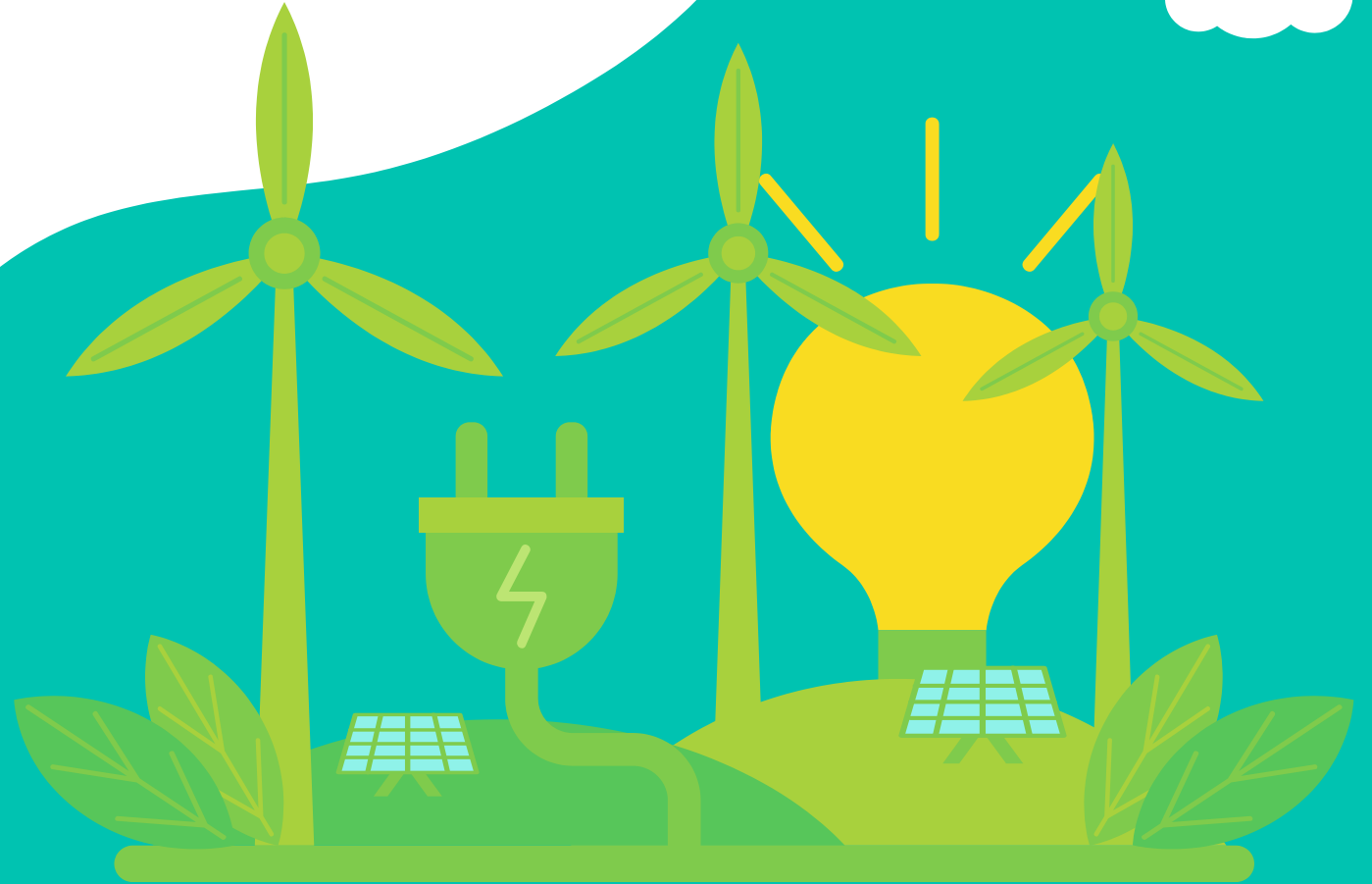


Enerji Depolama

101

Prep: Özer Erdoğan



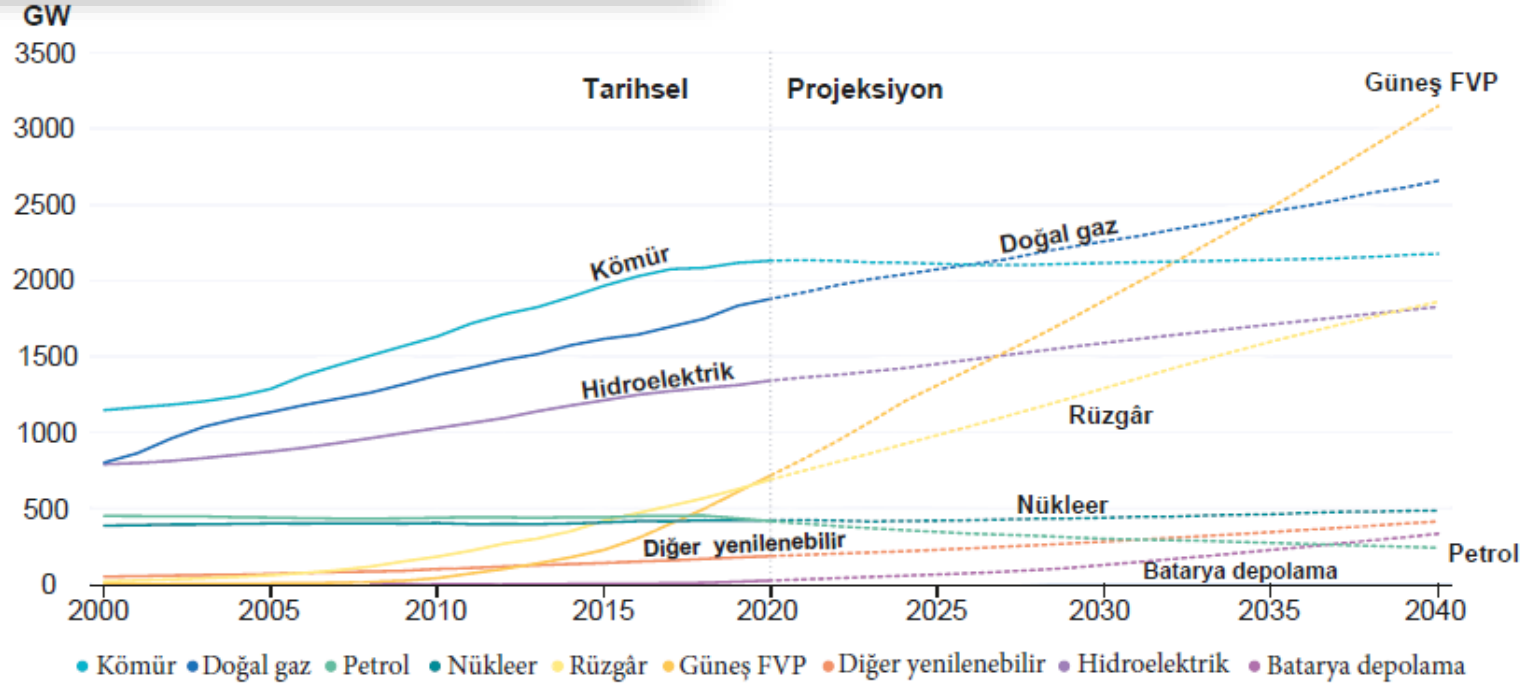
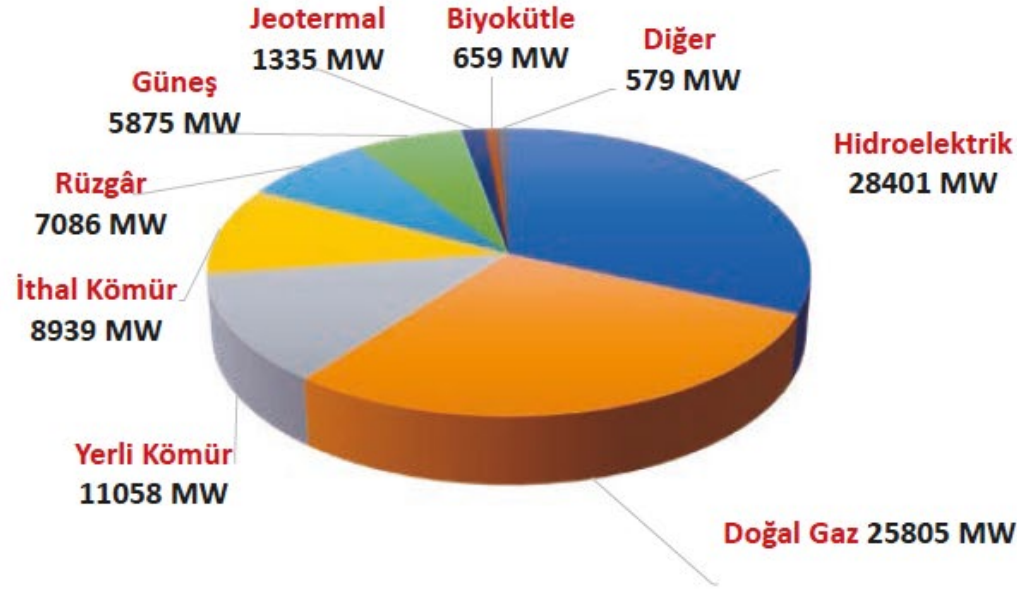
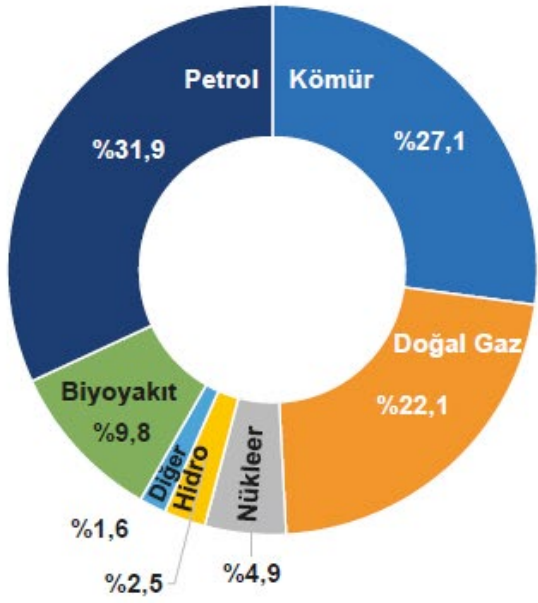
Enerji depolamanın temel prensiplerini anlamanız için enerjiyi ve enerji çeşitlerini iyi bir şekilde irdelemeniz gerekmektedir.

