

TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ENERJİ DEPOLANMASINA ALTERNATİF ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

THE ALTERNATIVE SOLUTION PROPOSALS FOR THE NEED OF ENERGY IN TURKEY

Salih ÖZER^{*1}, Fikret SÖNMEZ²

¹ Muş Alparslan Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Otomotiv Programı, 49100, Muş

² Muş Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi, 49100, Muş

Özet

Dünya var oldukça insanoğlu enerjiye muhtaç olacaktır. Halen günümüzde kullanılan enerjinin birçok formu mevcuttur. Dünya üzerinde en çok kullanılan ve elektronik araçların çalıştırılmasında kullanılan enerji biçimi ise elektrik enerjisidir. Elektrik enerjisi doğada var olan birçok malzeme gibi üretildikten sonra taşınabilen bir materyal değildir. Elektrik enerjisinin üretildikten sonra depolanması da hemen kullanılması gereklidir. Enerjinin depolanmasında en çok kullanılan yöntem kimyasal kökenli pillerle yapılmaktadır. Fakat bu yöntemle dahi küçük çaplı elektrik enerjisi depolanabilmektedir. Bu nedenle elektrik enerjisinin düzenli olarak üretiminin yapılabilmesi ve kullanılması için başka depolama yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışma o yöntemler hakkında bilgi vermekte ve ülkemiz açısından en iyi elektrik enerjisi depolama yöntemini tartışmaktadır.

Anahtar Sözcükler: *Elektrik Enerjisi, Elektrik Enerjisi Depolama*

Abstract

As long as there are human-beings on the world, the need of energy will also exist. Energy still used today, has many forms. The most widely used form of energy in the world is electric power used in electric tools. Electric energy is not a transported material after generated that exist in nature such as many materials. Electrical energy must be stored or used immediately after production. The most widely used method of energy storage is chemical-based batteries. However, even with this method, small-scale energy can be stored. Therefore, other storage methods are being used to produce and use electrical energy regularly. This study provides information about these methods and discusses the best method of electrical energy storage for our country.

Keywords: *Electric Energy, Electric Energy Storage*

* Sorumlu Yazar/Corresponding author: Salih ÖZER, Muş Alparslan Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Otomotiv Programı, 49100, Muş, Tel: 00904362494949, s.ozер@alparslan.edu.tr

GİRİŞ

Teknolojik araçların hayatımıza girmesi ile birlikte insanlık kolayla alışmış ve teknolojik araçlar insanoğlu için giderek vazgeçilmez olmuştur. Fakat teknolojik araçlar insanoğlunu bir çıkmaza sürüklemektedir. Bu çıkmaz teknolojik araçların enerji ihtiyacıdır. Enerji birçok değişik formda olabilen bir sistemin yâda aracın iş yapabilme gücüdür [1, 2]. Evde kullandığımız beyaz eşyalar (TV, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi vb.), aydınlatma için kullanılan lambalar ve hatta son dönemlerde ulaşımda kullanılan elektrikli taşıtlar, hepsi elektrik enerjisine ihtiyaç duymaktadır. Özellikle elektrik enerjisi ülkemizde birçok farklı kaynaktan üretilebilmektedir [3]. Ülkemizde başta hidroelektrik santralleri olmak üzere, jeotermal, termik ve biokütle kaynaklı elektrik üreten büyük çaplı elektrik enerjisi santralleri mevcuttur. Özellikle son yıllarda rüzgar ve güneş enerjisi sistemlerinde elektrik enerjisi üretiminde kullanılması ile birlikte alternatif enerji kaynaklarını kullanan elektrik enerjisi santralleri hızla artış göstermektedir. Bu tür yatırımlar elektrikte dışa bağımlılığı azaltıyor ve zararlı gazların oluşmasında azaltıcı etken olsa da en büyük problem elektrik enerjisinin depolanmasıdır. Alternatif enerji kaynakları ile elektrik enerjisi üretmek çevresel faktörlerin sadece bir ayağıdır. Elektrik enerjisinde bir diğer problemse elektrik üretiminde kullanılan fosil yakıtların çevreye verdiği zararlarıdır [1-3]. Giderek artan karbondioksit (CO₂) salınımı ile dünya hızla kirlenmekte ve ısınma ile karşı karşıya kalmaktadır [4, 5]. Bu nedenle üretilen elektrik enerjisinden son haddine kadar kullanmak giderek önemini artırmaktadır. Türkiye’de enerji üretiminin sağlandığı mekanizmalar Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Türkiye’de enerji üretim kaynakları [1-5].

