlı Bilgi Altyapısı

Haberleşme altyapısı iki seviyeye ayrılabilir. Her trafo yüksek hızlı yerel alan ağına (LAN) sahiptir. Her trafoda bulunan sunucu sayesinde yüksek seviyede haberleşme ağlarına bir yönlendirici (router) aracılığıyla bağlanılır. En önemli eleman SCADA-Enerji Yönetim Sistemi (EMS) kontrol merkezidir. SCADA tüm alt trafolarla veriyi Uzak Terminal Birimleri (RTU) ile sorgulayarak bir araya getirir ve merkezde toplar.

Ağ yapılandırılması yıldız yapılandırılması ile ifade edilip, sorgulama da bir üretici-abone sistemi tarafından gerçekleşirse, trafodan uygulamaya doğru veri akışı gerçekleşir ve bu da Akıllı Şebeke veri altyapısının genel kontrol mekanizmasını oluşturur.

Paralel bir haberleşme düzenlemesi ile Fazör Ölçüm Birimleri'nden (PMU) gelen veriler toplanmaktadır. Tüm PMU'ları bir araya getiren bir Fazör Veri Toplayıcı (PDC) ve tüm PDC'lerin de bir Super-PDC'ye bağlı olduğu bir yıldız yapılandırılması oluşur. Fazör ölçümlerin çok olması halinde PDC sistemi kullanışsız olur ve yetersiz kalır [4]. Şekil 2'de Fazör Veri Toplama altyapısı verilmiştir.



Şekil 2: Fazör Veri Toplama altyapısı [4]

Kontrol merkezi tüm katmanlardan gelen veriye ihtiyaç duyar. Sistem izlenmesi, şebekelerin risklere karşı durum, risk analizi ve otomatik kontroller gibi işlemleri gerçekleştirir. Kontrol merkezinde yönlendiriciler yönetim amaçlı QoS birimlerini oluşturur ve verinin hareket kontrolü sağlanır. QoS birimleri en etkili veri yolunu seçerek üretici-abone iletişimini sağlar. Tüm cihazlar mikroişlemci temellidir, veri toplama ve depolama bilgileri sayısaldir. Trafolar arası haberleşme LAN'lar ile sağlanır. Haberleşme protokolü 61850 standardı ile yapılır. Gerçek zamanlı veri ölçülmüş ya da ölçümden hesaplanmış veridir. Statik veri ise, sistem donanımını tanımlar ve veri tabanı SCADA-EMS kontrol merkezinde bulunur.

## 2.6. Akıllı Şebeke Teknolojisinin Yararları

Dünya genelinde artan enerji tüketimi yenilenebilir enerji kaynaklarının az olması ve akıllı şebeke teknolojisinin doğayla dost bir teknoloji olması Akıllı Şebekelerin en üstün yanıdır. Bunun yanında Verimli kaynak kullanımı ile elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların kullanımını artırarak fosil kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar. İleri teknoloji şebeke kontrol sistemleri kullanarak iletim ve dağıtımdaki kayıpları azaltır. Tüketicilerin elektrik kullarımlarını ve tüketim maliyetlerini daha iyi kontrol etmelerini sağlayarak elektrik üretim şirketlerinin yüksek üretim taleplerini daha iyi yönetebilmelerini sağlayarak ve yüksek üretim talebi için yapmaları gereken ekstra yatırımlara olan ihtiyaçlarını azaltarak Tüketim verimliliği sağlar.

Akıllı şebeke, ileri düzey izleme ve teşhis teknolojileri kullanarak varlıkların potansiyelinin ve performansının üst düzeylere çıkmasını sağlayarak varlıkların verimliliğini artırır. Uzaktan izleme ve kontrol teknolojilerini kullanarak enerji şirketlerinin kaynaklarını daha güvenilir ve verimli kullanmasını sağlar. Sayısal haberleşme sayesinde Akıllı Şebeke'de insan hatası ya da doğal afetler sonucu meydana gelen bir hata ya da kesinti anında sistemin olabildiğince az zararlı sistem tekrar çalışabilir olmasını sağlar.