Enerji Nedir?

Yararlı iş yapabilme yeteneğine enerji denilmektedir.

Enerjinin Türleri





Enerji Dönüşümü



Sebepler I

Artan Nüfus ve Sanayileşme



Sebepler II

Konvansiyonel enerji kaynaklarının limitli olması



Sebepler III

Sera gazları ve Küresel Isınma

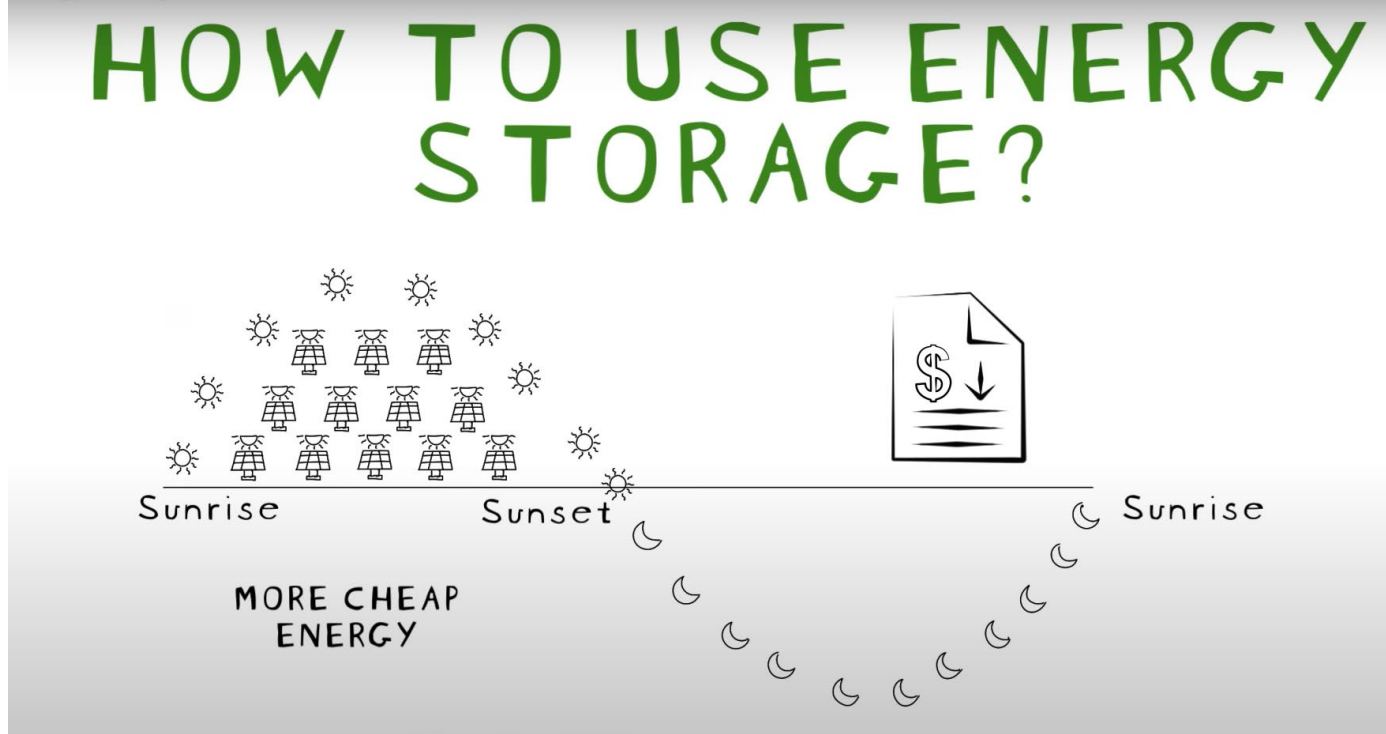
Enerji Dönüşümündeki Bariz Cevap, Yenilenebilir Enerji!

Başta güneş ve rüzgar tabanlı sistemler olmak üzere alternatif ve yenilenebilir enerji sistemleri, çevre dostu ve sürdürülebilir bir işletim sağladıklarından dolayı geleceğimiz açısından kilit bir rol oynamaktadır.

Yenilenebilir Enerji Problemleri



1. Birçoğu doğa koşullarına son derece bağımlı durumdadır.
2. Üretilen enerji sezonluk, günlük ve hatta anlık olarak bile büyük değişimler gösterebilmektedir.
3. Elektrik gücü talebi - Ördek Eğrisi (duck curve)