Kaynak	Potansiyel
Linyit	11.4 milyar ton
Taşkömürü	1.3 milyar ton
Asfaltit	77.0 milyon ton
Ham Petrol	42.0 milyon ton
Bitümler	18.5 milyon ton
Hidrolik	129.4 milyarkWh/yıl
Doğalgaz	7.0 milyar m ³
Rüzgar	48,000 MW
Jeotermal	32,010 MWt/yıl (510 MW’ı elektrik üretimine elverişli)
Biyokütle	8.6 Mtep
Güneş Enerjisi	32.6 Mtep
Doğal Uranyum	9,129 ton

Elektrik enerjisinin çeşitli depolama yöntemleri mevcuttur. En bilindik yöntem pillerdir [4, 5]. Piller evlerimizde kullandığımız kimyasal enerji depolama sistemleridir. Pillerin büyükleri ise akülerdir. Aküler de motorlu araçlarda ve güç kaynaklarında kullanılmakta olan kimyasal enerji depolama sistemlerinden birisidir. Kimyasal depolama yöntemleri basit olmasına karşın verim açısından düşük ve ilk oluşum maliyetleri yüksektir. Fakat asıl problem çevreye verilen zarardır. Piller uzun yıllar toprakta çözülmemekte ve 100 metre çapında bitki yetiştirilmesine engel teşkil etmektedirler [5]. Bu nedenle yeni enerji depolama sistemlerinin kullanılması ve teşvik edilmesi önemlidir. Özellikle büyük santrallerde üretilen büyük çaplı enerjinin depolanması önemli bir sorundur. Büyük santraller depolamak yerine yerinde tüketim yöntemini kullanmaktadırlar. Bu kontrol yöntemine puantaj sistemi denilmektedir. Puantaj sistemi ile elektrik tüketimi kontrol altına alınmış ve tüketimde zamanlama kontrolü yapılmıştır. Her ne kadar puantaj sistemi dengeli elektrik üretimini kontrol ediyor olsa da yeterli değildir.

Ülkemizde de puantaj sistemine Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 8 Aralık 2011 tarihinden itibaren uygulamaya koyduğu kararı ile zorunlu hale getirilmiştir. Puantaj sistemi ile Türkiye’de elektrik tüketimi 3 bölümde ücretlendirilmektedir. Tablo 2 ve Tablo 3 ücretlendirme tarifesi hakkında bilgi vermektedir [4, 6, 7].

Tablo 2. Ülkemizde uygulanan puantaj sistemi saatleri [4, 6, 7].

Tarife	Saat aralığı	Açıklama
Gündüz	(06:00-17:00)	Elektrik Enerjisinin ortalama olarak tüketildiği saatler
Puant	(17:00-22:00)	Elektrik Enerjisinin en fazla tüketildiği saatler
Gece	(22:00-06:00)	Elektrik Enerjisinin en az tüketildiği saatler

Tablo 3. Puantajda sayaç tarifesi ücreti [4, 6, 7].

Zaman Tipi	Kısaltma	Elektrik Tüketimi	Ücret
Gündüz Zaman Aralığı	(T1)	1 kilowatt saat	15,708 kuruş
Puant Zaman Aralığı	(T2)	1 kilowatt saat	28,029 kuruş
Gece Zaman Aralığı	(T3)	1 kilowatt saat	6,824 kuruş

