

POMPALI DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK SANTRALLAR

Muzaffer Başaran
EÜAŞ Emekli Genel Müdür Yrd.
MMO İstanbul Şube Enerji Komisyonu Başkanı

ICCI 2023, İFM, İstanbul

Muzaffer Başaran zgeçmiş

1952'de Isparta'da doğdum. İlkokulu 1963 yılında Burdur Tefenni'de, Ortaokulu 1966 yılında Antalya Lisesi Ortaokulunda, Liseyi 1969 yılında İstanbul Kabataş Erkek Lisesinde bitirdikten sonra Etibank bursuyla İngiltere'ye gittim. Newcastle Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünden 1974'de lisans ve 1975'de master diplomaları aldım.

1975'de işe başladığım TEK Genel Müdürlüğünde 7 yıl Ankara'da Santrallar Proje ve Tesis Daire Başkanlığında Mühendis ve Başmühendis, 11 yıl Afşin Elbistan Termik Santralında Başmühendis, şube Müdürü, Tesis Grup Müdürü, 5 yıl Kemerköy Santralında Tesis Grup Müdürü ve Kemerköy Elektrik Üretim ve Ticaret A. ř. Genel Müdürü, 3,5 yıl Yeniköy Santralında Yeniköy Elektrik Üretim ve Ticaret A. ř. Genel Müdürü olarak görev yaptıktan sonra Ekim 2001'de Ankara'ya döndüm. 1.10.2001 tarihinde Elektrik Üretim A. ř. Genel Müdür Yardımcılığı ve Yönetim Kurulu üyeliği görevine başladım. 17.10.2006 tarihinde kamudan emekli oldum ve 01.11.2006 tarihinde H. Ö. Sabancı Holding A. ř. Enerji Grup Başkanlığı Danışmanı olarak çalışmaya başladım. 2012'de Hattat Grubunda Santrallar Yatırım Koordinatörü olarak çalıştım. 2013 şubat'tan 2021 şubat sonuna kadar TEYO Yatırım ve Dış Ticaret A. ř. Genel Müdürlüğünü yürüttüm. 2 yıldır da Serbest Danışman olarak çalışıyorum.

Yurt içi ve yurt dışında çok sayıda konferans ve toplantıda konuşmacı olarak yer aldım.

1978'de Türkan hanımla evlendim ve birisi 42, diğeri 38 yaşında Makina Mühendisi iki oğlum var. Büyük oğlumdan iki kız, küçük oğlumdan bir erkek torunum var. İyi derecede İngilizce ve orta derecede Almanca bildiğimi sanıyorum. BJK, DEK TMK, TESAB, Kabataşlılar Derneği ve MMO İstanbul şubesi Enerji Komisyonu üyesiyim.

- **ENERJİ DEPOLAMA NEDİR?**
- **PDHES NEDİR?**
- **DÜNYADA PDHES UYGULAMALARI**
- **TÜRKİYE'DE PDHES ÇALIŞMALARI**
- **GÖKÇEKAYA PDHES PROJESİ**
- **SONUÇ**

Enerji Depolama

Nedir?