MEGAWATTS

35k

30

25

20

15

10

5

0

LESS SOLAR

MORE SOLAR

SOLAR PRODUCTION

12 AM

3 AM

6 AM

9 AM

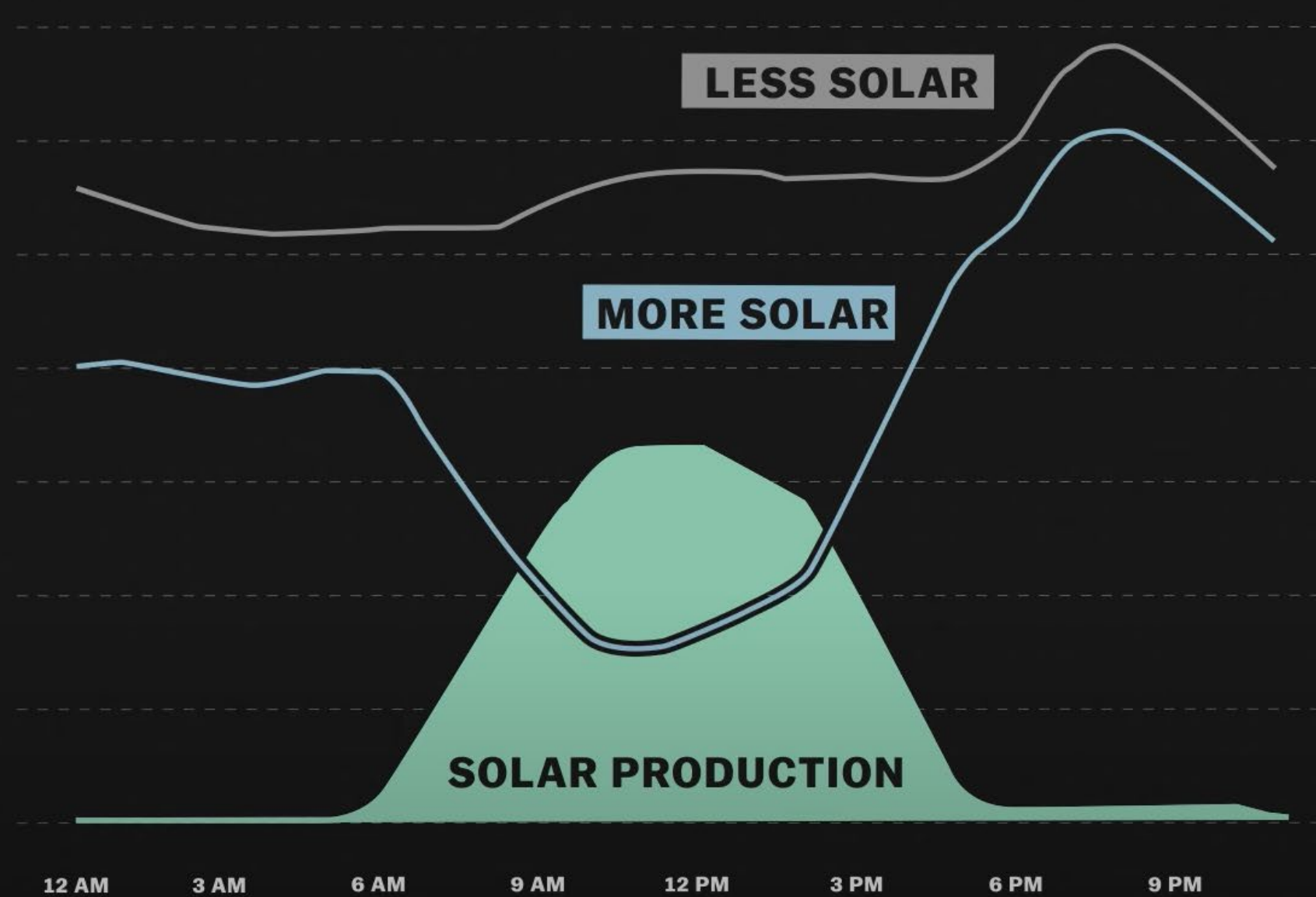
12 PM

3 PM

6 PM

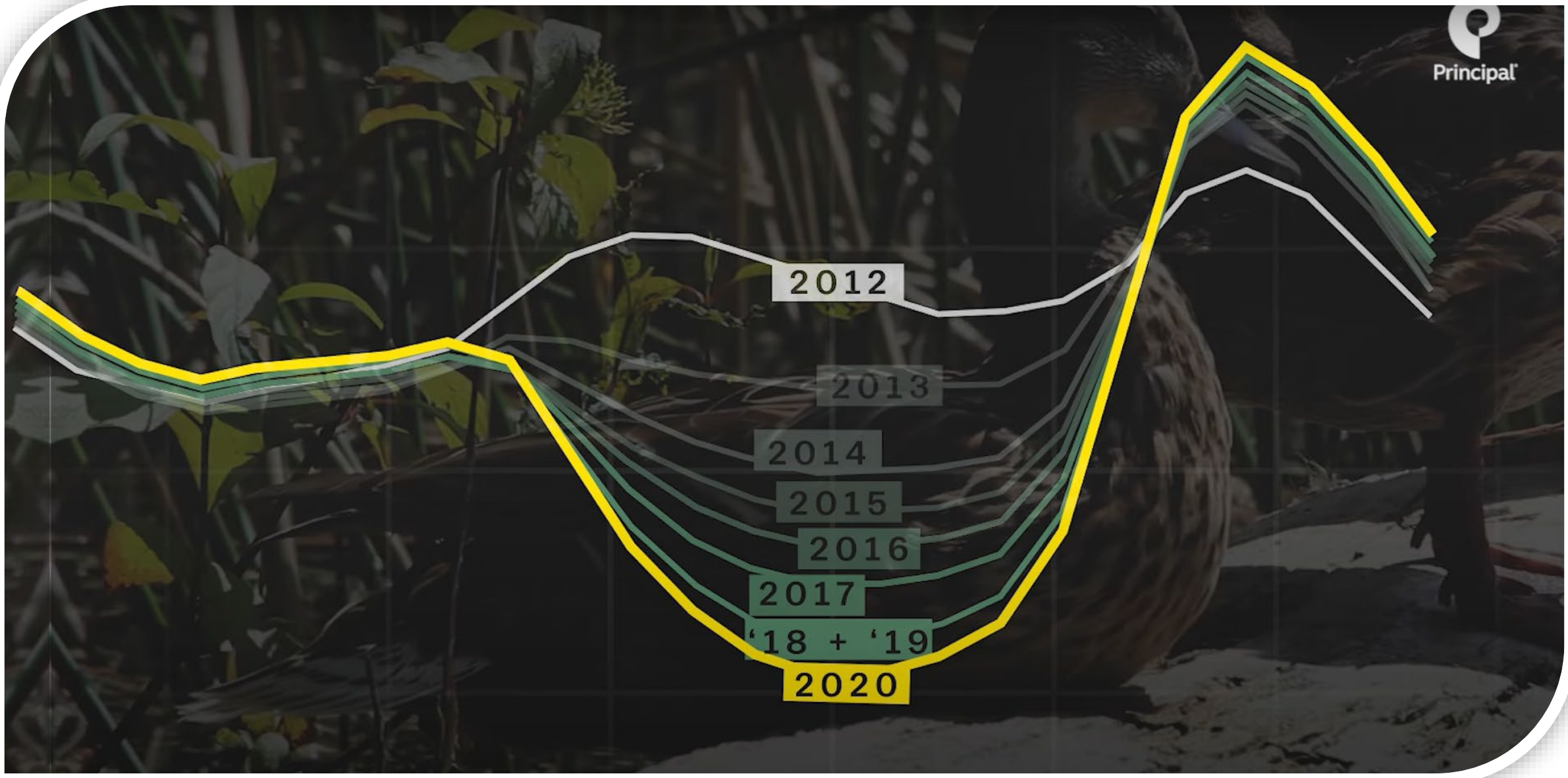
9 PM

HOURS





Principal



Nedir Bu Enerji Depolama?

- Bir enerji formunun başka bir enerji formunda veya aynı formda daha sonra tekrar kullanılmak üzere saklanmasına enerji depolama denir.
- Neredeyse tüm enerji formları (Kimyasal, Elektriksel, Mekanik vs) için enerji depolama imkânı bulunmaktadır.
- Enerji depolama sistemleri, mekanik, termal, elektro kimyasal, elektromanyetik, kimyasal, fosil yakıtlarla ve biyolojik depolama sistemlerinin hepsidir.
- Günümüzde güç santrallerinde kullanılan depolama sistemleri genellikle, mekanik, termal ve elektro kimyasal sistemlerdir.
- Enerji depolama sistemleri, güneş ve rüzgâr gibi kesikli ve değişken yenilebilir enerji kaynaklarının sürekliliğinin sağlanmasında ve bu kaynakların gelişmesinde önemli rol oynadığı gibi mevcut kaynakların da etkinliğini arttırmak için kullanılmaktadır.

Depolamanın Genel Kullanım Amaçları

01

Enerji Kalitesi (Power Quality)

Enerji kalitesinin sürekliliğini sağlamak için **sadece saniyeler ya da daha kısa süreler** mertebesinde yapılan depolama

02

Gücü destekleme (Bridging Power)

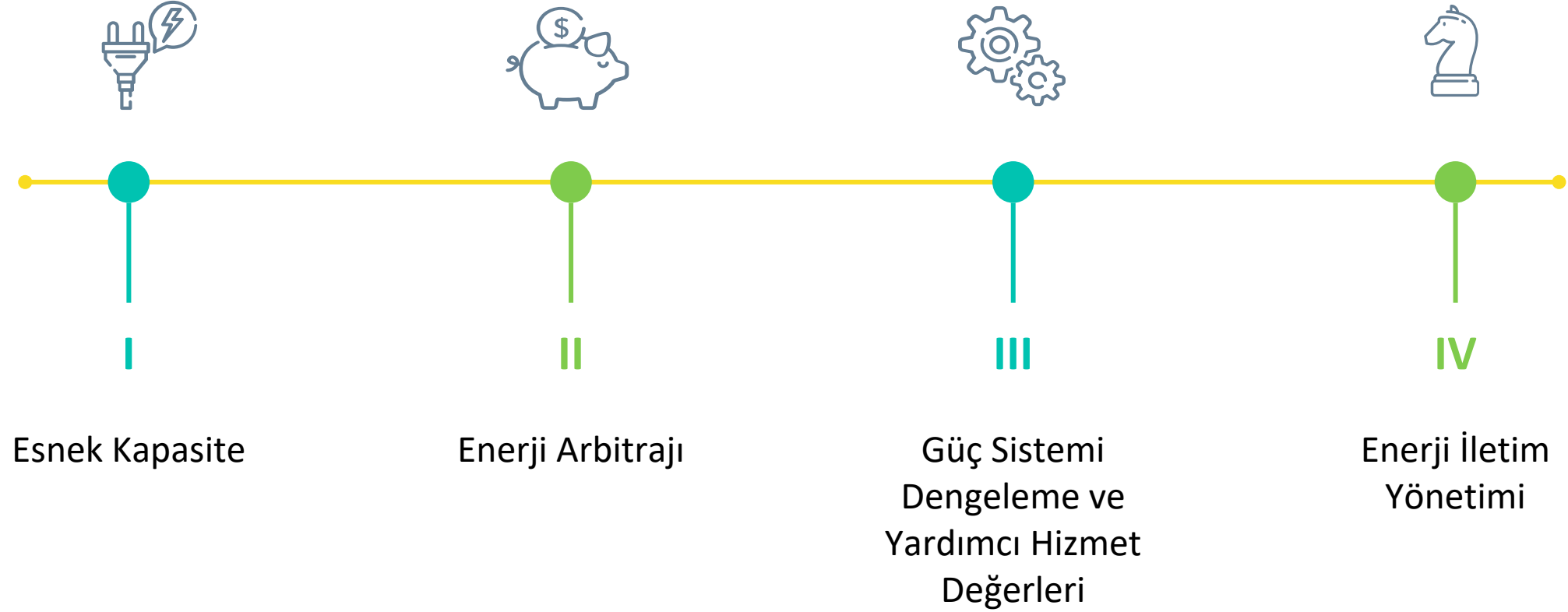
Farklı enerji üretim merkezlerini kesme/devreye almalarda enerjinin sürekliliğini sağlamak için yapılan depolama. **Saniyelerden dakikalar mertebesine kadardır.**

03

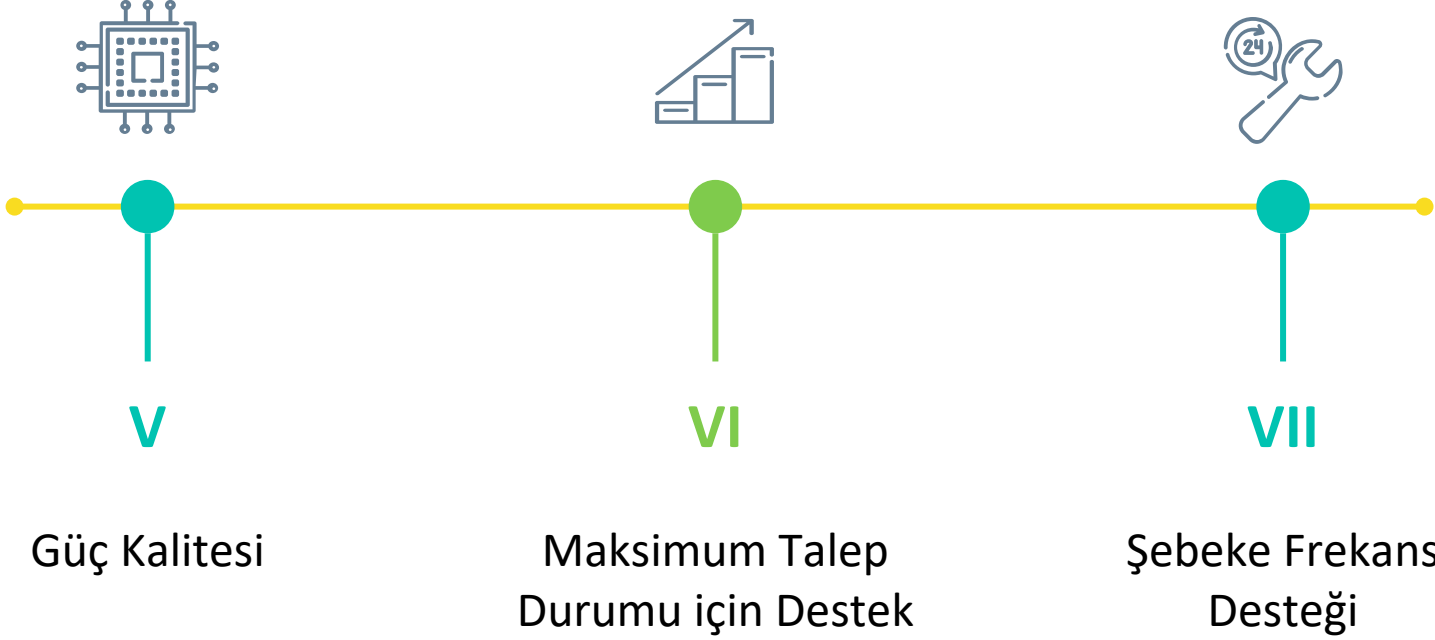
Enerji Yönetimi (Energy Management)

