



**Avrupa Birliği / Katılım Öncesi Mali
Yardıı Aracı
Enerji Sektörü Programı - Faz 2 Projesi**

*Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyet
tarafından birlikte finanse edilmektedir.*

Enerji depolama sistemlerinin analizi için danışmanlık hizmetleri

GÖREV 1: Depolama teknolojilerinin analizi

DEPOLAMA TEKNOLOJİLERİ ANALİZ RAPORU

Nihai Versiyon

Eylül 2018





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyet tarafından birlikte finanse edilmektedir

Enerji depolama sistemlerinin analizi için danışmanlık hizmetleri

DEPOLAMA TEKNOLOJİLERİ ANALİZ RAPORU

Nihai versiyon

Eylül 2018

Ekibin oluşumu:
Claire MUNET, Xavier ÉPIARD - EDF

Bu raporun telif hakkı Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na aittir. Belgenin önceden izin almadan herhangi bir amaçla referans gösterilmesi veya kullanılması, herhangi bir rehber veya sair belgede içeriğinin açıklanması veya alıntı yapılması ya da önceden izin verilen taraflar dışında herhangi bir tarafa verilmesi veya tebliğ edilmesi yasaktır. Hiçbir taraf her ne sebeple olursa olsun bu belgenin doğru olduğunu farz etme hakkına sahip değildir. Dolayısıyla bu belgenin gösterildiği veya belgeye erişim sağlayan herhangi bir tarafa karşı sorumluluk alınmamaktadır. Bu yayının içeriği danışmanın münhasır sorumluluğu altındadır ve hiçbir şekilde Avrupa Birliği ya da ETKB'nin görüşlerini yansıttığı şeklinde yorumlanamaz.

İçindekiler

1. ÇALIŞTAY SUNUMU	5
1.1. GÖREVIN VE ÇALIŞTAYIN GENEL HEDEFLERİ	5
1.2. ANA MESAJLAR VE ÖNERİLER	5

Belge Versiyon Tablosu

Versiyon	Versiyon Tarihi	Yorum	İbraz Edilen Nüsha
A.0	20 Temmuz 2018	Yorumlar için ilk versiyon	Elektronik Nüsha
A.1	13 Ağustos 2018	İkinci versiyon	Elektronik Nüsha
A.nihai	12 Eylül 2018	Nihai versiyon	Elektronik Nüsha