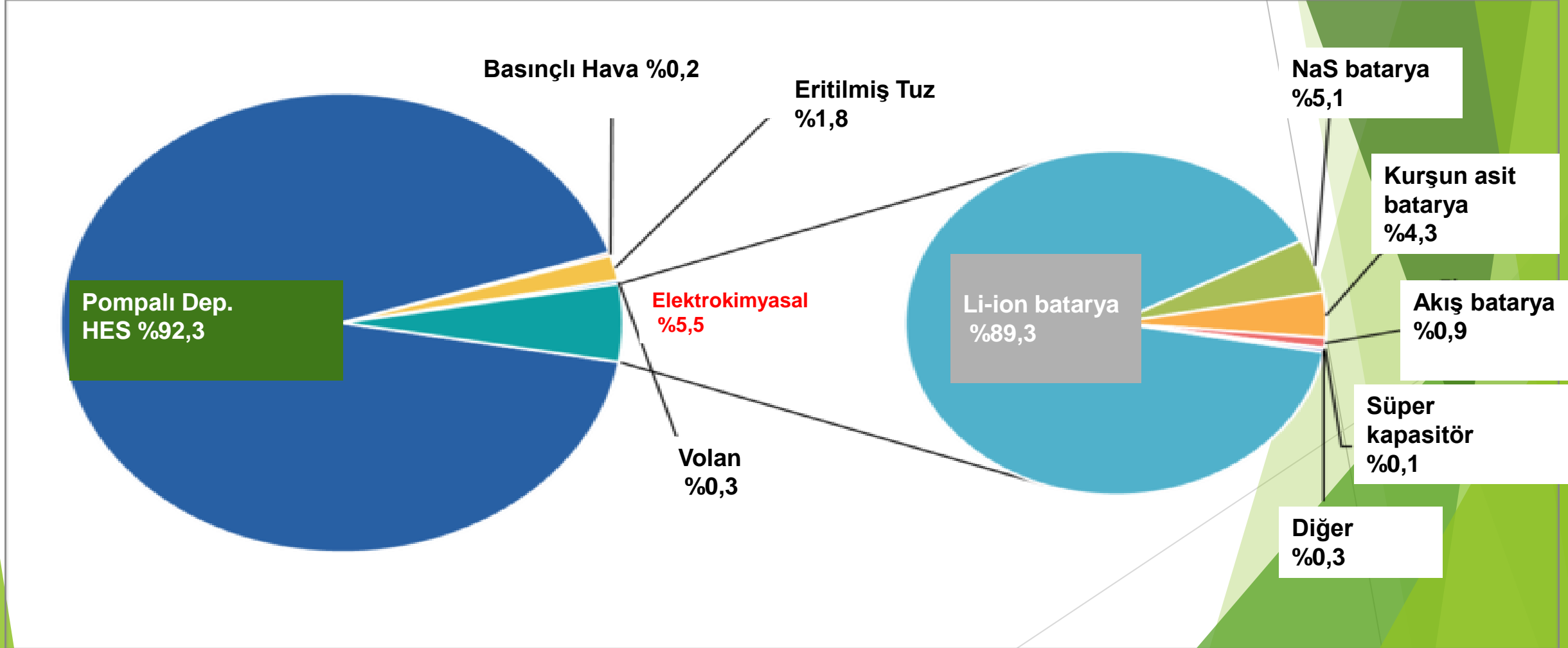
Enerji Depolama Nedir?

- Enerji Depolama, ihtiyaç dışı elektriğin başka bir enerji formuna dönüştürülmesi ve onun da minimum kayıpla tekrar elektriğe dönüştürülmesidir. Bu elektrik arzı ve talebi arasındaki farkı azaltmak için yapılır. Enerji Depolama, hem konvansiyonel elektrik üretim kaynaklarına, hem de yenilenebilir enerji kaynaklarına uygulanabilir.
- Enerji depolama yük dağıtım kabiliyetini artırır, talep artışında elektrik enerjisini sağlar ve arz ve talep arasındaki farkı azaltarak yeni santral yatırım ihtiyacını azaltır.

- **Pompaalı Depolamalı HES'ler (Pumped hydro energy storage) (PDHES)**
- **Basınçlı Hava Enerji Depolama (Compressed air energy storage) (CAES)**
- **Termal enerji depolama (Thermal energy storage) (TES)**
- **Kinetik enerji depolama sistemi (Kinetic energy storage system) (Volan, Flywheels)**
- **Bataryalar**
- **Süper Kapasitörler**
- **Süper İletkenli Magnet**
- **Hidrojen Yakıt Hücreleri**

Dünya'da Enerji Depolama Teknolojilerinin Payları (%)

