

ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMLERİ VE POMPAJ DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK SANTRALLAR (PHES)

Maksut SARAÇ
İnşaat Mühendisi
maksutsarac@hotmail.com

ÖZET

Enerji toplumsal refahın sağlanması için gerekli araçlardan ve üretim faaliyetlerinin ana girdilerinden biri olarak, ekonomik ve sosyal kalkınmanın vazgeçilmez temel taşlarından biridir. Bu nedenle, endüstrideki gelişmelerin, yaşam standartlarındaki yükselişin ve artan nüfusun ihtiyaç duyduğu enerjinin yeterli ve güvenilir bir şekilde ve düşük maliyetle sağlanması büyük önem arz etmektedir.

Genel olarak termik santraller talep değişimlerine kolayca uyum sağlayamamaları nedeniyle baz yükte, hidroelektrik santraller ise kolayca işletilip durdurulabilen ve aynı zamanda kısa bir sürede tam kapasite yüküne çıkışa uyum sağlayabilmeleri nedeni ile pik talebin karşılanmasında kullanılmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından önce PHES'ler pik talebin karşılanması için planlanırken, şimdi buna ilave olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin depolanması maksadıyla da planlanmaktadır.

PHES'ler yenilenebilir enerji kaynaklarından önce genel olarak geceleri yani enerjinin ucuz olduğu saatlerde pompa modunda, puant saatlerde yani enerjinin pahalı olduğu saatlerde de türbin modunda çalışmaktaydı. Şimdi ise yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekedeki yoğunluğuna göre PHES'ler günün her saatinde pompa ve türbin modunda çalışmaya başladı ve bu maksatla da yeni yeni projeler planlanmakta ve inşaa edilmektedir..

Genelde tüm gelişmiş ülkelerin portföyünde bulunan PHES'lere, özellikle ülkemizde nükleer santraller ve yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimine paralel olarak bugün her zamankinden daha çok ihtiyacımız vardır. Bu konuda üzülerek ifade edeyim geç kalıyoruz, ağır çalışıyoruz.

Anahtar Kelimeler: Pompaj Depolamalı

Hidroelektrik Santral (PHES)

ÜLKEMİZ ELEKTRİK ENERJİSİNE GENEL BAKIŞ

Pompaj depolamalı hidroelektrik santrallere geçmeden önce ülkemiz elektrik enerjisinin 1940 yılından bu güne kadar olan gelişimini, kaynaklar bazında olmak üzere, yıllık toplam enerji, hidroelektrik santralardaki enerji üretimleri ile 1940 yılından bu güne ülkemiz nüfusu ve gelişiminden bahsedilmesi yararlı olacaktır.

Şekil-1'de 1940 yılından buyana, ülkemiz elektrik enerjisi gelişiminin bütün detaylarını görmek mümkündür. Bu yönüyle bu grafik ülkemiz elektrik enerjisi gelişiminin bir özeti gibidir.