Üretim fazlası olduğu (ucuz olduğu) zamanlarda depolanması ve ihtiyaç zamanlarında kullanılmasıdır. **Saatlerden günler mertebesine kadar**

Enerji Depolama Sistemlerinin Şebeke Üzerindeki Uygulamaları I



Enerji Depolama Sistemlerinin Şebeke Üzerindeki Uygulamaları II



ENERJİ DEPOLAMA TEKNİKLERİ

Kimyasal

Hidrojen
Depolama

Sentetik
Doğalgaz

Elektriksel

Kapasitör

Süper
Kapasitör

Süper İletken
Manyetik

Elektrokimyasal

Elektrokimyasal
Kapasitör

Bataryalar

Yakıt
Hücreleri

Mekanik

Pompa
Hidro

Sıkıştırılmış
Hava

Volan

Isıl

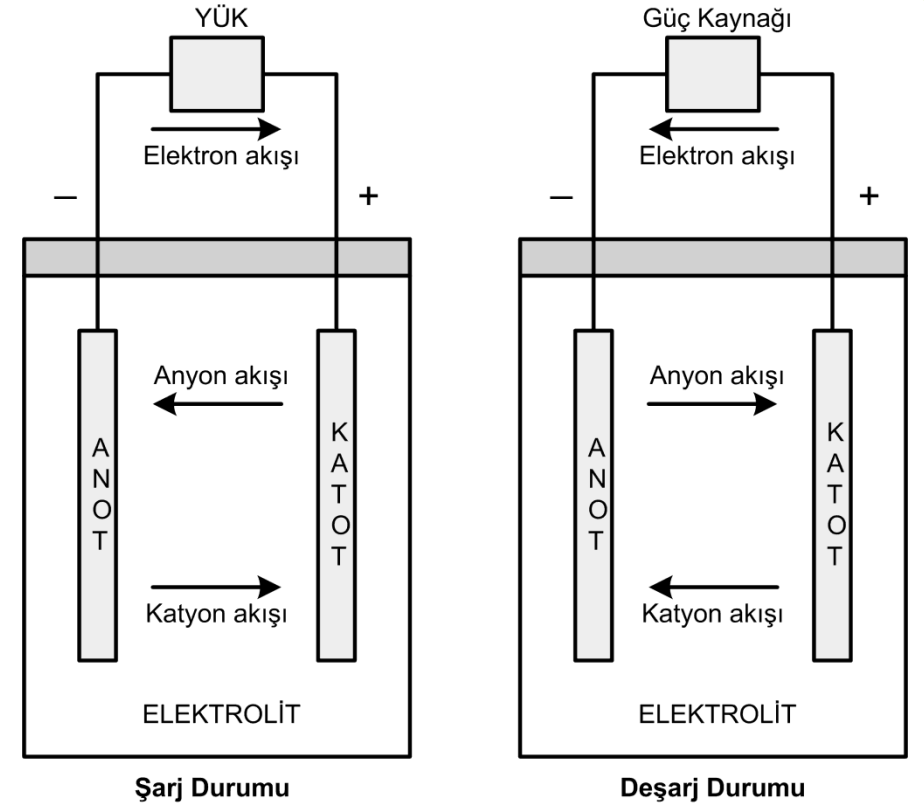
Termo-
Kimyasal

Duyulur Isı

Gizli Isı

Bataryalar I

- Bataryalar kimyasal reaksiyonla elektrik üreten sistemlerdir.
- Temel olarak iki farklı kimyasaldan oluşan batarya hücresi, biri negatif yüklü katoda ve diğer pozitif yüklü anoda bağlıdır. Bir cihaza bağlandığında negatif elektrot elektronları cihazın üzerinden pozitif kutba yani anoda doğru akar. Katot ve anot elektrolit denilen kimyasal ortam ile çevrilidir.
- Uygulamada farklı tipte bataryalar kullanılmaktadır, yaygın olarak tercih edilenler (i) **Kurşun-asit**, (ii) Nikel-kadmiyum (Ni-Cd), (iii) Nikel–metal hidrat (Ni-MH), (iv) **Sodyum Sülfür (NaS)**, (v) Sodyum Nikel Klor (ZEBRA) (Na-NiCl₂) ve (vi) **Lityum-iyon (Li-ion)** dur.



Bataryalar II

- Gelişen teknolojiyle birlikte ortaya çıkan akışkan bataryalar ise **vanadyum**, krom ve demir elektrokimyasını yaygın olarak kullanır.
- Her elektrik depolama bataryası kapasite, enerji ve güç çıkışı, şarj /deşarj seviyesi, verim ve kullanım ömrü olarak kendine özgü özelliklere sahiptir.
- Bu farklılıklar nedeniyle yönergeler, kullanım şekilleri, montaj ve muhafaza koşulları ile çalıştırma bakım ve atık yönetim şekilleri de farklıdır.
- Bataryaların, ağır olması, ömrünün görece kısa olması ve maliyetinin fazla olması da en büyük dezavantajlarıdır.



Lityum-Iyon (Li-ion) EK

- Lityum iyon (Li-ion) piller, deşarj sırasında lityum iyonlarının negatif elektrottan pozitif elektroda hareket ettiği ve şarj sırasında geri döndüğü bir tür şarj edilebilir pildir.
- Günümüzde bu çeşit piller elektronik cihazların yaklaşık hepsinde kullanılmaktadır.
- Lityum iyon pil, yüksek enerji depolama kapasiteleri, düşük iç direnç ve %90'ın üzerinde verimliliğe sahip olmalarından dolayı kullanımları yaygındır.
- Teknik olarak uygun sıcaklık ve maksimum kapasitelerine dikkat edilerek çalıştırılmalılar aksi halde lityum iyon pillerin verimleri azalır.
- Yüksek verimleri ve enerji yoğunlukları ile lityum iyon piller enerji kalitesinin önemli olduğu yerlerde, dağıtım sistemlerinde ve otomotiv alanlarında kullanım için çok uygundur

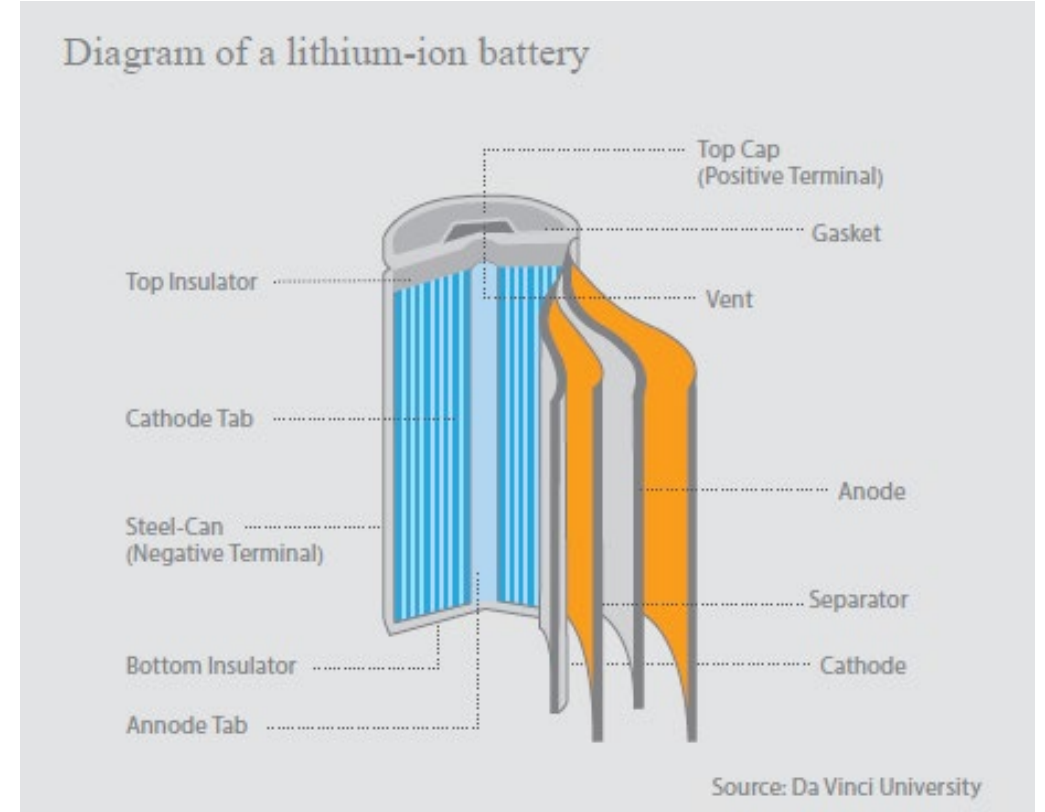
Lityum-lyon (Li-ion) II EK

Avantajları

- Son derece yüksek enerji yoğunluđuna sahiptirler
- Diğer teknolojilere göre daha iyi Şarj/deşarj d6ng6leri vardır.
- Yüksek verimlidirler.