Yeni nesil sayaçlar iki yönlü veri üretecek ve enerji yönetim programları evdeki bilgisayarlar ile kontrol edebilecektir. Elektrik sağlayıcınız size elektrik birim fiyatın gün ortasında artışa geçtiğini haber verdiği an siz uzaktan tek tuş hareketi ile klimanın gücünü kısılabilecek, buzdolabını akşam soğutmaya almak için kurabileceğiniz, açık elektronik eşyaları hazır geçirebileceksiniz. Bu kullanıcıların faturalarına yansırken, elektrik üreticilerin de gereksiz yüklerden kurtulmasını sağlayacaktır. Tüm elektrik enerjisi üretim birimleri sisteme dahil olacak rüzgâr tribünleri, güneş pilleri, kıyı türbinler, barajlar, jeotermal tesisler, bio yakıttan enerji üretimi büyük bir yük paylaşım otomasyonu devreye girmiş olacak. Tüm bunlar sisteme sorunsuzca entegre olacak

ve kontrolü şimdiki teknolojilerden kat ve kat daha verimli gerçekleştirilecektir. Yakın gelecekte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı çok hızlı gerçekleşmeyecektir; ancak iletim ve dağıtım sistemlerinin bunlara hazır olması akıllı şebekeler yoluyla olacaktır [2]

## 3. UYGULAMALAR

Akıllı şebeke uygulamaları elektrik şebeke sistemlerinden beklenti artıkça artmaktadır. Temel akıllı şebeke uygulamaları şunlardır.

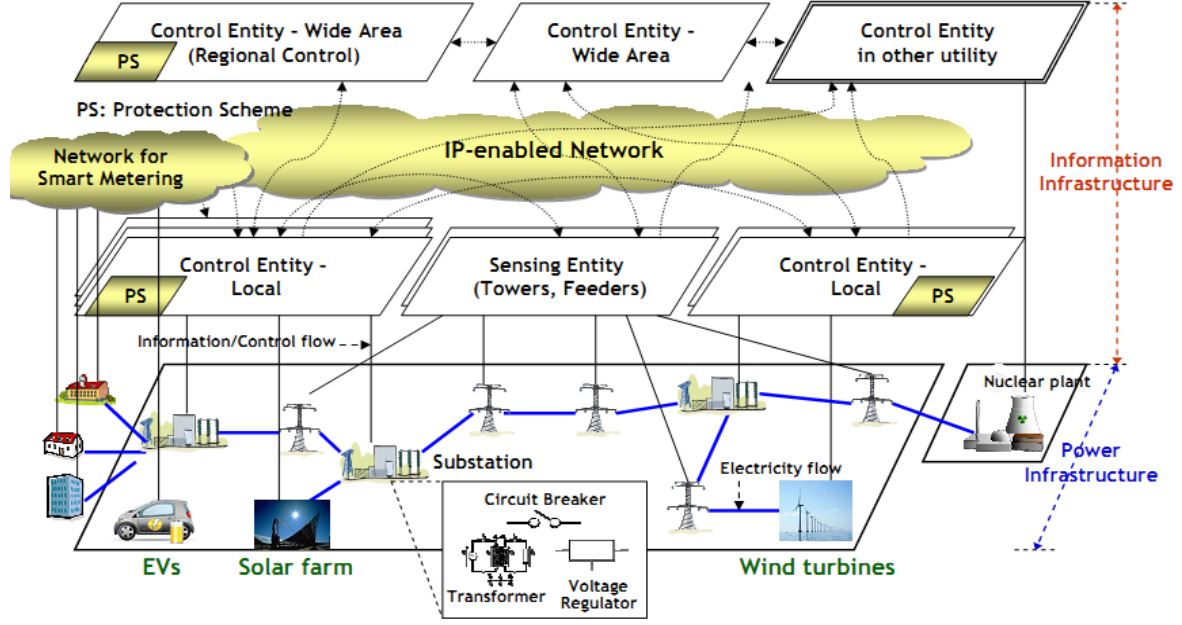
*Frekans Kontrolü:* Frekansın yük tarafından kontrol edilmesi.

*Bölgesel Gerilim Kontrolü:* Gerilim kontrolünün en büyük zorluğu, güç sisteminin dayanacağı değişen tüm işlemsel durumları idare edebilen giriş-çıkış kontrollerinin seçimidir.