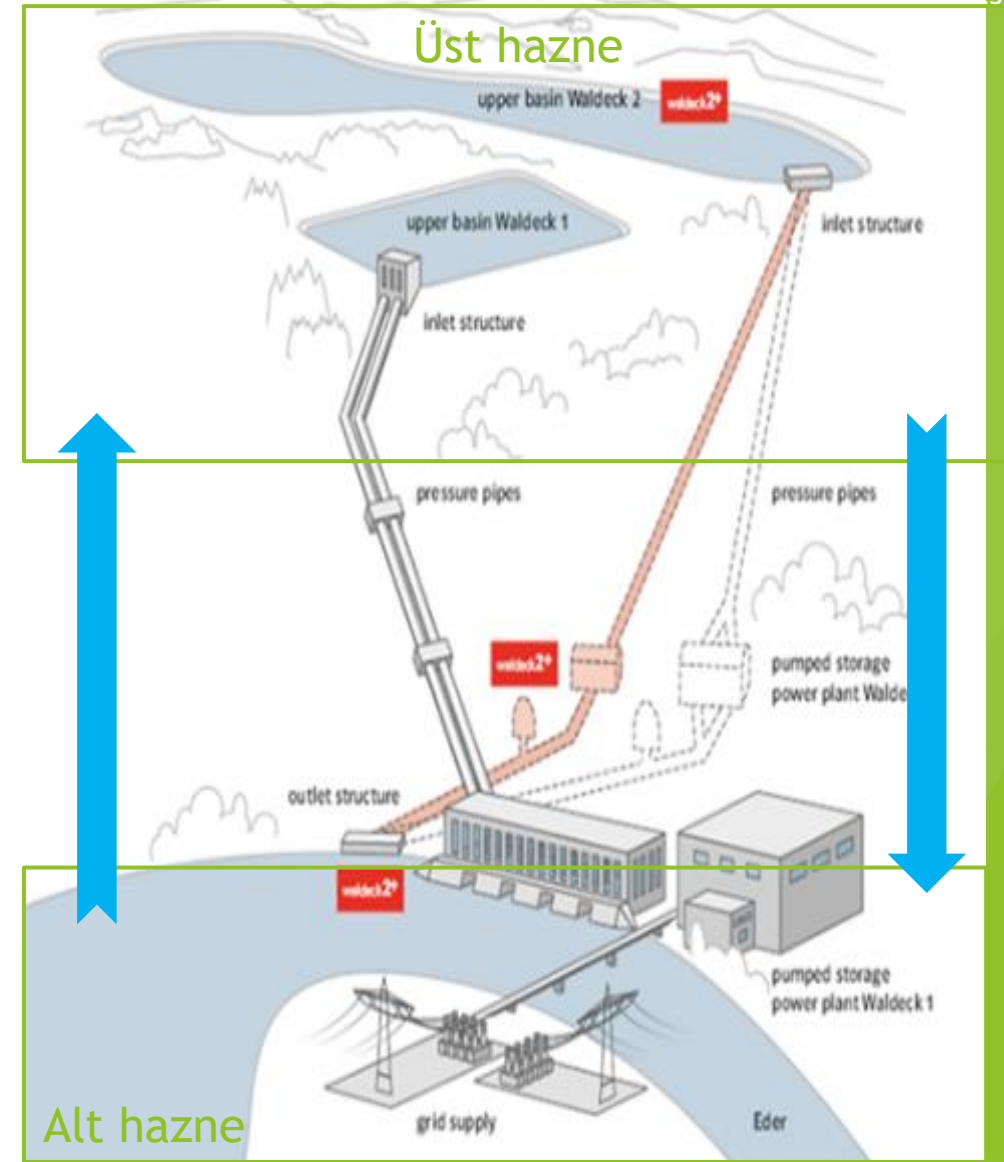
Haziran 2020 itibariyle Dünya Enerji Depolama Kapasitesi 185,3 GW olmuştur.



Pompaalı Depolamalı

HES Nedir?

Biri alt hazne, diğeri üst hazne olmak üzere en az iki haznedan oluşan, sistemde arz-talep dengesinin sağlanması amacıyla elektrik talebinin düşük olduğu zaman diliminde suyun üst hazneye pompalanarak hidrolik güç olarak biriktirildiği, elektrik talebinin yüksek olduğu zaman diliminde üst haznedan suyun türbinden geçirilerek elektrik üretildiği tesislerdir.