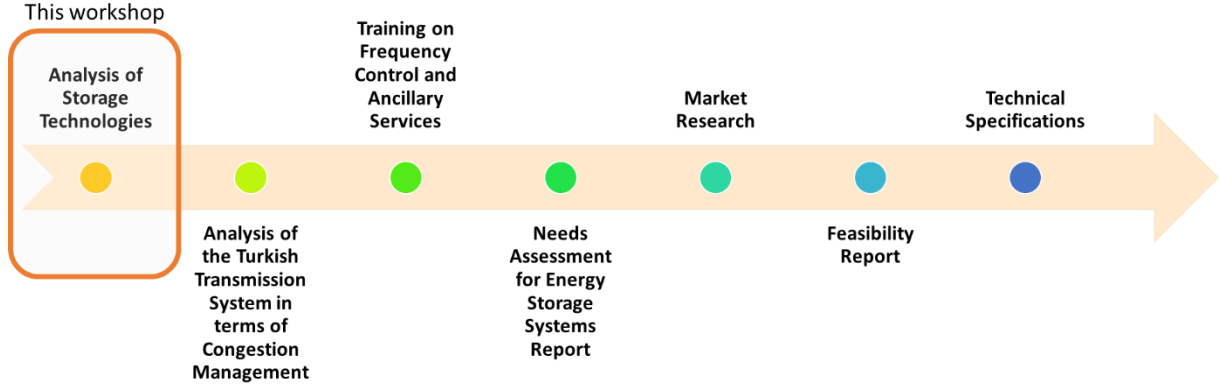
Kısaltmalar

BESS	Bataryayla Enerji Depolama
CAES	Sıkıştırılmış Havayla Enerji Depolama
CAPEX	Sermaye Harcamaları
CCPP	Kombine Çevrim Santrali
CIREN	Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (Uluslararası Çevre ve Kalkınma Araştırma Merkezi)
CIST	EDF Elektrik Sistemi ve İletim Mühendisliği Merkezi
DSO	Dağıtım Sistemi İşletmecileri
EC	Avrupa Komisyonu
EDF	Electricité De France
EE	Enerji Verimliliği
EES	Elektrik Enerjisi Depolama
ELDER	Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EMS	Enerji Yönetim Sistemi
ENEDIS	Fransız Dağıtım Sistemi İşletmecisi
ENTSO-E	Avrupa Elektrik İletim Sistemi İşletmecileri Birliği
EPRI	Elektrik Enerjisi Araştırma Enstitüsü
AB	Avrupa Birliği
FAT	Fabrika Kabul Testi
EİGM	Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
DİUPGM	Dış İlişkiler ve Uluslararası Projeler Genel Müdürlüğü
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
GW	Giga Watt
HVAC	Isınma, Havalandırma ve Klima
IPA	Katılım Öncesi Mali Yardım Aracı
IPP	Bağımsız Elektrik Üreticisi
IRR	İç Getiri Oranı
LCOS	Depolamanın Seviyelendirilmiş Maliyeti
LNG	Sıvılaştırılmış Doğalgaz
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
MW	Mega Watt
MWh	Mega Watt Saat
NPV	Net Bugünkü Değer
OPEX	Faaliyet Giderleri
PHS	Pompajlı Hidro Depolama
PJM	Amerika Bölgesel İletim Kuruluşu
PRAG	Prosedürler ve Uygulama Kılavuzu
RES	Yenilenebilir Enerji Kaynakları
RTE	Réseau de Transport d'Electricité (Fransız İletim Sistemi İşletmecisi)
SAT	Yerinde Kabul Testi
SMF	Sistem Marjinal Fiyatı
SOC	Şarj Durumu
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TETAŞ	Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş.
TOR	İş Tanımları
TL	Türk Lirası
TSO	İletim Sistemi İşletmecisi
TSR	Teknik Şartname Raporu
BK	Birleşik Krallık
USD	Amerika Birleşik Devletleri Doları
AOSM	Ağırlıklı Ortalama Sermaye Maliyeti
WB	Dünya Bankası

1. Çalıştay Sunumu

1.1. Görevin ve çalıştayın genel hedefleri

Bu çalıştay, bu projenin ilk görevinin teslimine hazır ilk versiyonudur. 26 ve 27 Haziran 2018'de Ankara Wyndham Hotel'de gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1 Bu projenin 7 görevi

Bu görevin amacı, depolama teknolojileri hakkında genel bir görünüm sağlamaktır: kullanımlar, maliyetler, temel özellikler ve en önemli projeler. Bu çalıştayda avantajları ve dezavantajlarıyla beraber farklı düzenleyici çerçeveler de sunulmuştur. Özel olarak Avrupa'ya yoğunlaşmakla birlikte tüm dünyadan örnekler verilmiştir.

Bu proje çalışması, ilerleyen görevlerde bataryalara odaklanacak olmasına rağmen Görev 1, pompaj depolamalı hidro (PHS), Sıkıştırılmış Havayla Enerji Depolama (CAES) ve volanlar da dahil olmak üzere EES'nin temel teknolojilerinin tümünü ele alacaktır.

Bu görev, Avrupa'daki en büyük ticari depolama projesini ziyaret etmek için de bir fırsat olacaktır: West Burton B. Ziyaretin Ekim ayı başlarında yapılması planlanmıştır.

1.2. Ana mesajlar ve öneriler

Depolama, dinamik bir alandır. Teknolojiler hızlı gelişmekte ve her hafta yeni projeler ortaya çıkmaktadır. Bu projenin giriş niteliğindeki görevi olan Görev 1'in amacı, depolama teknolojileri hakkında genel bakış sağlamaktır: kullanımları, maliyetleri, temel özellikleri ve mevzuat çerçevesi ve Avrupa'ya özel olarak yoğunlaşarak tüm dünyadaki örnekler de dahil olmak üzere en önemli projeler. Bu görevin artı değeri, EDF CIST ve Ar-Ge uzmanlarının kritik analizlerini içeren bu alandaki yapılandırılmış görünümün aktarılması olmuştur.