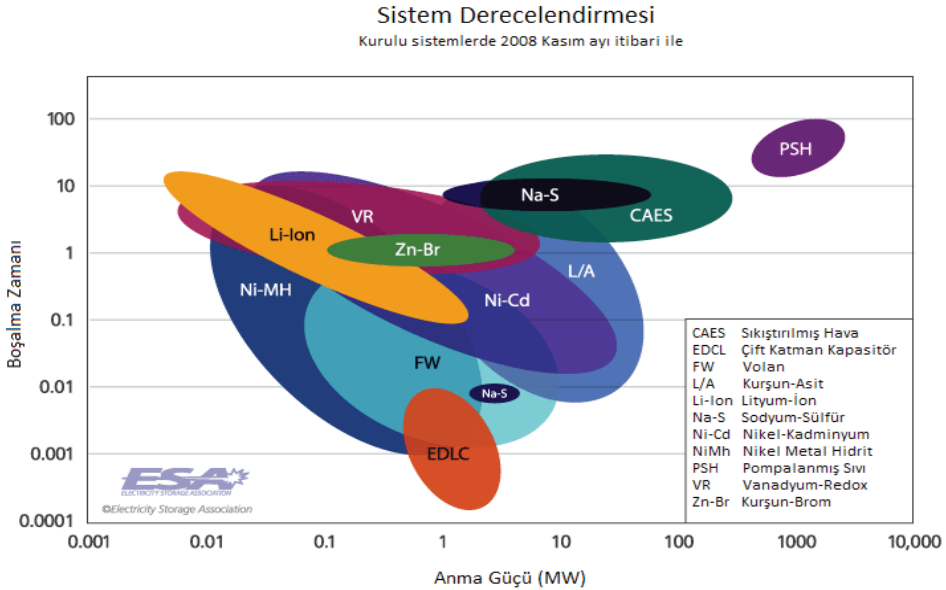
Puantaj sistemi ülkemiz için elektrik tüketiminde olumlu sonuçlar vermiş olsa da yeterli olamamıştır. Ülkemiz büyüyen bir nüfus ve ekonomiye sahiptir. Ülkelerin ekonomik olarak büyüebilmeleri sanayide kullanılan alt yapıya ve elektrik enerjisinin sanayiye ulaştırabilmesine bağlıdır. Bu nedenle ülkemizde 2000 yıllarının başından beri yurt dışından hızla elektrik enerjisi transferi yapılmaya başlanmıştır. Fakat bu ülkeleri dışa bağımlı yapmakta ve siyasi olarak zayıflatmaktadır. Bu nedenle ülkemizdeki tüm

enerji potansiyellerinin son aşamaya kadar değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunun yolu da enerjiyi depolamak ve en verimli şekilde kullanmaktan geçmektedir.

Bu nedenle dünya üzerinde farklı elektrik enerjisi depolama yöntemleri ortaya çıkmıştır. Bunlardan dünya üzerinde en çok kullanılanları;

- Isı Depolama
- Su Depolama
- Atalet Depolama
- Sıkıştırılmış Hava Depolama
- Hidrojen Gazı Depolama

Şekil 1’de dünya üzerinde kullanılan enerji depolama sistemlerinin kullanılma oranları verilmektedir. Şimdi bu sistemler teker teker açıklanacaktır.



Şekil 1. Enerji depolama sistemlerinin dünya üzerinde kullanılma oranları [8, 9, 11, 12].