Waldeck 1 PHES 120 MW
Waldeck 2 PHES 400 MW

POMPALI DEPOLAMALI HES (PDHES) ŞEMATİK GÖRÜNÜMÜ

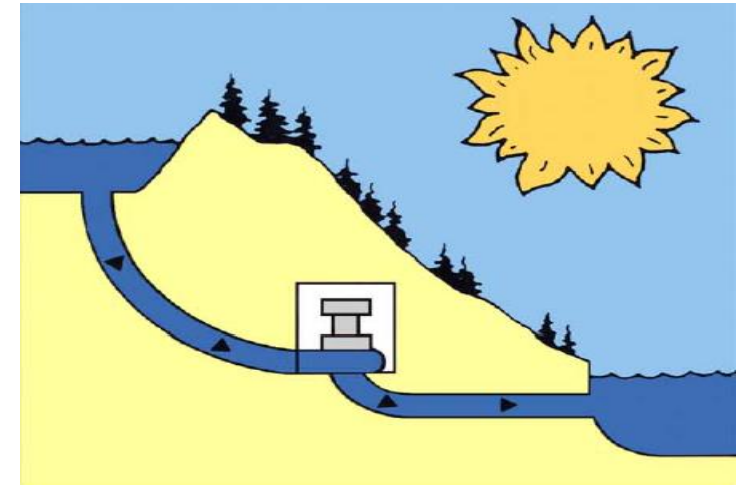
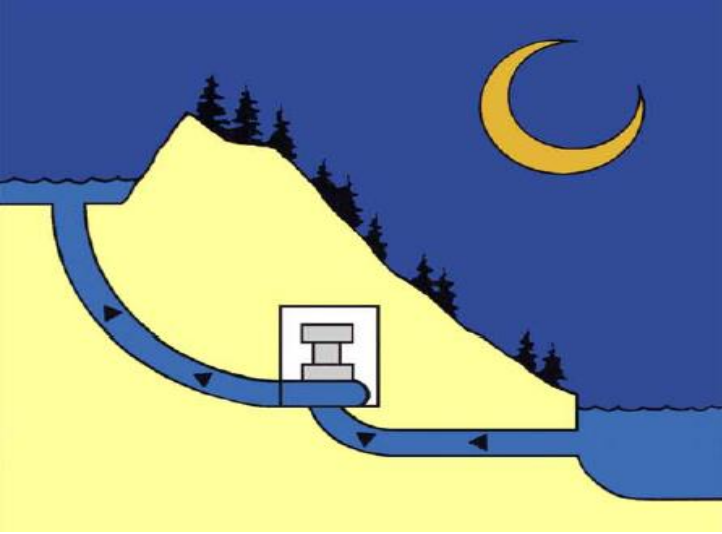


POMPALI DEPOLAMALI HES (PDHES)