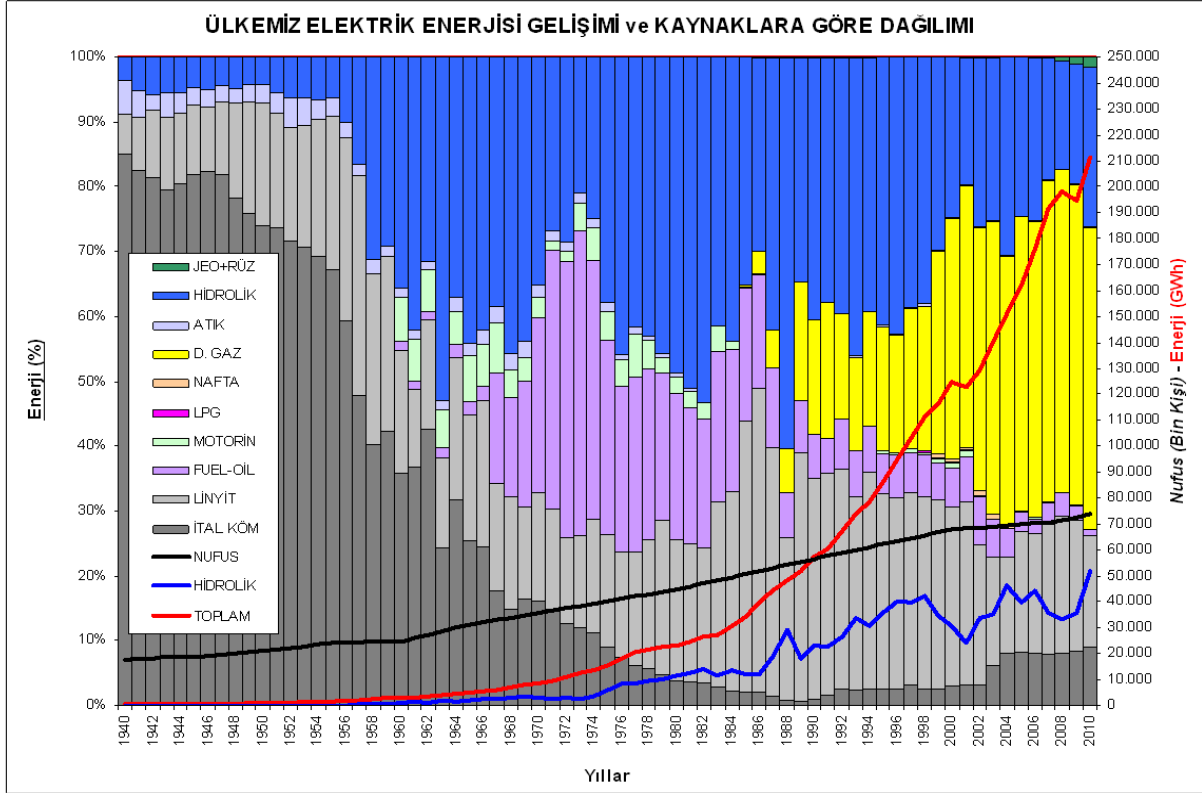
Burada, çubuk grafiklerle yıllık elektrik enerjisi ihtiyacının kaynaklar bazında karşılanması gösterilirken, kırmızı çizgi grafikte 1940 yılından 2010 yılına kadar enerjideki gelişim gösterilmiştir. 1970 yılı elektrik enerjisi talebi 8,6 milyar kWh iken bu rakam 2010 yılında ortalama %8,4'lük bir artışla 211 milyar kWh'e çıkmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken husus özellikle 1984 yılından sonra enerji ihtiyacının giderek artmakta olduğu dikkatlerden kaçmamalıdır. Özellikle son yıllarda doğalgazın enerjideki payının %50'ler seviyesinde olduğu görülmektedir. Aslında bu durumun istenilen bir durum olmadığı enerjideki %50'ler seviyesindeki doğalgazın payının %30'lar seviyesine çekilmesi gerektiği de zaman zaman ifade edilmektedir. 2023 yılı talebinin yaklaşık 450 milyar kWh, 2035 yılı talebinin ise 920 milyar kWh civarında olacağı dikkate alınır, bu artışın karşılanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının sistem içerisindeki payının artırılması gerektiği hususu çözüm önerilerinden biri olarak karşımıza çıkar.

Grafikteki mavi çizgi, hidroelektrik santrallerin yıllar itibari ile üretimlerini göstermektedir. Burada hidroelektrik santrallerin zaman zaman bir önceki yıldan daha az bir üretiminin olduğu da görülmektedir. 1998 yılındaki hidroelektrik santrallerin yıllık üretimi 42 milyar kWh iken 3 yıl sonra yani 2001 yılındaki üretimleri 24 milyar kWh'e düşmüştür. Burada şunu söylemek çok da yanlış olmayacaktır. Hidroelektrik santraller

açısından 2023 yılı hedefleri dikkate alındığında, gerek puant talebin karşılanmasında, gerekse sistem içerisinde kendilerine düşen görevi yerine

getirmekte yetersiz kalacakları göz ardı edilmemelidir.

Şekil-1 Ülkemiz elektrik enerjisi gelişimi ve kaynaklara göre dağılımı



Grafikteki siyah çizgi, yıllar itibari ile nüfusumuzu ve aynı zamanda nüfus artış hızımızı göstermektedir. 1960 yılından sonra nüfus artış hızının lineer bir şekilde artmakta olduğu görülmektedir. Nüfus artış hızına karşı enerji artış hızının daha yüksek olduğu, başka bir ifadeyle de kişi başı elektrik ihtiyacının giderek artmakta olduğu söylenebilir. Bu artışın karşılanabilmesi amacıyla yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarımızın kullanılmasının yanı sıra nükleer santrallerin de devreye alınmasına yönelik çalışmalar da devam etmektedir. Elektrik enerjisindeki bu artış ve kaynak çeşitliliği "Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerin de sistem içerisinde yer almasını zorunlu kılmaktadır.