Bu proje çalışması, ilerleyen görevlerde bataryalara odaklanmış olmasına rağmen Görev 1, EES'nin temel teknolojilerinin tümünü ele almıştır. Temel amaç bilgi aktarımı olduğu için bir çalıştay ve EDF depolama tesisine ziyaret şeklini almıştır.

Son olarak bu görevin sonunda Türkiye'de depolamanın optimum uygulanmasına yönelik bazı ilk önerilen sunulması beklenmiştir.

Çalıştay, aşağıdaki oturumlarda organize edilmiştir:

- Genel depolamaya bakış
- Teknolojiye genel bakış (PHS, bataryalar, CAES, Volanlar)

- İşleyiş prensipleri
- Temel özellikleri
- Dünyadaki ana örnekleri
- Gelişim potansiyelleri
- Gelecek inovasyonlar
- Tekno-ekonomik modelleme
- TSO projeleri
- Kullanım seçenekleri
- Beyin fırtınası: EES sistemlerinin optimum kurulumuna yönelik öneriler

Önemli bilgiler aşağıda verilmiştir:

- Batarya alanında bazı ilerlemeler yaşandığı için 2000 yılından sonra elektrik depolama konusuna yeniden ilgi gösterilmeye başlanmıştır. Elektronik cihazlardaki yoğun kapsamlı kullanımları ölçekli üretim etkisini mümkün kılmış ve bu sayede bataryaların maliyetleri düşmüştür ve düşmeye devam etmektedir.
- Pek çok hizmet teknik olarak uygulanabilir özelliktedir ve değişen elektrik sistemlerinde yeni değer havuzları keşfedilmektedir.
- Bataryaların tartışmanın merkezinde olmasına rağmen batarya sistemine girişleri hala sınırlıdır (Pompajlı Hidro Depolamanın 150 GW değerine kıyasla 2016 yılında 1,5 GW) ve kârlılıklarının sağlanması için tekno-ekonomik değerlendirme yapılması gereklidir.
- Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'da PHS'nin gelişimi, nükleer gelişim ile yakından ilgilidir. Zira bu tür bir depolama pik ve pik dışı fiyatlar arasında yüksek fark olması halindemantıktır. PHS yalnızca arbitraj değil aynı zaman dengeleme, frekans kararlılığı ve sistem toparlanması (black start) gibi enerji sistemi yönetim kapasitesi özellikleri de sunmaktadır. İlginç bir seçenek olabilir ve dünyada 13 GW'lık bir kısım yapım aşamasındadır.
- CAES, hava depolama için daha geniş çaplı rezervuarlar kullanabilir ve PHS'e göre daha makul yüzey kaplama alanına sahiptir. CAES, çıkışı kısa sürede arttırabilir ve kısmi yük koşulları altında verimli çalışır. Bu özellikler onu peak shaving (arz ve tüketim noktalarındaki ani dalgalanmaları karşılama), regülasyon ve görev arttırma işlemlerini gerçekleştirmede etkili kılar. CAES gelişiminin önündeki temel engel, yeterli bir boşluk bulabilmektir. Bu nedenle dünyada yalnızca iki ticari proje (ABD ve Almanya) bulunmaktadır.
- Volan, elektrik enerjisini, döner bir kütlede kinetik enerji olarak depolar ve sonra elektrik enerjisi formunda bırakır. Volanlar, kısa süreliğine elektrik ihtiyacı olan durumlarda ve alan sınırlaması bulunan, depolanmış enerjinin sıklıkla gerekli olduğu hallerde kullanılabilir. Bu, bataryalarla karşılaştırıldığında yalnızca belirli niş ürünlerde (Kesintisiz Güç Kaynağı) rekabetçi olabilir.
- Lityum iyonun yükselen yıldız olmasına rağmen enerji sistemleri için uygun olabilecek çok farklı batarya teknolojisi vardır. Kurşun asitli bataryalar on yıllar boyunca sistem toparlanması (black start) uygulamalarında kullanılmıştır. Sodyum sülfür bataryalardan da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yardımcı olması için yararlanılır.
- Bataryalar oldukça esnektir ancak hızlı ve çarpıcı bir düzeyde eskimeye yol açabilirler. Kullanım ömrü ve teknik özelliklerini etkilediğinden dolayı bir projede batarya eskimesinin kilit olduğu