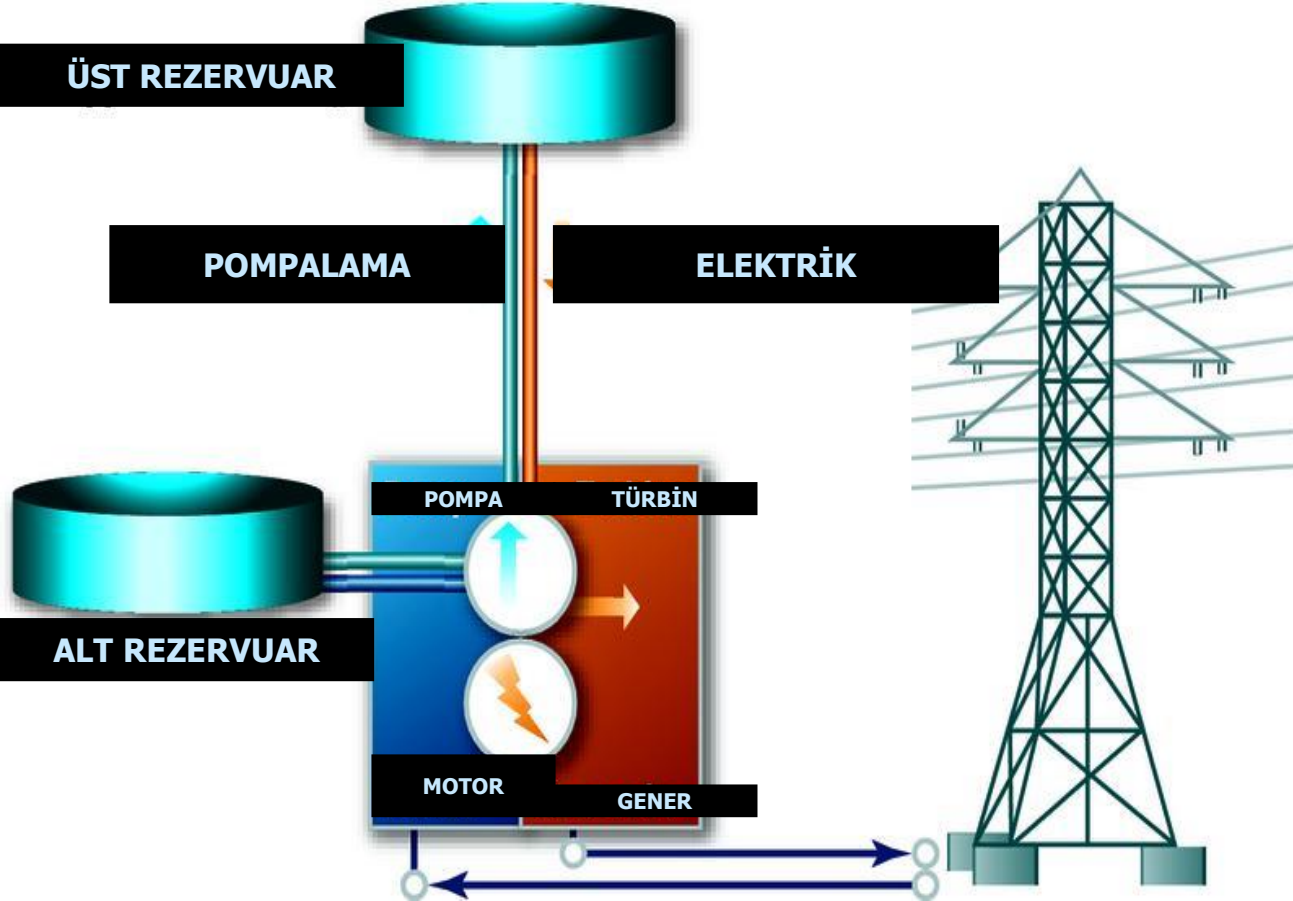
POMPA/DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK SANTRALLAR FARKLI KOTLARDA YER ALAN ALT VE ÜST OLMAK ÜZERE İKİ REZERVUARDAN OLUŞUR ;

GECE, ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİNİN VE FİYATININ DÜŞÜK OLDUĞU SAATLERİNDE ALT REZERVUARDAKİ SU ÜST REZERVUARA POMPALANARAK DEPOLANIR,

GÜNDÜZ, TÜKETİMİN VE FİYATIN YÜKSEK OLDUĞU PUANT SAATLERİNDE ÜST REZERVUARDA DEPOLANAN SU AĞT REZERVUARA BIRAKILARAK ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİLİR.



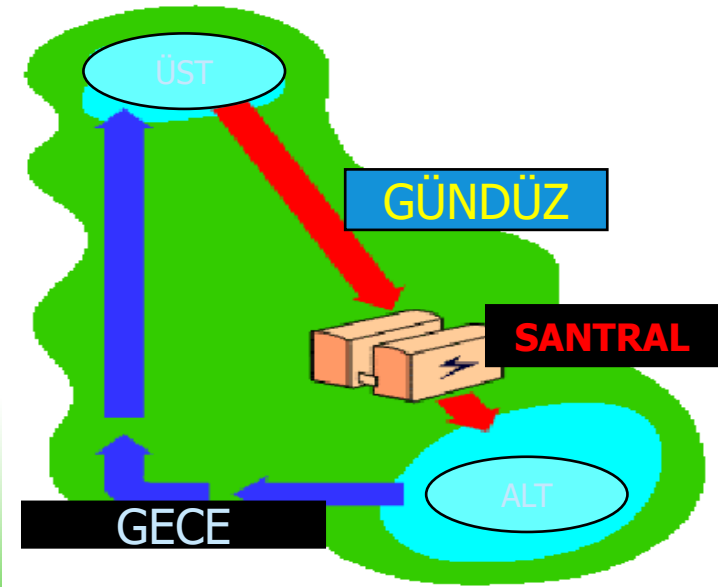
POMPALI DEPOLAMALI HES (PDHES)