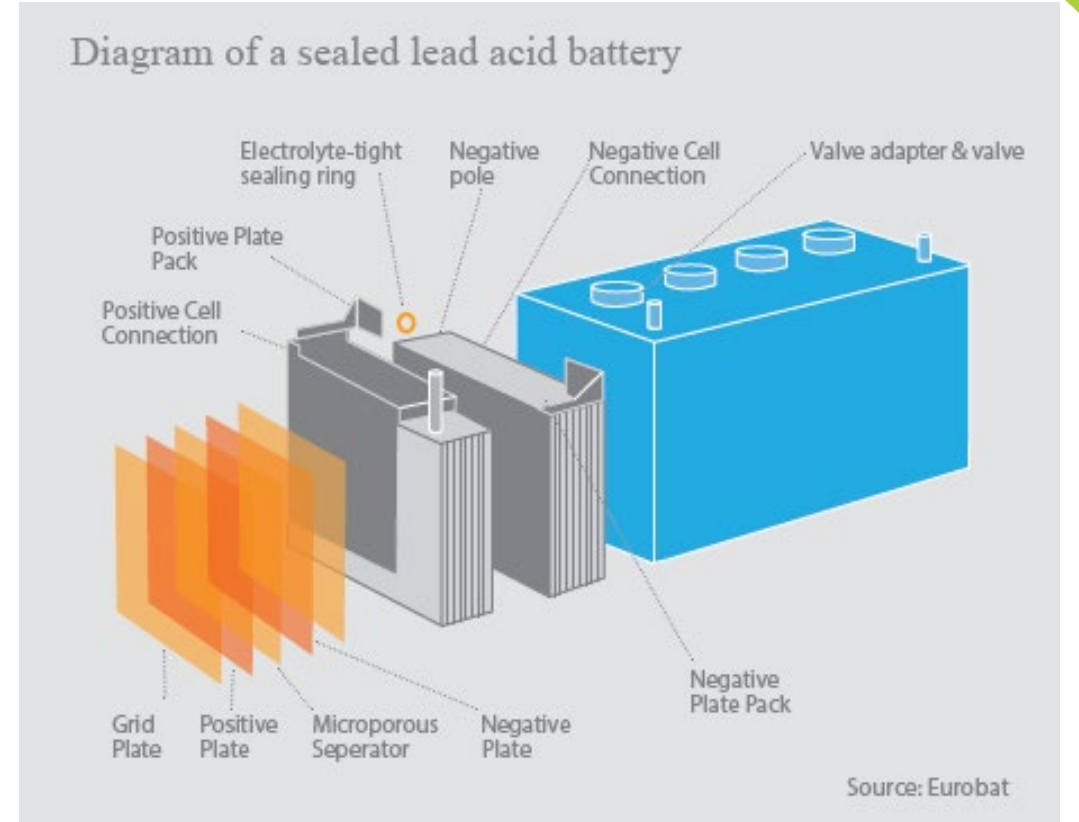
Dezavantajları

- Fiyat
- Sonuna kadar Deşarj olduklarında ve aŐırı y6klediklerinde sorun 6ıkartırlar.
- Isınma



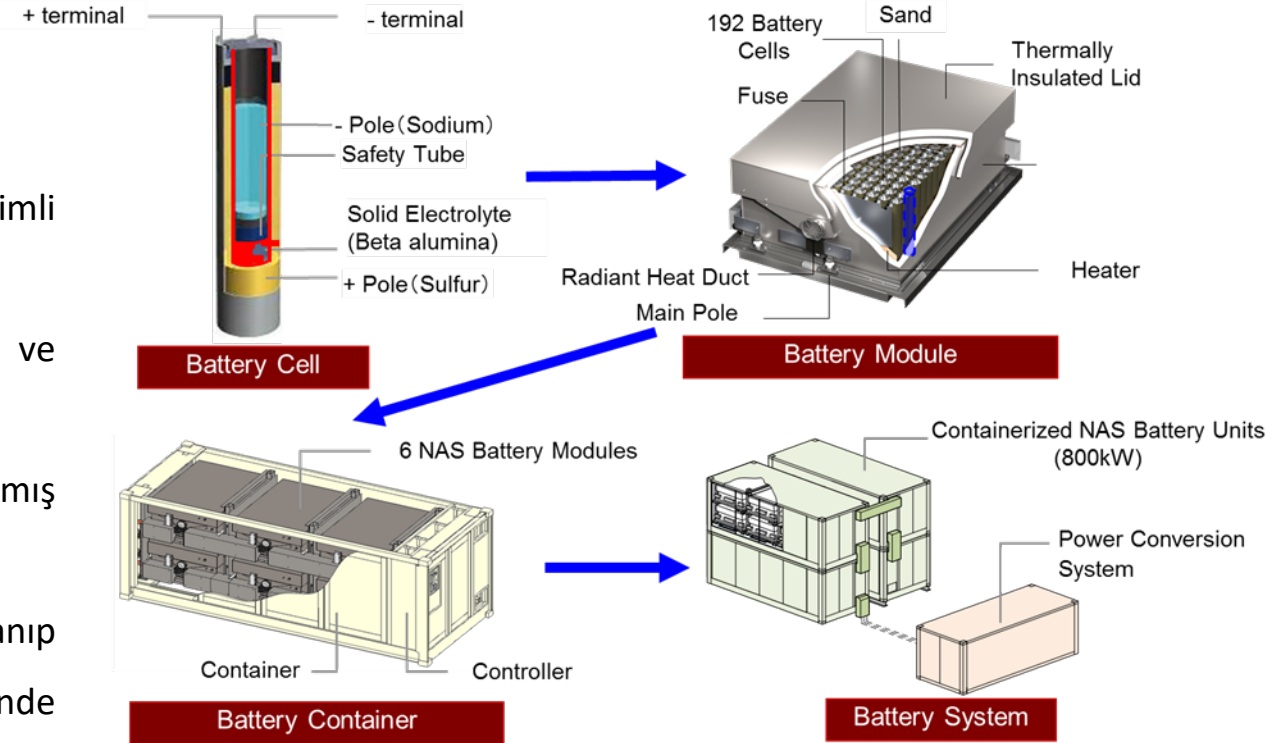
Kurşun Asit (Lead Acid) EK

- Kurşun asit pilleri en eski ve olgun teknolojiye sahiptir. Temel formda, negatif elektrotta kurşun içerir, pozitif elektrotta kurşun dioksit ve elektrik yalıtım tabakası bulunur.
- Deşarj için sulandırılmış sülfürik asit, sülfat iyonları sağlar.
- Güç kalitesi için düşük maliyetli depolama uygulamalarında genellikle kurşun asit piller kullanılır; ancak
- Uygulamaları sınırlıdır çünkü kısa bir kullanım ömrü vardır.
- Kurşun asit piller otomobillerde, motosikletlerde, botlarda ve çeşitli diğer endüstrilerde, çalışma, aydınlatma ve ateşleme amacı ile kullanılır.
- **Avantajları** ise düşük maliyeti, yüksek güç yoğunluğu, düşük ve yüksek sıcaklıklarda yüksek performans, servis ağının yüksek olması ile bakımının kolay olmasıdır.
- **Dezavantajları** ise kısa süreli kullanım ömrü, enerji saklama süresinin az olması (kendi kendine deşarj olması) ve deşarj olurken depolama yapmadaki zayıflığı denebilir.



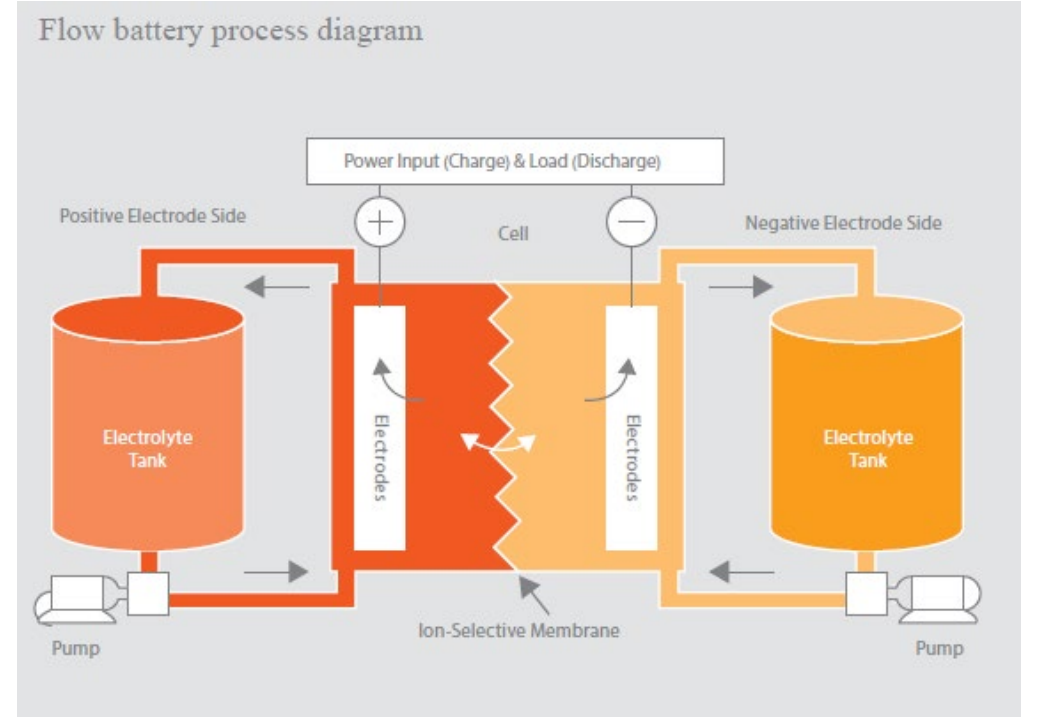
Sodium Sulphur (NaS) EK

- Sodyum sülfür pil, sodyum (Na) ve sülfürden (S) yapılmış erimiş haldeki bir pildir.
- Akü muhafazası pozitif elektrot iken erimiş çekirdek negatif elektrottur.
- 300-350 ° C arasındaki yüksek sıcaklıklarda çalışır.
- Yüksek enerji yoğunluğu, uzun döngü ömrü, hızlı reaksiyon süresi, verimli ve yüksek sayıdaki şarj/deşarj döngüsü avantajlarıdır.
- Isıtma gereksinimi, Yangın riski ve erimiş sodyum başlıca risk ve dezavantajlarıdır.
- Dünyada yaklaşık 400 e yakın NaS şebeke entegrasyonu yapılmış depolama tesisi vardır; ancak bunların çoğunluğu Japonyadadır.
- Birleşik Arap Emirliklerinde rüzgar santrallerinden gece enerji depolanıp gündüz daha fazla ihtiyaç olduğunda şebekeye verilmesinde kullanılmaktadır.