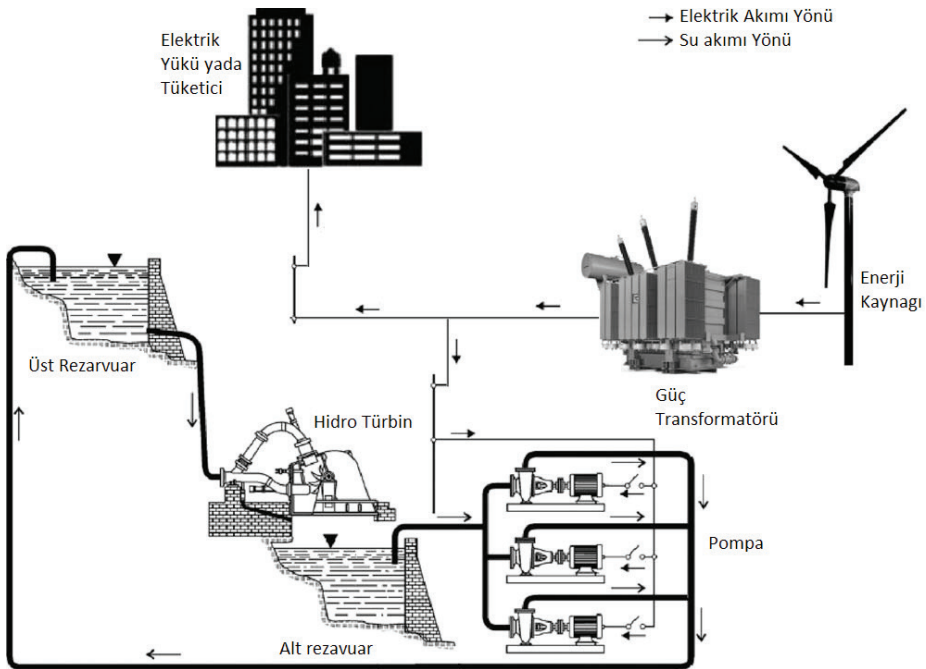
Isıl Depolama

Isıl depolama elektrik enerjisinin en az ihtiyaç duyulduğu zamanlarda enerjinin ısıtma yolu ile kullanılması ve ısı depolama yoluyla depolanması mantığına göre çalışmaktadır. Isıl depolama birçok şekillerde olabilir. Bunlar su ısıtma, çakıl taşı ısıtma ya da izolasyonu sağlanmış bir sistemin ısıtılması şeklindedir. Elde edilen ısı izolasyonu sağlanmış sistemler ile depolanarak daha sonra ısı enerjisinden yararlanılarak enerji dönüşümü

sağlanabilir. Bu gibi sistemlerin ilk kurulum maliyetleri yüksek olmasına karşın düzgün yatırım malzemeleri ile verimleri yükseltilebilmektedir [13, 14, 18, 20, 21].

Su Pompalama

Ülkemiz için uygun bir enerji depolama yöntemi olan bu sistemler henüz ülkemizde kurulmamıştır. Bu tür sistemlerin farklı tipleri mevcuttur. En çok rastlanılan deniz kenarlarına kurulan sistemlerdir. Enerjiye talebin az olduğu zamanlarda deniz suyu yüksek dağ tepesine pompalanarak bir enerji potansiyeli elde edilmektedir. Böylelikle tekrar döngüye katılan su iyi bir enerji dönüşümü sağlamaktadır. Deniz kenarlarına kurulan bu sistemlerin en büyük problemi zamanla deniz tuzunun birikmesi ve sistemin su tutma kapasitesinin azalmasıdır. Fakat diğer sistem olan suyun dağlardan aşırılması deniz suyunun pompalanması mantığına göre daha az bakım maliyeti gerektirmektedir. Bu sistemlerin enerji verimliliği %70-85 arasında değişmekle beraber ülkemiz için önemli bir enerji depolama kaynağı olarak öngörülmektedir. Halen hazırda bu sistemleri kullanan Avrupa ülkelerinden Almanya, Norveç ve İsviçre bu sistem sayesinde önemli bir enerji depolama sistemi elde etmiştir. Şekil 2’de bu sisteme ait bir fotoğraf görülmektedir [15, 16].



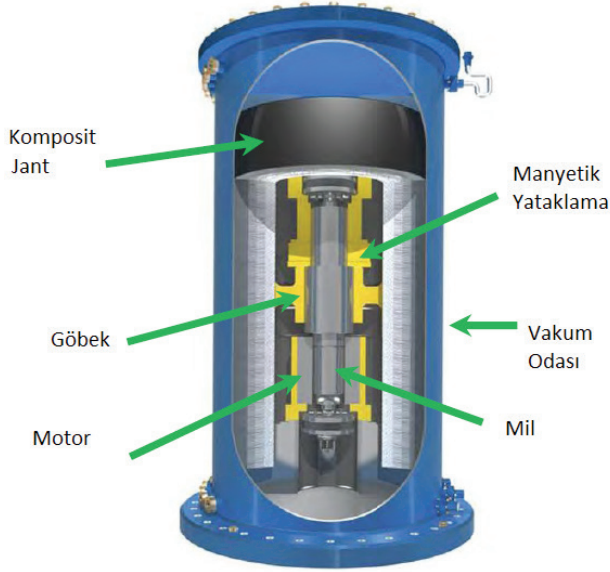
Şekil 2. Su pompalama sistemi [13].