dikkate alınmalıdır. Aynı hizmet, aynı teknoloji ailesinden olup farklı üreticilerden gelen bataryaların üzerinde farklı eskime profilleri oluşturabilir. Bir bataryanın, farklı hizmetler ile farklı eskime profili olacaktır. Bataryanın şarj/deşarj etme profilini kontrol eden EMS'nin eskime faktörleri dikkate alınarak üretilmesi gereğinin ve bu tip projeler için temel önemde olmasının sebebi budur.

- Kusursuz bir teknoloji olmadığı için ilgili kapsama göre (düşünülen hizmet, enterkonekte veya ada güç sistemi vb.) uygun teknoloji, boyut ve konumun seçilmesine yönelik olarak tekno-ekonomik modelleme yapılması gereklidir.
- Depolama hücresi, bir projenin maliyetinin önemli bir parçasıdır ancak daha birçok etken de iş planlarına entegre olacaktır (konvertör, inşaat işleri, EMS, bakım maliyetleri vb.). Bataryayla birden fazla hizmet sağlanması, bir projenin ekonomik değerini maksimize etmek için düşünülebilir ancak genelde kârlılığa ulaşmak için kesinlikle gereklidir.
- Tüm depolama teknolojilerine yönelik birçok kullanım seçenekleri (ticari projeler veya Ar-Ge uygulamaları) sunulmuştur. Dünyada günümüzdeki çoğu ticari proje, mevcut depolama maliyetlerine bakıldığında kârlı bir hizmet olabileceği için temel olarak primer rezerv sağlamaktadır.
- TERNA, güç ve enerji kullanımlarına yönelik pilot projeler gerçekleştirmektedir (Kısıt yönetimi, frekans düzenlemesi). İtalyan kurum bataryanın sahibi ve işleticisinin kendisi olmasını planlamıştır ancak Temiz Enerji Paketinden sonra bu fikir değişmiştir.
- RTE, Fransa'daki 63 kV hatlarda kısıtı yönetmek için RINGO pilot projesini geliştirmektedir. Konseptin 2023 yılında onaylanmasının ardından özel sektörün bu sistemlerin sahibi ve işleticisi olması için ihaleler sunulacaktır.
- BK, Kıta Avrupa'sıyla aynı frekansta bağlı değildir ve büyük yenilenebilir enerji kurulu gücü vardır. Bu, azalan atalet ile sonuçlanır. Bu bağlamda National Grid, Geliştirilmiş Frekans Düzenlemesi (Enhanced Frequency Regulation, EFR) isimli yeni bir ürün sunmaya karar vermiştir. Toplam 1.200 MW için 64 proje önerilmiştir. 2018 yılının başlarında 200 MW devreye alınmıştır.

Bu çalışıydan sonra bazı önerilerde bulunduk. Bu öneriler paydaşlarla yapılan beyin fırtınasına, TEİAŞ tarafından Türkiye Enerji Sisteminin sunumuna ve EDF'nin deneyimlerine göre yapılmıştır. Bunlar, aşağıdaki görevlerin sonuçlarıyla birlikte proje süresince uyarlanmış ve güncellenmiştir:

- Tekno-ekonomik değerlendirme, depolamayı ele almaya yönelik atılacak ilk zorunlu adımdır. Bir batarya depolama ve bir konvertör, temel olarak her hizmeti sunabilir. Ancak bu gibi sistemler pek çok faktöre bağlıdır. Depolamanın kârlılığı titiz bir şekilde değerlendirilmeli ve diğer çözümlerle kıyaslanmalıdır (şebeke güçlendirme, geleneksel santraller ile frekans düzenlemesi sağlama vb.).
- İlk yaklaşımda, göz önünde bulundurulması gereken en ilgili hizmet, frekans düzenlemesidir. Bataryaların güncel maliyetleri dikkate alındığında enterkonekte büyük şebekelerdeki ticari projelerin çoğu bu gibi hizmetler sunmaktadır.
- Kısıt yönetimi, talebin sabit veya azalmakta olduğu ülkelerde ve enterkonekte büyük sistemlerde olmayan ve bunun sonucu olarak da atalet sorunları bulunan bölgelerde değerlendirilmektedir. Türkiye'de talebin her yıl birkaç puan artması ve yenilenebilir enerjinin büyük ölçüde gelişmiş olması gerçeği, şebekenin önemli ölçüde güçlendirilmesine sebep olmaktadır. Bu projede kısıt yönetimine yönelik bataryalara göre daha verimli alternatifler sunabilme olasılığımız mevcuttur.
- Depolamanın şebekeye entegrasyonunun koşullarını açıklığa kavuşturmak için mevzuatın geliştirilmesine ihtiyacı olacaktır. Farklı hizmetler için bataryalara kimin sahip olabileceği ve kimin işletebileceği konularına açıklık getirmek gereklidir. Bu projenin iş tanımları (TOR), TEİAŞ'ın bataryaların sahibi olmaya ve bunları işletmeye hazırlamaya yöneliktir. Ancak çoğu durumda mevzuat yoluyla bu tür ticari projeleri yürütmek için yalnızca IPP'lere ve kamu hizmet

kuruluşlarına izin verilmektedir. Mevcut durumda primer rezerv geleneksel elektrik santralleriyle sunulduğu için TSO'nun kendi başına primer rezervi sağlamasına izin verilmesi bir piyasa bozulması olarak görülebilir. Bu noktanın açıklığa kavuşturulması çok önemlidir.

- Projelere yönelik bir ihale ancak belirli koşullar altında düşünülebilir. TEİAŞ'ın bataryaların sahibi ve işleticisi olması durumunda bu düzenlenmeye tabi bir faaliyet olacaktır ve proje ihalelerine gerek kalmayacaktır. Aksi durumda bir piyasa tasarımı, diğer bir deyişle farklı paydaşların (yatırımcılar ve TEİAŞ) genel depolama değerinde kendi yasal paylarını edinmelerine izin veren bir çerçeve tasarımı sunacağız.
- Bir ihalenin aşağıdaki koşullarda yararlı olabileceğini düşünüyoruz:
 - TEİAŞ'ın bazı özel teknik gereksinimlerinin piyasada karşılanamaması durumu söz konusu olabilir.
 - TEİAŞ, yerleştirilen bataryaların toplam kapasitesini kontrol etmek isteyebilir.
 - Mevcut piyasa değeri, yatırımcıları motive etmeye yeterli olmayabilir.
 - Belirlenen hizmet, sistemin stabilitesini sağlamak için kısa sürede gerekli olabilir ve TEİAŞ hizmetin ilk tedarik tarihini kontrol etmek isteyebilir.

Piyasada frekans kontrolü gibi hizmetlere yönelik ilgili çerçeve sunulduğu için buna yönelik bir ihaleye gerek olmayabilir. Frekans düzenlemesine yönelik bir batarya projesi geliştirilmesi yoksa bu durum, düzenlemenin bataryaların dahil edilmesine izin verdiğinde piyasa fiyatlarını dikkate alan yatırımcılar için geliştirilenin kârlı olmayabileceği anlamına gelir. Bu koşullar altında batarya geliştirmeye yönelik bir ihale ekonomik açıdan verimli ve bir piyasa bozulması olmaz.



Bu yayın Avrupa Birliği'nin desteğiyle hazırlanmıştır. Bu yayının içeriği danışmanın münhasır sorumluluğu altındadır ve hiçbir şekilde Avrupa Birliği ya da ETKB'nin görüşlerini yansıttığı şeklinde yorumlanamaz.