Redoks Bataryalar (Flow Batteries) EK

- Redoks bataryalar (flow battery olarak ta adlandırılmaktadır) elektrokimyasal bir enerji depolama sistemidir.
- Elektrolitler aktif malzemeleri içerir ve bir birinden ayrı tanklarda depolanır. Tanklar ayrı olduğundan çalışmadığı zaman negatif ve pozitif aktif maddeleri arasında temas yoktur. Dolayısıyla kendiliğinden deşarjı oldukça küçüktür.
- Çalışır durumdayken; tanklar içinde yer alan aktif madde içeren elektrolit bir pompa yardımıyla tankların dışındaki sistem içinde dolaştırılır. sistem yakıt pillerinde de kullanılan membranlarla ayrılmıştır.

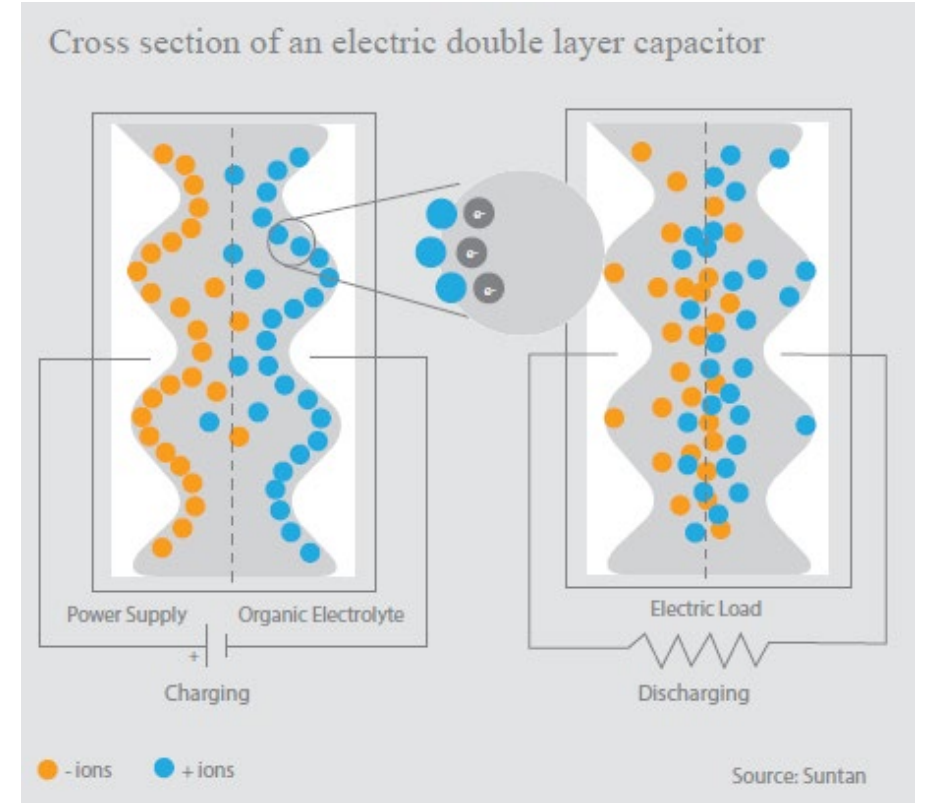


Redoks Bataryalar (Flow Batteries) II EK

- İlk yapılan şekli Zn/Cl batarya olup Zn/Br, vanadyum (1.41 V at 25 °C) ve sodyum sülfat/sodyum polisülfat kullanan çeşitleri bulunmaktadır. **Bataryanın kapasitesi kullanılan elektrolitin miktarı arttırılabildiğinden rüzgar santrallerinde yüksek miktarda enerjinin depolanması için kullanılabilir.**
- Bir çok avantajı olsa da düşük enerji yoğunluğu ve ticari olarak olgunluğa erişmemesi dezavantajlarıdır.
- Yük dengeleme, yedek güç ve yenilenebilir enerji şebeke entegrasyonu gibi bir çok uygulamada kullanılabilir.
- Çib Dalian'da 200 MW/800 MWh lik bir vanadyum redoks batarya sistemi bulunmaktadır. Santral pik zamanlarda şebekeye güç sağlama, şebeke stabilizasyonu ve yedek güç sağlama görevlerinde çalışmaktadır.

Süper Kapasitörler ϵ

- Ultrakapasitör ve süperkapasitör deyimi genel olarak sıvı elektrolit içerisindeki çok yüksek yüzey alanına sahip karbon iki elektrot arasında elektrik depolayabilen cihaza verilen genel addır. Enerji elektrotlar arasında şarj transferiyle depolanır.
- Depolayabildiği enerji düşük olmasına karşın güç seviyeleri yüksektir. Çok hızlı şarj/deşarj olabilmesi, 10000'den fazla şarj/deşarj çevriminii rahatlıkla sağlaması önemli avantajlarıdır.
- Süper kapasitörler çok hızlı şarj/deşarj olabildiği için enerjinin depolanmasından çok gücün dengelenmesinde kullanılmaktadır.
- Pahalı olması, düşük enerji yoğunluğu ve kendi kendine çok hızlıdeşarj olması dezavantajlarıdır.
- Şebeke ölçekli kurulumları çok sınırlıdır.

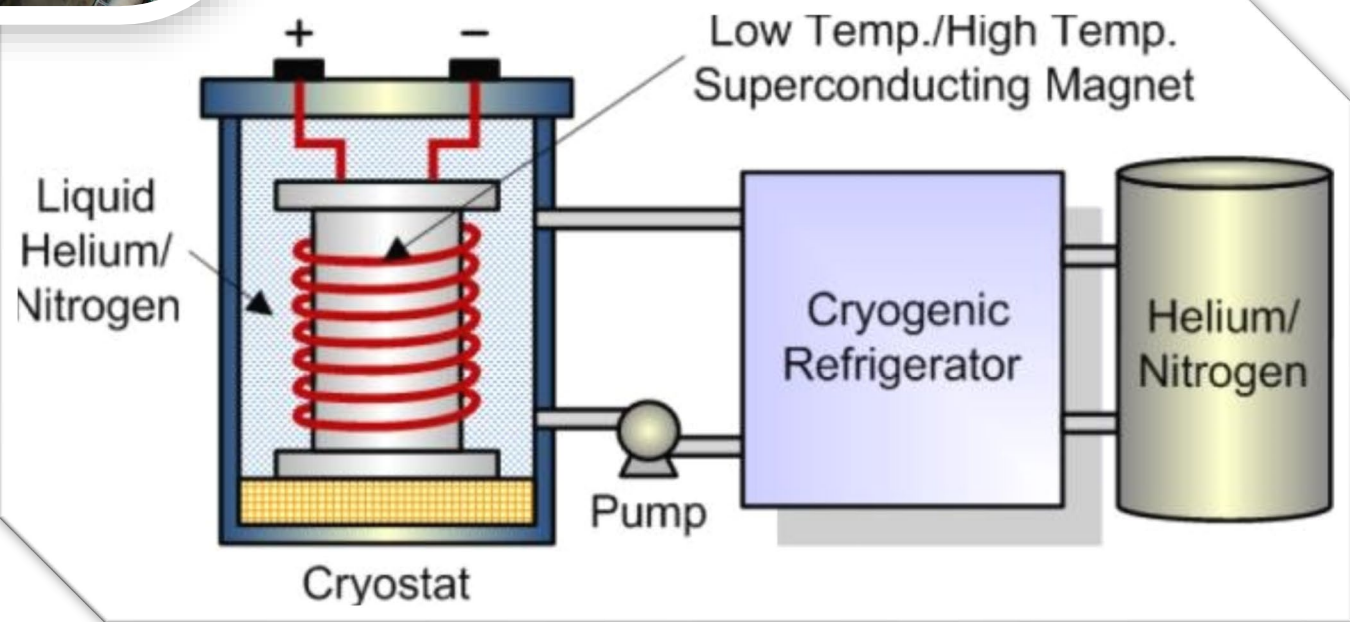
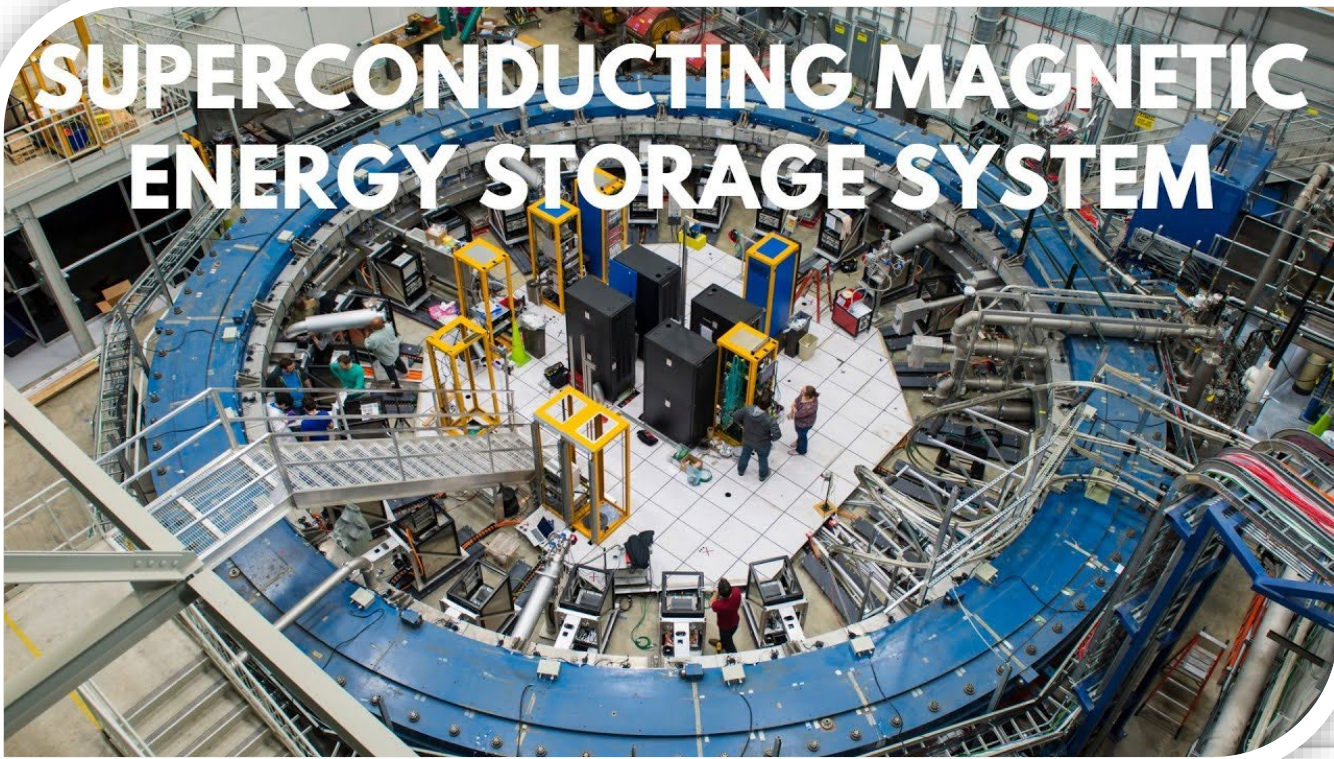