Son dönemde bu konuda ülkemizde Yahyalı (Kayseri) Hibrit Projesi ile bu konuda yatırım başlamıştır. Bu yatırım ile Rüzgar enerjisi santrallerinden elde edilen enerji

kısa zaman aralıklarında büyük farklılıklar gösterebilmesi sorunu aşılmaya çalışılması planlaması ile rüzgar enerjisinin dalgalı yapısının düzenlenerek sisteme belli bir aralıkta garanti edilebilir sabit güç verilmesi amaçlanmıştır [13, 23, 24, 25].

Atalet Depolama

Depolamada bir diğer yöntem ise atalet momentinin kullanıldığı sistemlerdir. Bu yöntemi hemen hemen herkes her gün araçlarında kullanmaktadırlar. Bunun en güzel örneğini yokuş yukarıya aracımız ile çıktığımızda aşağıya iniş sırasında vitesi boşa almak ile açıklayabiliriz. Her geçen gün malzeme bilimindeki hızlı gelişmeler ile süper sürtünmez malzemeler üretilmekte ve bunlar her yönü ile hayatımıza girmektedir. Bu gibi sürtünmenin az olduğu malzemeler ile yapılan bir sisteme verilen hareket alınarak elektriğin depolanabileceği prensibi uzunca bir süre kullanılmıştır. Genel olarak karma malzemelerden (metal+polyester+reçine) üretilen sistem ile yüksek devirlere çıkılabilmiş olsa da bunun dezavantajları da mevcuttur. Bu sistemlerin enerji depolama olanakları sınırlı kalmıştır. Çünkü belli bir dönme hızının ötesinde volan parçalanabilmektedir. Şekil 3'de bu sistemin genel yapısı görülmektedir [20, 21, 22].



Şekil 3. Ataletle enerji depolama sistemi [16, 17, 20-23].

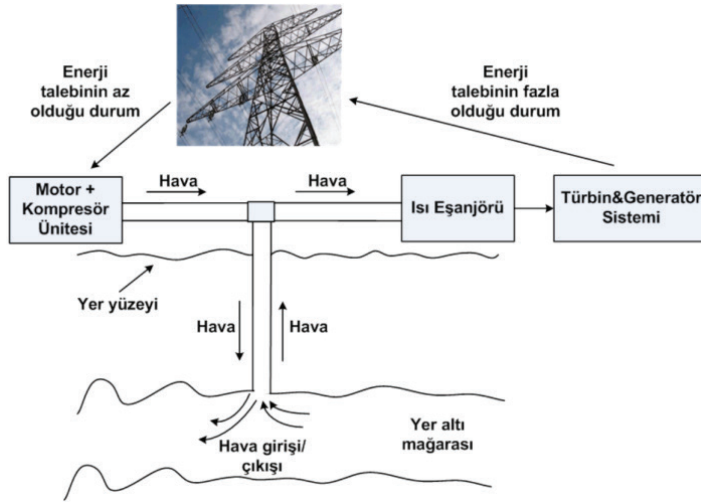
Sıkıştırılmış Hava Depolama (CAES)

Bu yöntem komplike bir çalışma gerektirmektedir. Bu depolama türünde elektrik enerjisi ile çalışan bir kompresör yardımı ile hava bir depoya veya kemerli bir yeraltı

odasına basılır. Yüksek basınç ile basılan bu hava daha sonra bir turbodan geçilerek mekanik bir enerji sistemine güç verir. Bu sistemdeki amaç;

1. Elektrik kullanımının ve maliyetinin düşük olduğu kısmi yoğun zamanlarda, geceleri, elektrik enerjisi fazlasını kompresörü tahrik eden motoru çalıştırmada kullanarak kompresör için harcanan elektrik maliyetini düşürmek,

2. Daha sonra bu maliyeti düşük enerjinin sağladığı sıkıştırılmış havayı enerjiye ihtiyaç duyulduğu tam yoğun zamanlarda, gündüzleri, mağaradan çekip türbin öncesi yanma odasında bir miktar yakıt ile yakıp türbinde genişletme sonucu türbine bağlı üretici tahrik ederek enerji üretip enerji açığını karşılamaktır [24, 25].



Şekil 5. Sıkıştırılmış hava depolama sistemi [24, 25].