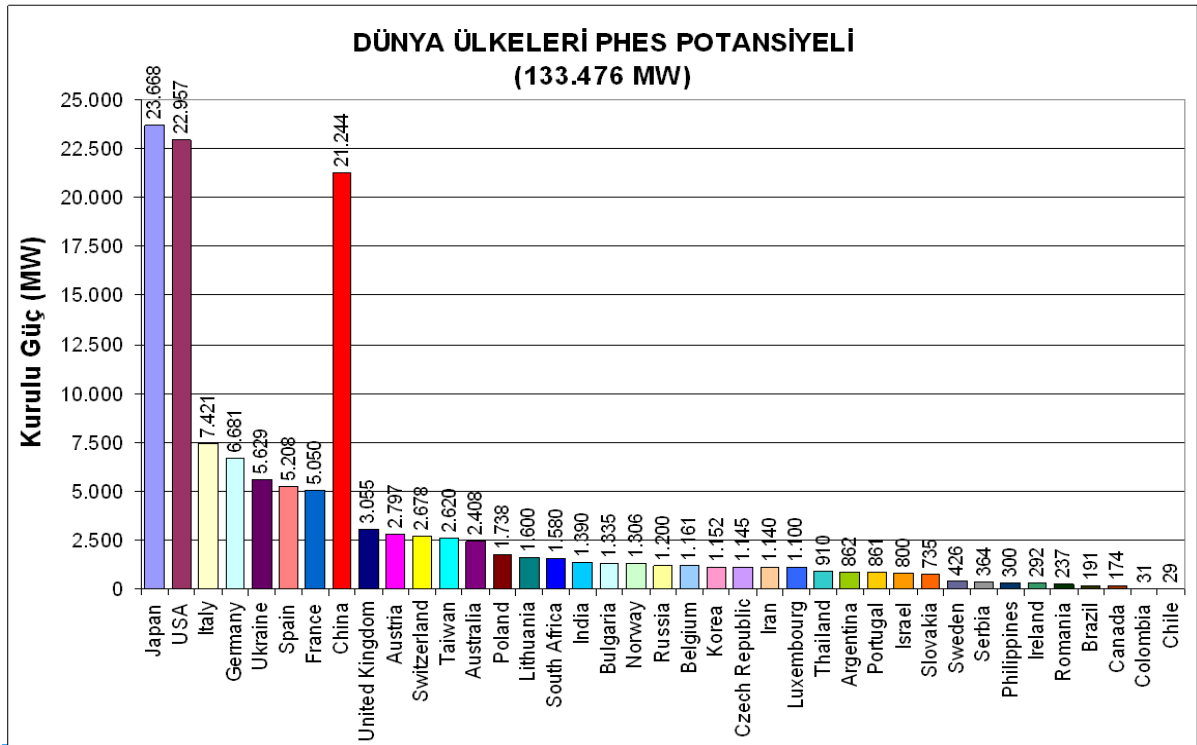
POMPAJ DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK SANTRALLER (PHES)

İlk pompaj depolamalı sistem kullanımı 1890'larda İtalya ve İsviçre'dedir. PHES'lerin dünyadaki

durumuna bakıldığında, 133.000 MW'ın üzerindeki kurulu güç ile 39 ülkede işletmede olduğu görülür.

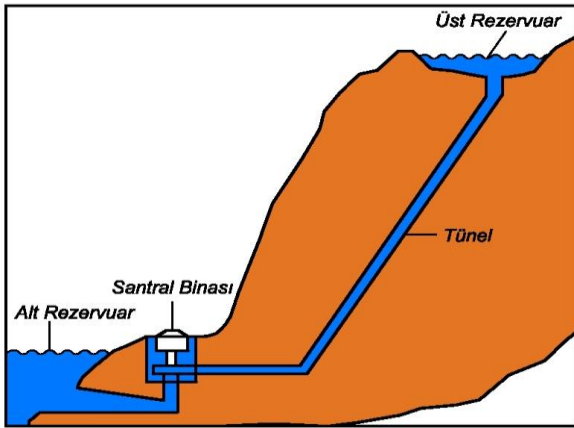
2007 yılı verilerine göre dünya ülkeleri PHES potansiyeli Şekil-2'de görülmektedir. Bu grafikte dikkat çeken hususlardan bir ikisine değinmek gerekirse, 23600 MW kurulu güç ile Japonya önde gelen ülkeler arasındadır. Japonyanın 2010 yılı rakamları ile PHES kurulu gücü yaklaşık 27000 MW civarındadır. 450 bin nüfuslu Lüksemburg'un PHES potansiyeli 1100 MW ve 1960'lı yıllarda işletmeye geçmiştir. Bu kurulu güç bugün artırılarak 1400 - 1600 MW'lar seviyesine çıkarılmıştır. Başka bir dikkat çeken husus, elektrik enerjisinin %99'unu hidroelektrik kaynaklardan sağlayan Norveç'in PHES kurulu gücü 1300 MW civarında olup ayrıca bu gücün artırılması konusunda kayda değer çalışmalar yapıldığı bilinmektedir. Komşumuz İranın 2010 yılında işletmeye girmiş olan PHES'in kurulu gücü 1140 MW'tır. Çin'le ilgili 21000 MW civarındaki PHES'in işletmedeki PHES'lerin yanı sıra inşaa edilmekte olan PHES'leri de kapsadığı düşünülebilir