Superconducting Magnet Energy Storage

Süperiletken manyetik enerji depolama (SMES) E

- Bu sistemlerde depolama şekli en basit anlatımla, süperiletken bobin içerisindeki akan akım ile oluşan manyetik alan içerisinde enerjinin depolanmasıdır.
- Süperiletken manyetik enerji depolama (SMES) sisteminin temel olarak içinde şu bileşenler vardır; süperiletken bobin (cryostat), enerji dönüşüm sistemi (bobin içi ve dışına enerji transferi için) ve soğutma sistemidir. En çok kullanılan süperiletken malzeme Niobium- Titanium (NbTi) dir. Efektif operasyon derecesi -271 derecedir.
- SMES'nin avantajları, çok yüksek verimlilik (yaklaşık %97–98), çok kısa sürede isteklere cevap verme (20–30 ms), aktif ve reaktif gücün bağımsız kullanılabilmesi, uzun ömürlü olmaları diye sıralanabilir.
- Yukarı da bahsedilen özellikleri ile birçok alanda kullanılan depolama tekniğidir. Özellikle elektrik şebeke sisteminde pik yüklerin karşılanması, frekans kontrolü, sistem kararlılığı ve yük akışı kontrolü gibi önemli noktalar için kullanılacak özellikleri ile diğer depolama tekniklerinden ayrılan yegâne depolama birimidir.
- Operasyon sıcaklığı'nın düşüklüğü ve çok pahalı olması sebebiyle şebeke boyutlu uygulamaları şimdilik çok kısıtlıdır; ancak süperiletken malzemelerin gelişen teknolojilerle birlikte yükselen çalışma sıcaklıkları sayesinde kullanım alanları artmaktadır.

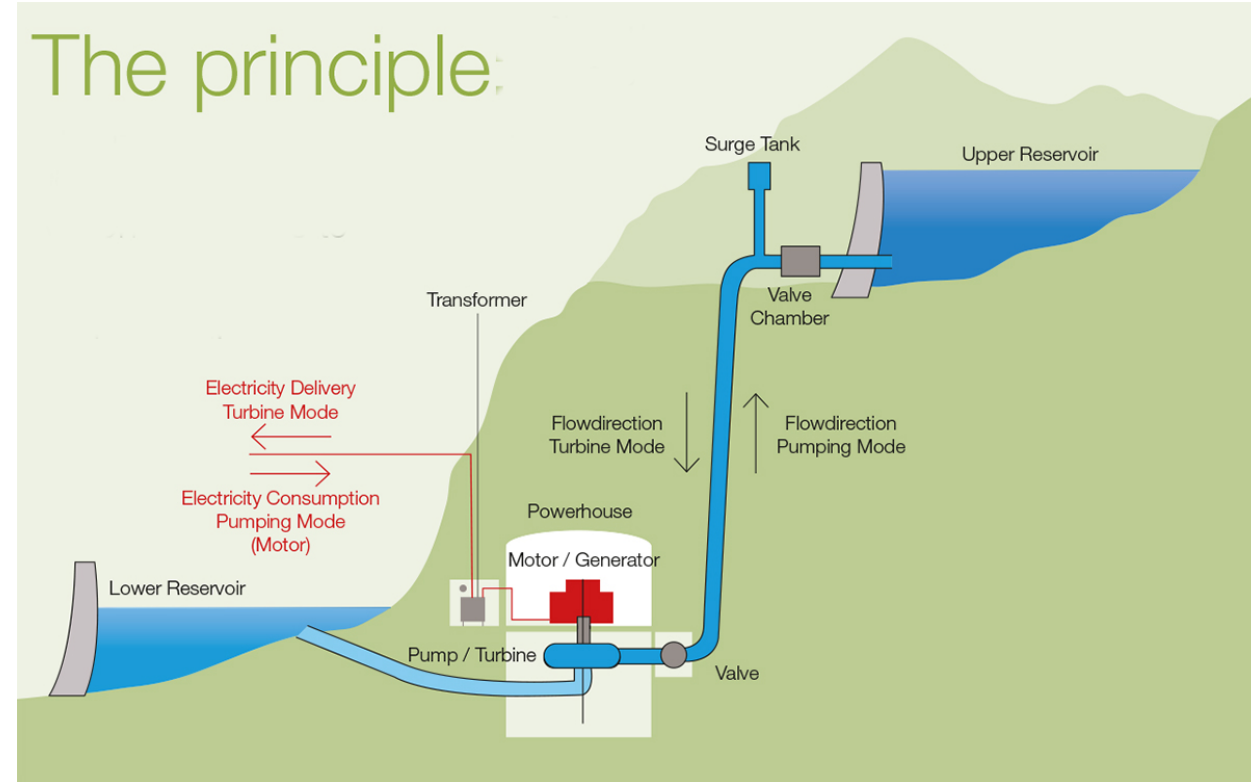
SUPERCONDUCTING MAGNETIC ENERGY STORAGE SYSTEM



Pumped Hydro Energy Storage (PHES) M

Pompalı Hidro

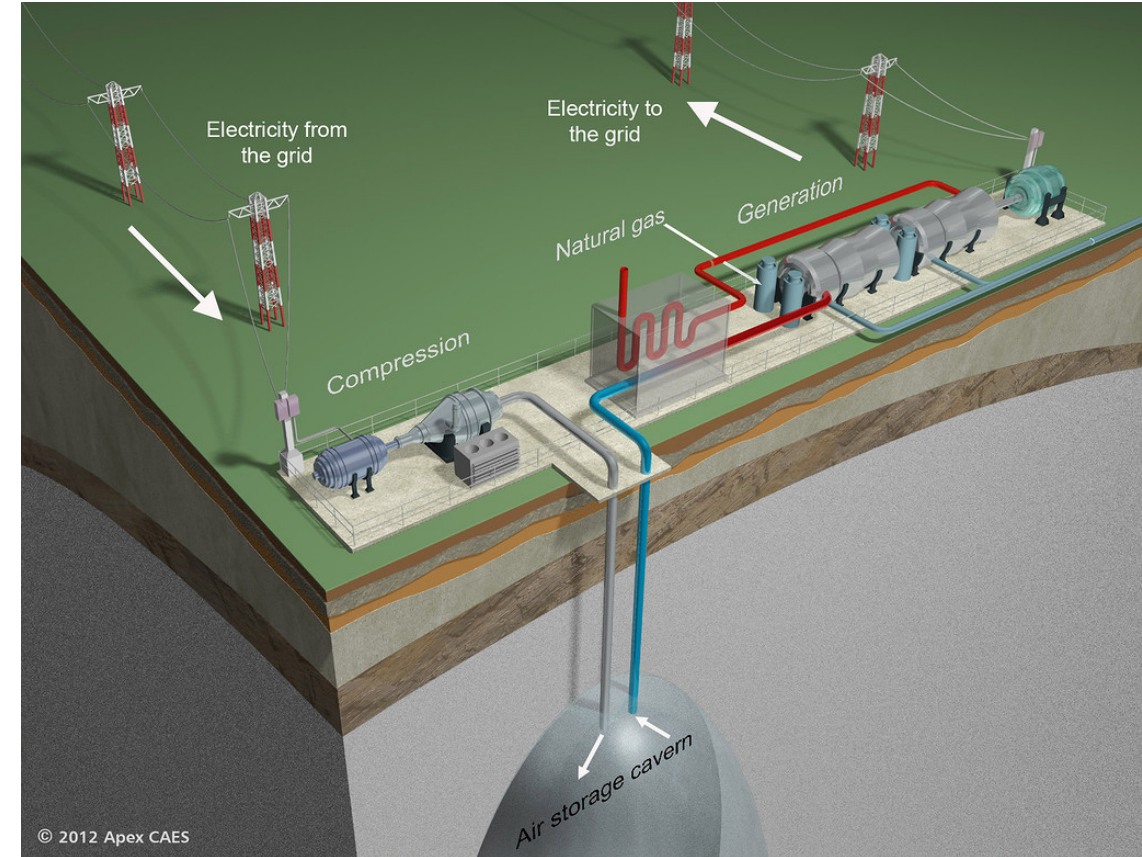
- Suyun hidrolik enerjisinden faydalanmak için potansiyel enerji şeklinde depolanmasıdır.
- Su kaynağına yakın kot farkı olan bölgelerde yüksek noktada bir gölet oluşturularak düşük seviyelerdeki asu yüksek noktalara pompalanarak depolanır.
- Elektriğin çok az kullanıldığı zamanlarda su düşük seviyeden yüksek seviyeye pompalanarak enerji depolanır ve ihtiyaç olduğu zamanlarda tekrar elektrik üretilebilir.
- Bazı seviyesi yüksek hidrolik barajlarda hazneli pompalı sistemler kullanarak depolama kapasiteleri artırılır böylece üretecekleri enerji miktarı arttırır.
- Coğrafi olarak uygun alan gerektirir.
- Dezavantajı büyük hacimli göletler ekolojik dengeyi değiştirmektedir.
- Dünyada kurulu depolama kapasitesinin yaklaşık %95i pompalanmış su sistemlerinden oluşmaktadır.