Hidrojen Depolama

Hidrojen, enerji kaynakları tarafından üretilen enerjinin suyun elektroliz edilmesi ile elde edilir. Hidrojen daha sonra sıkıştırılır ve silindirlere veya düşük basınçta gaz tutucularda depolanarak ısıtma, yemek pişirme veya bir motoru çalıştırmakta kullanılabilir. Diğer bir yol, sıkıştırıldıktan sonra gerektiğinde kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine doğrudan dönüştüren yakıt hücrelerine hidrojen vermektir [5, 21, 22, 23].

TARTIŞMA VE SONUÇ

Enerji Depolama Sistemlerinin Karşılaştırılması:

Enerji depolama sistemleri birbirinden mekanik ve malzeme olarak farklı sistemlerdir. Her bir sistemin kurulumu, maliyeti ve bakımı farklıdır. Bu sistemlerin birbirine göre

avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Tablo 2’de bu farklılıklar açıkça ifade edilmektedir.

Tablo 2. Enerji depolama sistemlerinin karşılaştırılması [11-14, 20-25].

Depolama Teknolojisi	Ana Avantajlar (Göreceli)	Dezavantajlar (Göreceli)	Güç Uygulamaları	Enerji Uygulamaları
Pompanmış Sıvı	Yüksek Kapasite , Düşük Maliyet	Özel Yapı Gerekliliği		●
Sıkıştırılmış Hava	Yüksek Kapasite , Düşük Maliyet	Özel Yapı Gerekliliği, Yakıt ihtiyacı		●
Akım Pilleri: PSB VRB ZnBr	Yüksek Kapasite , Bağımsız Güç ve Enerji Derecelendirmesi	Düşük Enerji Yoğunluğu	◐	●
Metal-Hava	Çok Yüksek Enerji Yoğunluğu	Elektrik Şarj Zorluğu		●
Na-S	Yüksek Güç ve Enerji Yoğunluğu, Yüksek Verim	Üretim Maliyeti, Güvenlik Problemi	●	●
Li-ion	Yüksek Güç ve Enerji Yoğunluğu, Yüksek Verim	Yüksek Üretim Maliyeti, Özel Şarj Devresi Zorunluluğu	●	○
Ni-Cd	Yüksek Güç ve Enerji Yoğunluğu, Yüksek Verim		●	◐
Diğer Gelişmiş Piller	Yüksek Güç ve Enerji Yoğunluğu, Yüksek Verim	Yüksek Üretim Maliyeti	●	○
Kurşun Asit	Düşük Ana Maliyet	Tamamıyla Boşaldığında Düşük Çevrim Ömrü	●	○
Volan (Atalet)	Yüksek Güç	Düşük Enerji Yoğunluğu	●	○
SMES-DSMES	Yüksek Güç	Düşük Enerji Yoğunluğu, Yüksek Üretim Maliyeti	●	
E.C Kapasitörler	Uzun Çevrim Ömrü Yüksek Verim	Düşük Enerji Yoğunluğu	●	◐

Türkiye Açısından Enerji Depolama Sistemlerinin Karşılaştırılması:

Ülkemiz son 10 yılda gerek sanayi gerekse ekonomik olarak büyüme aşamasındadır. Hızla artan nüfus ve sanayi yeni enerji darboğazını getirmektedir. Bu nedenle her yıl elektrik enerjisinde dışa bağımlılığı azaltacak önlemler alınsa da yeterli olmadığı gözle görülür şekilde açıktır. Bu nedenle elektrik enerjisinde dışa bağımlılığı azaltacak yöntemlerden biriside gece ve gündüz aralıksız olarak tüm elektrik enerjisi üreten

sistemlerimizden yararlanarak gece ürettiğimiz elektrik fazlasını depolamak ve gündüz vakitlerinde bunu kullanmaktadır.

Ülkemizde kurulabilirlik ve yönetim açısından en iyi sistemlerde su depolama ve hava depolama sistemleridir. Bu iki sistem için ülkemizin coğrafi konumu ve kaynakları yeterlidir. Özellikle 3 tarafı denizle çevrili ülkemizde deniz kenarlarında kurulacak tesisler ile elektrik enerjisi kolaylıkla depolanabilir ve ülkemizin her köşesine rahatlıkla taşınabilir.