Şekil-2 : Dünyadaki PHES'lerin ülkelere göre dağılımı



PHES'lerin ÇALIŞMA PRENSİBİ

Şekil-3: PHES'in şematik kesiti



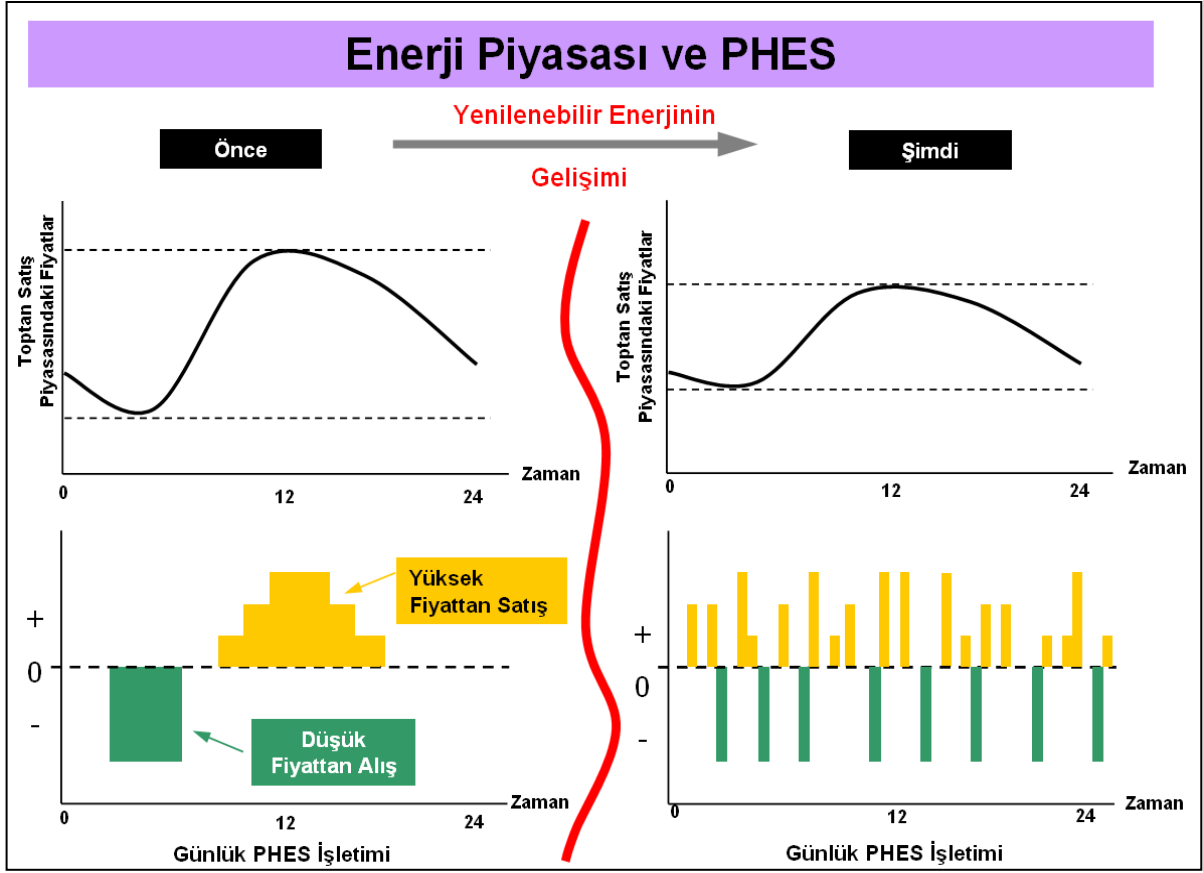
Şekil-3'de verilen bir PHES'in basitçe çalışma prensibi şöyledir. Sistem içerisinde iki adet rezervuar, bir santral ve iki rezervuarı bağlayan basınçlı su yolları bulunur. Rezervuarlardan biri alt rezervuar diğeri üst rezervuar olarak tanımlanır. İhtiyaç durumuna göre su, alt rezervuardan üst rezervuara pompalanır veya üst rezervuardan alt rezervuara düşürülerek enerji üretilir. Sistem hidroelektrik santrallerdeki prensipten çok farklı olmamakla birlikte planlama aşamalarında