Compressed Air Energy Storage (CAES) M Sıkıştırılmış Hava ile Enerji Depolama

- Hava enerjisi 19yy.dan beri maden ocaklarındaki güç lokomotiflerinde, savaş gemilerinin torpidolarına itici güç sağlanmasında temel teşkil etmiştir. Bu yüzden hava enerjisi ve bu enerjiyi kullanma, depolama fikri pek de yeni sayılmaz.
- Sıkıştırılmış hava depolama sistemi, bir hava depolanma tankının içinde enerjinin yoğun kullanımın gerektirmediği yani düşük kullanımın olduğu zamanlarda bir kompresör vasıtasıyla enerjinin depolanmasını sağlar.
- Rezervuar çeşidi genellikle şunları içerir: **doğal yeraltı kaynakları, erimiş tuz solüsyonları ve kayalardan oluşan fiziksel oluşumlar.**
- Bir CAES santralinin depolama net verimliliği sıkıştırmada meydana gelen sıcaklıktan dolayı sınırlanır. Enerji depolama verimliliği yaklaşık %75 civarındadır.



Flywheels (Volanlar) m

- Volanlar atalet momenti prensibiyle çalışır. Depolama kinetik enerji şeklindedir.
- Volan, mekanik sistemlerde darbeli çalışan yüklerde, tahrik gücünün fazla olduğu periyotlarda fazla enerjiyi üzerine alır, yük talebinin arttığı periyotlarda bu enerjiyi yüke aktararak yük dengelemesi yapar.
- Girişinde enerjiyi elektrik enerjisi olarak alır ve motor çalışmayla kinetik enerjiye dönüştürür. İhtiyaç halinde bu enerjiyi jeneratör çalışmayla tekrar elektrik enerjisi şeklinde çıkış olarak verir.
- Özellikle doğrusal hareketin dönme hareketine çevrildiği mekanik tahrik sistemleri için ideal bir çözümdür. Bu kapsamda volan, mekanik bir batarya görevi üstlenmektedir.
- günümüzde gelişen teknoloji sayesinde elektrik – mekanik dönüşümlerinin yapıldığı uygulamalar ile verimleri artarken kullanım alanları gittikçe yaygınlaşmaktadır.
- **Avantajları;** Hızlı yanıt süresi, Düşük bakım gereksinimleri ,Güç kalitesinin efektif bir şekilde korunabilmesi ve Mekanik olduğu için neredeyse sınırsız sayıda sarj/deşarj döngüsü
- **Dezavantajları;** Volanın arızalanması durumunda parçaların dağılması ve tehlike arz etmesinin önüne geçmek için sağlam kasaların içinde olmalıdır yerleştirilmelidir. Enerji çıkışında değişken dönüş hızına sahiptirler. Malzemelerin yüksek hassasiyette üretilmesinden dolayı pahalıdırlar.

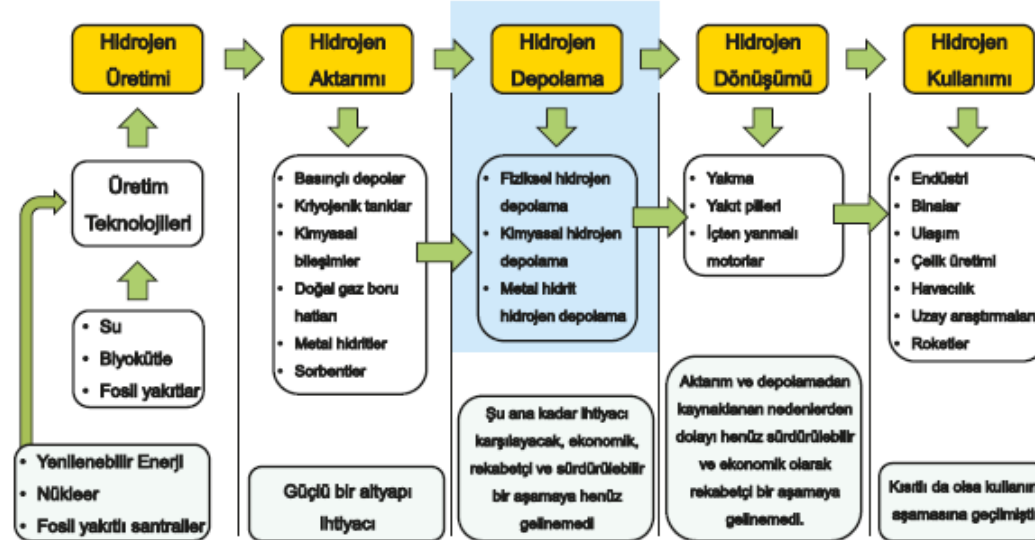
Flywheels (Volanlar) II m

- Güç yoğunluğu yüksek, enerji yoğunluğu düşüktür. **Süper kapasitörlerde olduğu gibi kısa süreli depolamalarda etkindir.**
- Volanlar hızlı şarj ve deşarj kabiliyetinden dolayı **üretimdeki dalgalanmaları yumuşatarak güç kalitesini iyileştirmek için kullanılırlar**

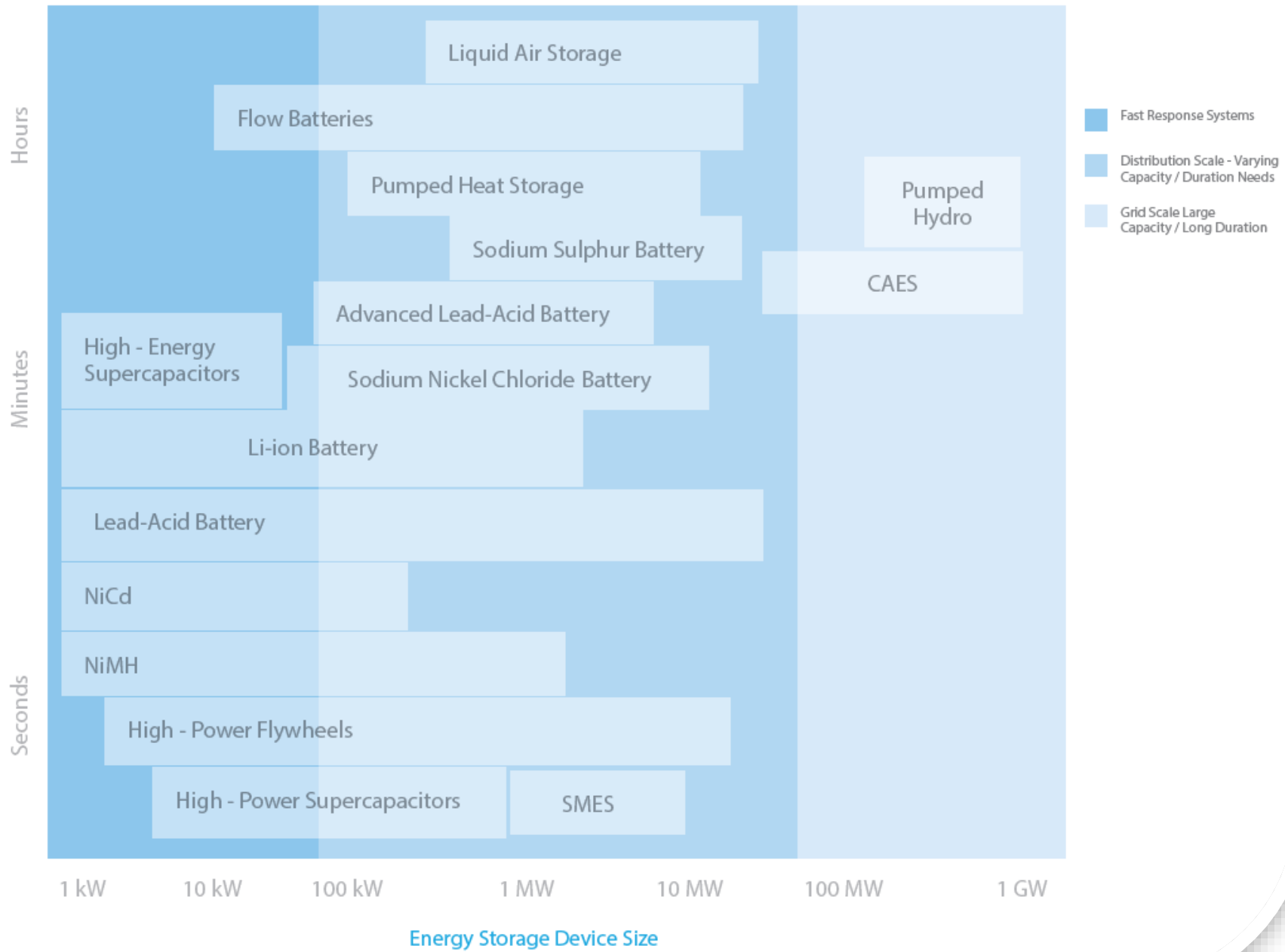


Hidrojen Depolama Teknolojisi

- Rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir kaynaklı enerjilerin kimyasal olarak depolanmasında ve sıfır-atık ile güç üretilmesinde hidrojen teknolojisinden yararlanılabilir.
- En basit anlamda güneş panellerinden veya rüzgâr türbinlerinden elde edilen elektrik enerjisi suyun elektrolizi yoluyla hidrojenin elde edilmesinde kullanılabilir. Elde edilen hidrojen, uygun depolama teknikleri kullanılarak sıvı veya gaz formunda üretildiği yerde saklanabilir veya farklı bir yerde tüketilmek üzere taşınabilir.
- Yakıt pilleri hidrojenden elektrik elde edilmesinde kullanılmaktadır. Yakıt pilinde hidrojen elektriğe dönüşürken yalnızca su açığa çıktığından çevreye ve insan sağlığına olumsuz yan etkiler içermemektedir. Hidrojen teknolojisi bu nedenle üretiminden tüketime kadar bütünüyle çevre dostu olarak işletilebilmektedir.



Discharge Time at Rated Power



Teşekkürler!

Sorularınız ve irtibat için:

oerdogan@guris.com.tr

+380 63 278 76 89

www.guris.com.tr