KAYNAKÇA

- [1]. Acaroğlu, M., *Yenilenebilir enerji kaynakları*, Nobel Yayınevi, Ankara 2007.
- [2]. Akova, İ., *Yenilenebilir enerji kaynakları*, Nobel Yayınevi, Ankara 2008.
- [3]. Avcıoğlu, O.A., *Tarımsal kökenli yenilenebilir enerjiler-biyoyakıtlar*. Nobel Yayınevi, Ankara 2011.
- [4]. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Genel Müdürlüğü 2012, <http://www.eie.gov.tr/index.html>, (Erişim Tarihi: 18.10.2012).
- [5]. Erdener, H., Erkan, S., Eroğlu, E., Gür, N., Şengül, E., Baç, N., *Sürdürülebilir Enerji ve Hidrojen*, ODTÜ Yayıncılık, Ankara 2010.
- [6]. Anonim, *Enerji ve Petrol Politikaları*, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara 2010.
- [7]. Anonim, *Elektrik Üretim Sektör Raporu*, Elektrik Üretim Anonim Şirketi, Ankara 2011.
- [8]. Dünya Elektrik Depolama Derneği, 2012. <http://www.electricitystorage.org>, (Erişim Tarihi: 22.10.2012).
- [9]. Nix, K., *Referenced in Electric Power Research Institute workshop on electricity storage*, National Power PLC, 1995.
- [10]. İbrahim, H., İlincaa, A., Perron, J., “Energy storage systems-Characteristics and Comparisons” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12, 1221–1250, 2008.
- [11]. Hadjipaschalis, I., Poullikkas, A., Efthimiou, V., “Overview of current and future energy storage Technologies for electric power applications” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 1513–1522, 2009.
- [12]. Dursun, B., Alboyacı, B., “The contribution of wind-hydropumped storage systems in meeting Turkey’s electric energy demand”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, 1979–1988, 2010.
- [13]. Yahyalı (Kayseri) Hibrit Projesi-Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Proje Dairesi

Başkanlığı, 2012.

- [14]. Anonim, 2012. <http://www.beaconpower.com/>
- [15]. Aydın, A.O., Ard soğutucu ve Rejeneratörün Huntorf Sıkıştırılmış Havalı Enerji Depolama Tesisi Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi - Kocaeli Üniversitesi, 2009.
- [16]. Najjar, Yousef S.H.; Zaaout, Mahmoud S., Performance analysis of compressed air energy storage (CAES) plants for dry regions, *Energy Conversion and Management*, 39, 1503-1511, 1998..
- [17]. Greenblatt, Jeffery B., Succar, Samir., Denkenberger, David C., Williams, Robert H., Socolow, Robert H., Baseload wind energy: modeling the competition between gas turbines and compressed air energy storage for supplemental generation, *Energy Policy*, 35, 1474-1492, Issue: 3, 2007.
- [18]. Erdiç, O., Uzunoğlu, M., Vural, B., “Hibrit Alternatif Enerji Sistemlerinde Kullanılan Enerji Depolama Üniteleri”, *Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu TMMOB 2011*
- [19]. Swider, D.J., Compressed air energy storage in an electricity system with significant wind power generation. *IEEE Trans Energy Convers*, 22(1):95–102, 2007.
- [20]. Lund, H., Münster, E., Modelling of energy systems with a high percentage of CHP and wind power. *Renew Energy*, 28(14), 2179–9, 2003.
- [21]. Lund, H., Energy plan advanced energy system analysis model. Denmark: Aalborg University; 2007. <www.energyPLAN.eu>.
- [22]. Lund, H., Münster, E., Management of surplus electricity-production from a fluctuating renewable-energy source. *Appl Energy*, 76(1–3), 65–74, 2003.
- [23]. Lund, H., Renewable energy strategies for sustainable development. *Energy*, 32(6), 912–9, 2007.
- [24]. Lund, H., Salgi, G., Elmegaard, B., Andersen, AN., Optimal operation strategies of compressed air energy storage (CAES) on electricity spot markets with fluctuating prices. *Appl Therm Eng*, 29(59), 799–806, 2009.
- [25]. Crotono, K., Mohmeyer, K., Scharf, R., Huntorf CAES/more than 20 years of successful operation. SMRI Spring meeting, 2001.