hidroelektrik santrallerden ayrılan yönleri vardır. Sistem sadece nehirler üzerine kurulan barajlar veya doğal göller dikkate alınarak planlanmamaktadır. Alt ve üst rezervuarları iki havuz olan bir sistem bile planlamak mümkündür. Sistem, havuzlardan birinin doldurulmasından sonra suyun alt rezervuardan üst rezervuara pompalanması ve üst rezervuardan alt rezervuara düşürülmesinden ibarettir. Başka bir ifade ile su alt rezervuardan ödünç alınıp üst rezervuara pompalanır. Daha sonra da ödünç alınan su alt rezervuara düşürülerek tekrar yerine konmuş olur. Sistemin çalışmasındaki tek su ihtiyacı buharlaşma kayıplarının karşılanmasıdır. Dolayısıyla PHES'lerde HES'lerde olduğu gibi su kullanım anlaşması yapılmasına ihtiyaç bulunmamaktadır.

Genel olarak termik santraller talep değişimlerine kolayca uyum sağlayamamaları nedeniyle baz yükte, hidroelektrik santraller ise kolayca işletilip durdurulabilen ve aynı zamanda kısa bir sürede tam kapasite yüküne çıkabilmeleri nedeni ile pik talebin karşılanmasında kullanılmaktadır. Pik talebin karşılanmasında HES'lerin yetersiz kalması durumunda da PHES'lerden yararlanılmaktadır. Ancak, PHES'lere bakış yenilenebilir enerji kaynaklarından sonra değişmiştir.

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE PHES

Şekil-4 PHES'lerin günlük işletme durumları



Yenilenebilir enerji kaynaklarından önce PHES'ler pik talebin karşılanması için planlanmıştır. Bu maksatla planlanan PHES'ler geceleyin, enerjinin kullanılmadığı veya termik ve nükleer santrallerin durdurulmadığı zamanlarda pompa olarak çalıştırılarak suyu alt rezervuardan üst rezervuara pompalar. Bu durum, genellikle geceleyin veya tatil günlerinde gerçekleşir. Üst rezervuarda depolanan su talebin artış gösterdiği saatlerde düşürülerek pike talep karşılanır. Bu yöntemle sistem geceleyin pompa gündüzleyin de türbin olarak bir iki defa çalışmaktadır. (Şekil-4)

Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının tüm dünyada sistem içerisindeki payının artmasına yönelik çalışmalar PHES'lere olan ihtiyacı öne çıkartmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının gün içindeki payının planlanandan fazla olması veya düşük olması durumunda fazla olan gücün depolanmasında veya eksik olan gücün

tamamlanmasında PHES'ler dünyada bilinen en iyi, en uygun ve en çok kullanılan sistemler olarak karşımıza çıkar. Sadece rüzgar santrallerinden üretilen enerjinin depolanması ve düzenlenmesine yönelik yeni yeni PHES'ler planlanmakta ve inşa edilmekte, var olan PHES'lerin de kurulu güçleri artırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik santrallerin artması ile birlikte PHES'ler bu santrallerin şebekedeki bozucu etkilerini gidermek için gün içinde pekçok defa pompa ve türbin modunda çalışmaktadır. Bu durum, enerji fiyatlarının gün içindeki aşırı dalgalanmasını engellemektedir. (Şekil-4) Konuya sadece rüzgar santralleri açısından bakıldığında bile 2023 yılına kadar şebekede 20.000 MW rüzgar santralının bulunmasını hedefliyorsak mülga Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından başlatılan PHES çalışmaları mutlaka geçikilmeden devam ettirilmelidir.