*Küçük İşaret Denge Kontrolü:* Küçük işaret dengeleme güç sisteminde bir düzensizlik olunca meydana gelir. Üreteçlerdeki lokal denetleyiciler olan sistemi düzenleyicilerin uyumu ile sağlanır.

*Gerilim Denge Kontrolü:* Gerilim düzensizliği, güç sistemindeki bir değişiklik, reaktif güçte yetersizlik olan bir işleme neden olursa meydana gelir. Yeni önleyici koruma planları, bu bölgeleri eksiklere karşı izole eden özel koruma planlarına (SPS) da ihtiyaç duyar. Bu sadece bir denge kontrolü değil, sistemi karışıklıklara karşı da korur.

*Geçici Denge Kontrolü:* Bu kontrol planının uygulanması zordur. Çözüm olarak sadece karışıklık olunca elle müdahale sistem kapalı iken, ikinci olarak otomatik koruma planları, üçüncü karışıklıktan sonra direkt müdahale olarak uygulanabilir. Programlanmış özel koruma planlarının (SPS) çevrimiçi kurulumu ve gerçek zamanlı modelleme (durum tahmini) olarak geçici denge kontrolü sağlanır [4].



Şekil 3: Elektrik üretim, iletim, dağıtım ve tüketim için tümleşik bilgi altyapısı[8]

### 3.1. Akıllı Şebeke Bileşenleri ve Teknolojileri

Akıllı sistemlere geçiş karar verildiğine bu kararı hemen uygulamak çok zordur. Bunu tam olarak başarmak, 20-30 yıllık bir süreç bile olabilir. Akıllı sistemler için yasal düzenlemeler, standart yapılar belirlenmeli ve çerçevede tüm insanlara oluşan bilinc verilmelidir. İnsanlar konu ile ilgili bilinçlendirilmelidir. Kısa, orta ve uzun vadeli planlar yapılmalıdır.

Mevcut sistemi tamamen kaldıramayacağımız için yapılması gereken, bundan sonra sisteme bütünleşmiş edilecek yapıları akıllı sisteme uygun biçimde bütünleşmiş edebilmektir. Yapılan bir çalışmada, tam Smart Grid yapısı kullanıldığında, Amerika'da kullanılan arabaların %85'i hiçbir ek santral kullanılmadan mevcut şebekeden şarj olabileceği görülmüştür. Bunun nedeni enerjinin kullanılmadığı gece saatlerinde arabaların şarjda olacağı ve bu enerjiyi kullanabilmesidir. Akıllı şebeke bileşenlerini aşağıda şekilde özetleyebiliriz.

**Akıllı Uygulamalar:** Önceden belirlenmiş kullanıcı tercihlerine bağlı olarak gücün ne zaman tüketileceğini belirler. Bu da elektrik üretimi ve emisyonlar üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olan tepe (peak) yüklerini indirger.

**Akıllı sayaçlar:** Tüketici ve gücü sağlayan kuruluş arasında iki yönlü iletişimi sağlar ve ödeme verilerinin toplanmasını, güç kesintilerinin belirlenmesini ve tamircilerinin hızlı bir şekilde doğru konuma yönlendirilmesini sağlar [5,6].

**Bütünleştirilmiş haberleşme:** Veri toplama (SCADA), koruma ve kontrol düşünceleri, bütünleştirilmiş bir sistemde kullanıcının akıllı elektronik cihazlar ile etkileşimini sağlar.

**Hissetme ve Ölçme:** Şebekenin sağlıklı olduğunu ve bütünlüğünü koruduğunu tanımlayacak verileri toplar. Otomatik okumayı, çevrimiçi enerji maliyetinin bilinmesini ve enerji hırsızlığını engeller.

**Akıllı istasyonlar:** Güç faktörü başarımı, kesici, trafo ve akü durumunun izlenmesi, kritik ve kritik olmayan işlem kontrolünü sağlar.

**Akıllı Dağıtım:** Kendi kendini iyileştiren, dengeleyici ve en uygunlaştırıcı yapıdadır. Otomatik izleme ve analiz etme özelliği ile hava durumu ve enerjisiz kalma geçmişine bağlı olarak arızaları tahmin edebilecek yapıya sahip sistemlerdir.