- ❖ Pompalı Depolamalı HES’de üniteler yukarıya su basılırken elektrik motoru ve pompa; su aşağıya gönderilip elektrik üretilirken türbin ve jeneratör olarak çalışırlar.
- ❖ Üniteler jeneratörken saat yönünde, motor konumunda saatin tersi yönünde döner. Türbin Francis tipindedir.

POMPALI DEPOLAMALI HES

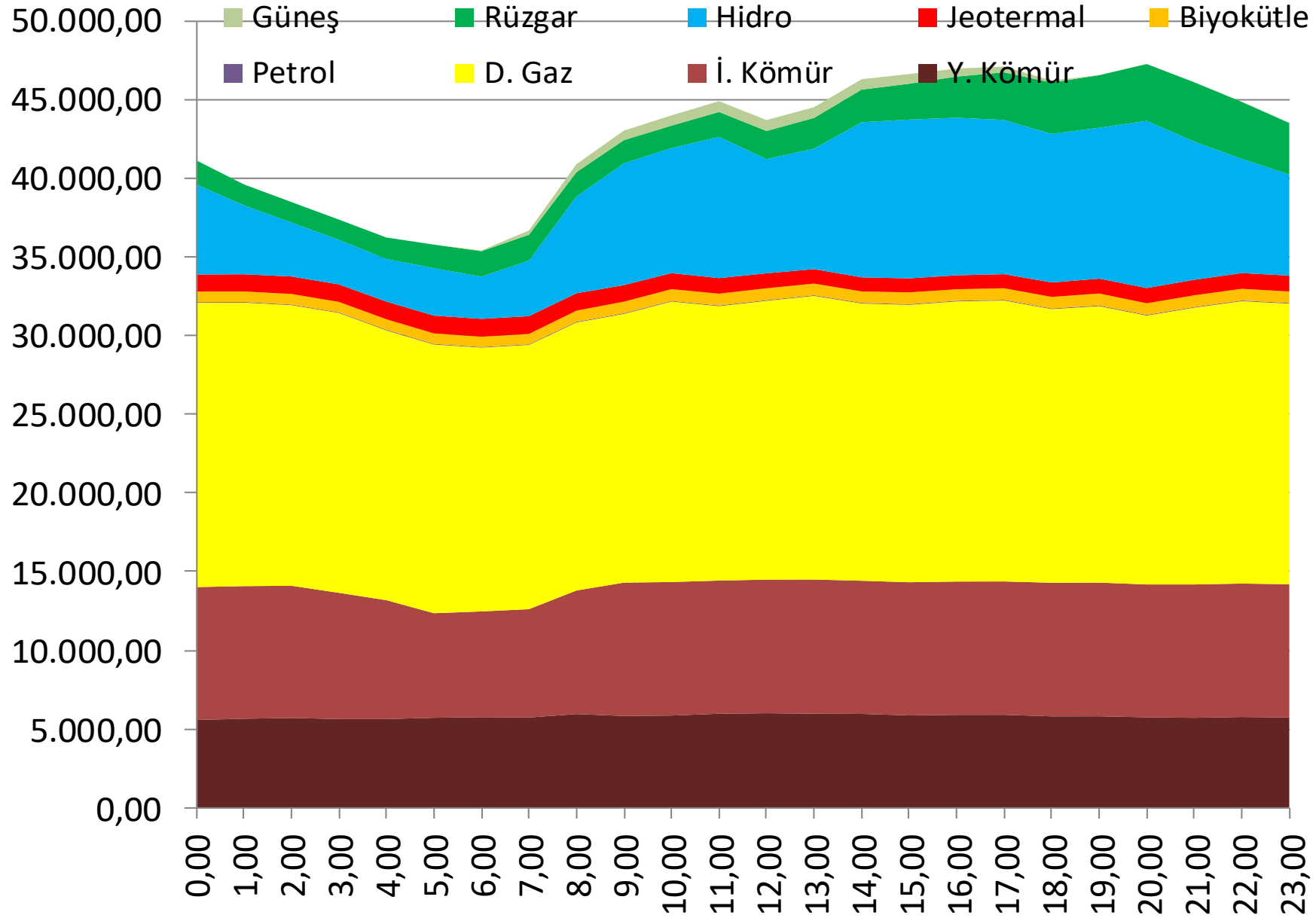
- ❖ DÜNYADA İLK POMPALI DEPOLAMALI HES 1890 YILINDA İTALYA VE İSVİÇRE'DE TESİS EDİLDİ.
- ❖ HEM TÜRBİN HEM POMPA OLARAK ÇALIŞAN BİLEŞİK POMPALI DEPOLAMALI HES ÜNİTESİ İLK OLARAK 1929'DA İŞLETMEYE ALINDI.
- ❖ PDHES ANÇAK 1970'DEN SONRA BİR ENERJİ DEPOLAMA SEÇENEĞİ OLARAK GÜNDEME GELDİ VE GİDEREK KULLANIM ORANI ARTTI.
- ❖ PDHES BİLİNEREN EN BÜYÜK KAPASİTELİ ENERJİ DEPOLAMA YÖNTEMİDİR.
- ❖ POMPALI DEPOLAMALI HES'DE VERİM %70-85'DİR.