RÜZGAR – GÜNEŞ SANTRALLERİ VE PHES

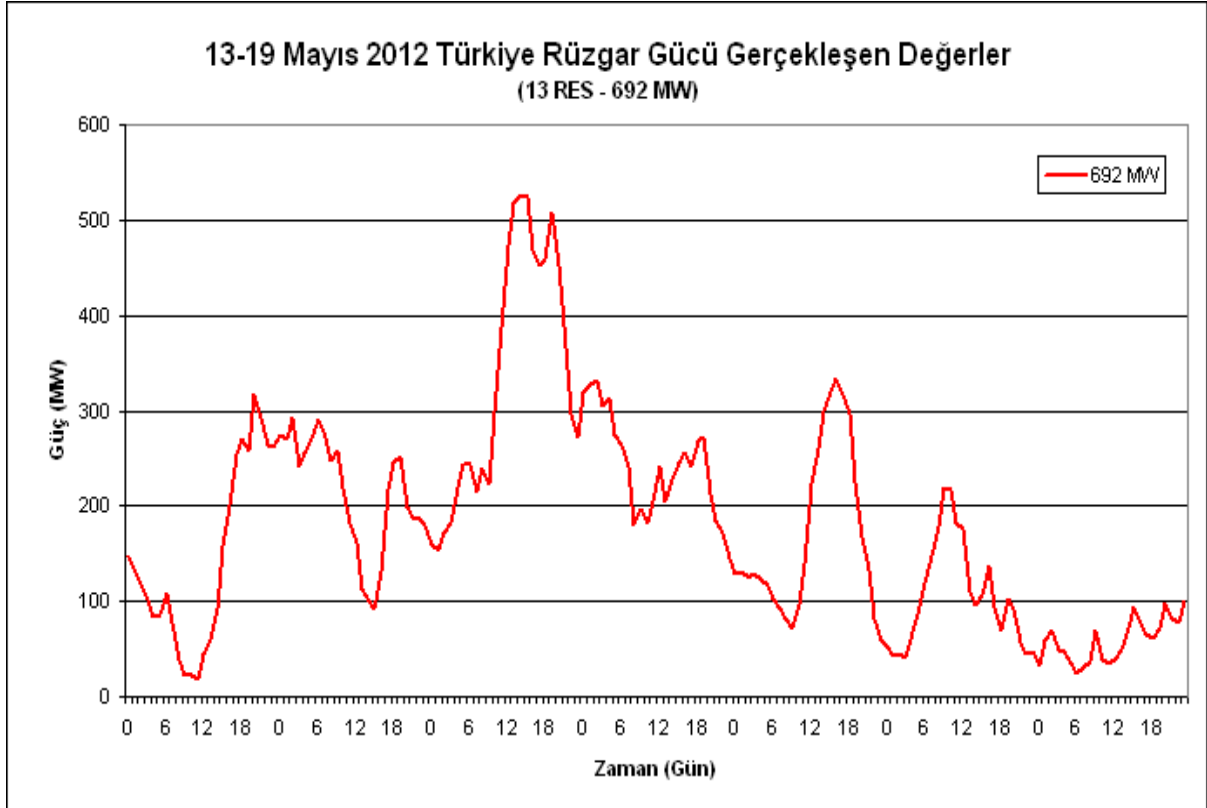
Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir potansiyele sahip olan rüzgar enerjisine yönelik santral kurulum çalışmaları devam etmektedir. Mülga Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) verilerine göre 7 m/sn ve 50 m yükseklikteki ekonomik rüzgar potansiyelimiz yaklaşık 50.000 MW civarındadır. Bu potansiyelin devreye alınması için 2023 yılına kadar 20.000 MW kurulu gücündeki Rüzgar Enerjisi Santralinin (RES) şebekeye bağlanması için gerekli yasal düzenlemeler yapılmış olup, bu potansiyel için yaklaşık bu güne kadar 11.000 MW'lık projenin lisans işlemlerine yönelik çalışmalar devam etmektedir. Bu projelerden yaklaşık 2000 MW kurulu gücündeki RES işletmede olup kalan 9.000 MW kurulu gücündeki RES projelerinin bir kısmı inşaa halinde bir kısmı da proje seviyesinde çalışmalarına devam etmektedir.

Bilindiği gibi rüzgar kesintili bir güç kaynağı olup diğer enerji kaynaklarından bu yönüyle ayrılmaktadır. Bu nedenle rüzgardan elde edilecek gücün önceden tahmin edilmesine yönelik çalışmalar Rüzgar Gücü İzleme ve Tahmin Merkezi (RİTM) Mülga EİE Genel Müdürlüğü bünyesinde kurulmuştur. Bu merkezde önümüzdeki 48 saat ve 6 saatlik periyotlar başta olmak üzere farklı zaman

dilimleri için tahminler yapılmaktadır. Yapılan tahminler www.ritm.gov.tr adresinden de yayınlanmaktadır. Aşağıda bu merkeze bağlı bulunan 13 adet 692 MW kurulu gücündeki RES'lerin 13-19 Mayıs 2012 tarihleri arasındaki gerçekleşen verileri görülmektedir. Şekil-5'te verilen bu verilere göre rüzgar gücünün ne kadar değişkenlik arz ettiğini görmek mümkündür.