**Akıllı Üretim:** Şebekenin birçok noktasından alınan geri beslemeler ile enerji üretiminin en uygunlaştırılması, gerilimin, frekansın ve güç faktörünün otomatik olarak ayarlanabilmesi için öğrenme özelliğine sahip güç üretimi akıllı üretimle sağlamaktadır.

**İleri kontrol metotları:** Şebekenin durumunu analiz ederek tanımlayan ve tahmin eden cihazlar ve algoritmalar topluluğunu ifade etmektedir. Otomatik olarak düzeltici önlemler alınarak enerji kesintilerini ve güç kalitesi problemleri engellenir ya da etkileri azaltılır [5,6].

#### 4. SONUÇ

Yeni nesil elektrik şebekesi için veri merkezli dağıtılmış bilgi altyapısının faydalarını gösterilmiştir. Sorun noktaları ortadan kaldırarak ölçeklenebilir ve verimli, güvenilir elektrik şebekesi çalışmasını destekleyen güvenli bir katman mimarisi önerilmektedir. Veri altyapısı LAN ve WAN sistemi, gecikme ve güvenilirlik, veri ve olay işlemlerinin bir arada gereksinimleri her ikisinin birlikteliği gibi elektrik şebekesi uygulamaların özellikleri nedeniyle tipik bir dağıtık sistemden farklıdır. Bunlara göre sonuçlar şöyle sıralanabilir:

1. Kendi şebekemizin dinamik analizlerinin alt yapısı oluşturularak, rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji sistemlerinin yük akışı ve kısa devre katkısının yanında, dinamik yapıları da incelenmelidir.
2. Gelecekte artacak yenilenebilir enerji katkısı da düşünülerek, yön değiştirebilecek güç akışları ve adalaşma konumları için koruma koordinasyonun alt yapısı hazırlanmalıdır.
3. İletişim protokolleri gelecekteki şebeke yapısına uygun seçilmelidir.
4. Uzaktan enerji izleme ve ölçme yapısı tasarlanmalı, modern ve hızlı olmasına dikkat edilmelidir.
5. Şebekeye yenilenebilir enerji sistemlerinin katkısı, aktif ve reaktif güç kontrolü yapabilen sistemler için şebekenin uygun noktaları ve farklı senaryolar incelenmelidir.

Türkiye’de böyle bir sistemin kurulması ve deneme çalışmaları için, ithal ürünlerin fiyatlarının düşmesini beklemek yerine, kendi ürün ve projelerimizi geliştirmeliyiz. Bu sayede yarınları planlayarak bugünün de problemlerini çözebiliriz.

#### 5. KAYNAKLAR

- [1]Çetinkaya H.B., Rüzgar ve Güneş Santrallerinin Şebeke Bağlantısı Teknik ve Ekonomik Sorunlar Paneli, ODTÜ, ANKARA.
- [2]Smart Grid, Akıllı Şebeke <http://www.guneshaber.net/haber/891-uygulamalar-smart-gridakilli-sebeke.html>.
- [3]Budka, K., Deshpande, J., Hobby, J., Kim Y., Kolesnikov V., Lee W., Reddington T., Thottan, M.; White C.A., Choi J., Hong J., Kim J., Ko W., Nam Y., Sohn Y., GERI - Bell Labs Smart Grid Research Focus: Economic Modeling, Networking, and Security & Privacy, Smart Grid Communications (SmartGridComm), 2010 First IEEE International Conference, Gaithersburg, MD.
- [4]Bose A., Smart Transmission Grid Applications and Their Supporting Infrastructure, Washington State University.
- [5]Akıllı Şebeke Teknolojisi “Smart Grid”, <http://www.odtumd.org.tr/etkinlik/2009/02/ruzgarveGunesSantralleri/drHasanBasriCetinkaya.pdf>
- [6]“Engineering Insights 2008” - DOE Modern Grid Strategy
- [7][http://collaborate.nist.gov/twiki-sggrid/bin/view/\\_SmartGridInterimRoadmap/SecondDraftInterimRoadmap](http://collaborate.nist.gov/twiki-sggrid/bin/view/_SmartGridInterimRoadmap/SecondDraftInterimRoadmap)
- [8]Kim Y., Thottan M., Kolesnikov V., Lee W., A Secure Decentralized Data-centric Information Infrastructure for Smart Grid, Bell Labs, Alcatel-Lucent.