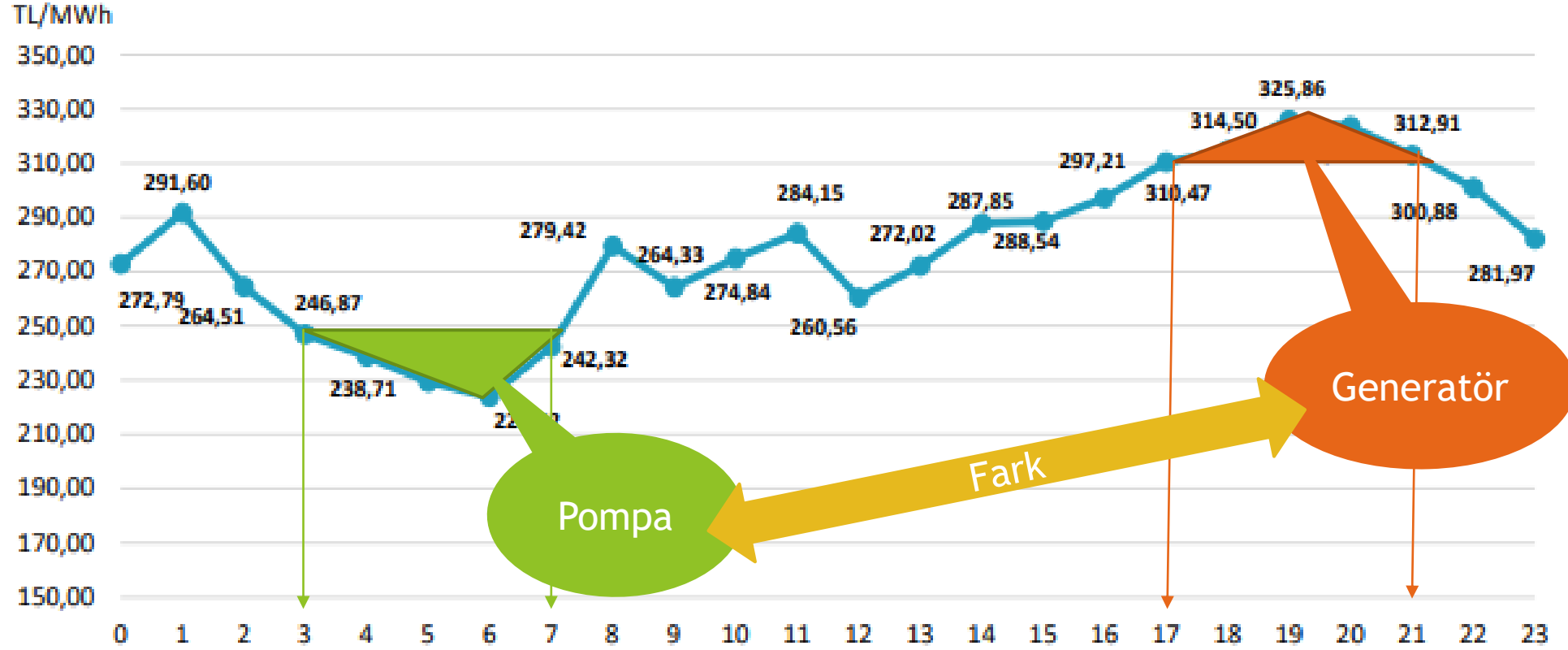
Günlük Yük Eğrisi (18.08.2021) 1.023.667,64 MWh