RİTM'e bağlı bulunan bu 13 adet RES'in kurulu gücü toplam RES gücü içerisindeki oranı yaklaşık üçtebirdir. 2000 MW'lık RES gücünün RİTM'e bağlı olması durumunda grafiğin şekli Şekil-5'teki grafikten çok farklı olmayacaktır. Rüzgar gücündeki bu denli değişkenliğin olumsuz etkilerini hissetmememizin ana nedeni 2000 MW'lık RES gücünün 35.000 MW'lık puant güç yanında çok küçük kalmasındandır. Ancak RES'lerde 20.000 MW'lık bir güce ulaşılması durumunda saatlik güç değişimleri çok farklı olacaktır. Bunun için 20.000 MW'lık RES gücü Şekil-5'deki RES gücüne benzetilerek 3 saatlik zaman dilimi içinde 7000, 8000, 9000, 10.000 MW'lık değişimlerin olduğu görülmektedir. Saatlik bazdaki değişimlere bakıldığında da 2000, 3000 MW'lık değişimlerin olduğu görülür. Farklı tarihlerde bu değişimlerin daha fazla olması elbette mümkündür.

Şekil-5 13-19 Mayıs 2012 Türkiye Rüzgar Gücü Değerleri



Güneş enerjisine dayalı santrallerin ülkemizde henüz yaygınlaşmamıştır. Ancak önümüzdeki süreçte önemli bir yer tutacağı da gözükmektedir. Rüzgar santrallerindeki güç değişimleri kadar olmasa bile güneş enerji santrallerinde de güç değişimleri yaşanacaktır. Rüzgar ve güneş enerjisine dayalı şebekedeki güç değişimlerinin çözümü ise PHES'lerdir. Dolayısı ile PHES'ler yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekede daha fazla bulunmalarına imkan veren enerji düzenleme tesisleridir.

Ülkemizde PHES'lere ihtiyaç olup olmadığı konusunu değerlendirilirken sadece RES'lerin

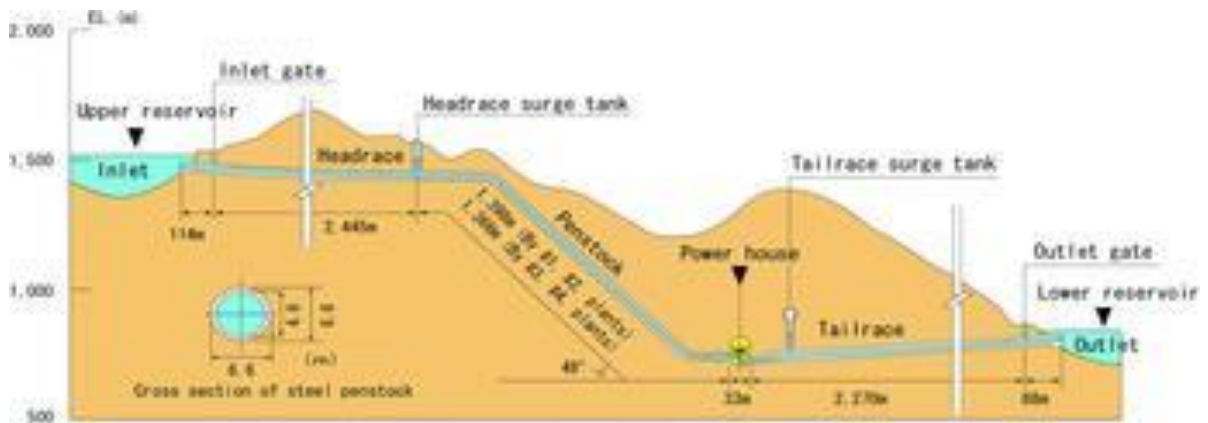
şebekede var olmaları PHES'lerin yapılması için yeter ve gerek şart olarak kendi başına bir gerekçedir. Aksi takdirde RES'lerin doğru dürüst işletilmesi söz konusu olmayacağı gibi yeterli kapasitede RES'in şebekeye bağlanmasında mümkün olmayacaktır. Dolayısı ile ithalata bağlı kaynaklara ihtiyaç duyulacağı bilinmelidir. Bu nedenle de 2023 yılına giderken 450-500 milyar kWh'lik enerji ihtiyacımızın karşılanmasında doğalgazın payını %50'lerden %30'lara düşürme gayretleri sonuçsuz kalacağı gibi bu oranın %60-70'lere çıkmasını da ancak seyrediriz.

PHES ve NÜKLEER SANTRALLER ve PHES

Pompaj depolamalı hidroelektrik santraller sadece pik talebin karşılanması maksadıyla planlanmamaktadır. Üretilen enerjinin yetersiz kalması nasıl problemse, tüketilememesi de problemdir. Enerjinin yetersiz kalması durumunda yapılacak çözümlerden biri elektrik kesintileridir. Talebin arzdan düşük olduğu durumlarda yani enerji fazlası söz konusu olunca da santrallerde güç düşürülmesi veya tamamen devreden çıkarılması talimatı verilecektir.

Santrallerin devreye girmesi ve çalışırken gücünü değiştirebilme açısından incelendiğinde, hidroelektrik santraller 3-5 dakikada tam güce çıkabilirler, hidroelektrik santrallerin değişik bir uygulaması olan PHES'ler özel durumlarda 15-20 saniyede tam yüke çıkabilmektedir. Nükleer santrallerin çalıştırılması 3-5 günü, güç değiştirmeleri ise söz konusu değildir. Hidroelektrik santraller ise çalışırken gücünün %50-60'ını bir dakikada değiştirebilirler. Bu nedenle nükleer santrallerde güç azalması söz konusu olmaması nedeni ile ya tamamen durdurulmalı ya da nükleer santrallerde üretilen enerji mutlaka tüketilmelidir. PHES'ler bir taraftan enerji üreten santraller olarak çalışırken diğer taraftan enerji tüketen sistemlerdir.

Dünyadaki PHES ve Nükleer Santral ilişkisine bakıldığında, özetle karşımıza çıkan durum şudur. Nükleer santrali olan tüm ülkelerin PHE'i var. Ermenistan hariç. Nükleer santraller devreye girmeden önce PHES'lerin devreye girmiş olmaları, PHES'in kurulu gücü yaklaşık nükleer santralin bir ünitesinin kurulu gücüne yakın olması, bu iki santralin iletim hatlarıyla doğrudan birbirlerine bağlı oldukları dikkat çeken hususlar olarak karşımıza çıkıyor. Ne varki tartışmaları bir tarafa biri Sinop'ta, diğeri Mersin Akkuyu'da iki adet nükleer santral kurulumu için çalışmalar devam etmektedir. Yaklaşık her bir ünitesi 1200 MW olan bu tesislerin toplamda 8 ünitesi olacak. 31 Mart 2015 tarihinde ülkemizde yaşanan elektrik kesintisinin çok ayrıntısına girmeden nedeninin 1000-1200 MW'lık bir santralin devre dışı kalması ve bunun yerine sıcak yada soğuk yedek olarak ifade edilen güçlerle bu açığın kapatılamaması nedeni ile sistem çökmüştür denilmektedir. Sadece Sinop ve Akkuyu Nükleer santrallerindeki 8 adet 1200 MW'lık gücün devre dışı kalmalarında da 31 Mart kesintisine benzer bir sıkıntıyı yaşama ihtimalini azaltacaksa PHES'lere ihtiyacımız var.



Kannagawa PHES – 2820 MW - Japonya

Okukiyotsu PHES – 1600 MW - Japonya



Goldishal PHES – 1000 MW - Almanya



Numappara PHES – 675 MW - Japonya



Tainhuangping PHES – 1800 MW - Çin



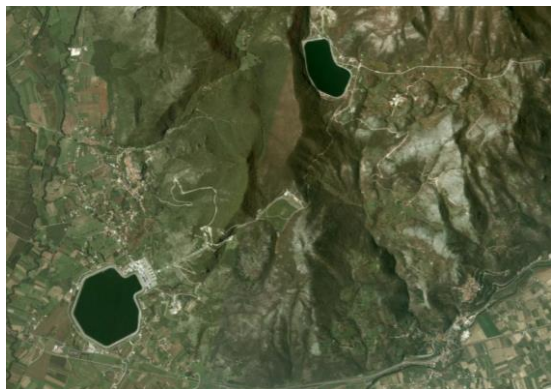
Seneca PHES – 435 MW - Amerika



La Muela-II PHES – 840 MW - İspanya



Presenzone PHES – 1000 MW - İtalya



Vianden PHES – 1100 MW – Lüksemburg