MW

Saat



PDHES'LERİN İŞLETME REJİMİ



2020 yılı piyasa takas fiyatının saatlik ortalaması

* EPIAŞ 2020 yılı bülteni-Tablo 2-5

PDHES'LERİN AVANTAJLARI

PDHES'ler en verimli ve kapasitesi en yüksek enerji depolama yöntemidir,

İstenilen süre kadar depolanabilir. Bu süre ; saat, gün, hafta, ay ve aylar olabilir.

Her an elektrik enerjisine çevrilmeye hazır olan bir potansiyel enerjidir.

Depolama ve bekletme maliyeti çok düşüktür.

Çevre kirliliğine yol açmaz. Aksine doğal yapıyla uyumlu bir ağaçlandırma ve çevre restorasyonu ile bir turistik çekim alanı oluşturulabilir.

İşletme maliyeti düşüktür.

Dünya'da PDHES

Uygulamaları

Dünya'da PDHES kurulu güç (2021)

Pompaalı Depolamalı HES Dünya'daki enerji depolama kapasitesinin %94'ünü, şebekeye bağılı uygulamaların %96'sını oluşturmaktadır.

2021'de Pompaalı Depolamalı HES kurulu gücü 4,7 GW artarak 164,8 GW'a ulaşmıştır.

No	Ülke	Güç MW
1	Çin	36.000
2	Japonya	27.470
3	A. B. D.	21.912
4	İtalya	7.685
5	Almanya	6.199
6	İspanya	6.117
7	Fransa	5.837
8	Avusturya	5.596
9	G. Kore	4.790
10	Hindistan	4.746
	Geri kalan	38.489
	Toplam	164.761

DÜNYA'DA 1000 MW ÜZERİNDEKİ BAZI PDHES'LERİN GÜÇLERİ



Santral Adı	Ülke	Kurulu Gücü
Bath Country	ABD	3.003 MW
Huizhou	Çin	2.448 MW
Guangdong	Çin	2.400 MW
Okutaragi	Japonya	1.932 MW
Ludington	ABD	1.872 MW
Tianhuangping	Çin	1.836 MW
Grand'Maison	Fransa	1.800 MW
La Muela	İspanya	1.772 MW
Dinorwig	İngiltere	1.728 MW
Raccon Mountain	ABD	1.652 MW

DENİZ SUYU PDHES'İN AVANTAJLARI

- * ALT REZERVUAR İÇİN BÜYÜK İNŞAAT YATIRIMINA GEREK BULUNMAMAKTADIR.
- * REZERVUARDAKİ SU GELİRİ NORMAL PDHES'LER GİBİ YAĞIŞA BAĞLI DEĞİLDİR. SUYUN AZALMASI VEYA TÜKENMESİ SORUNU BULUNMAMAKTADIR.



OKINAWA PDHES



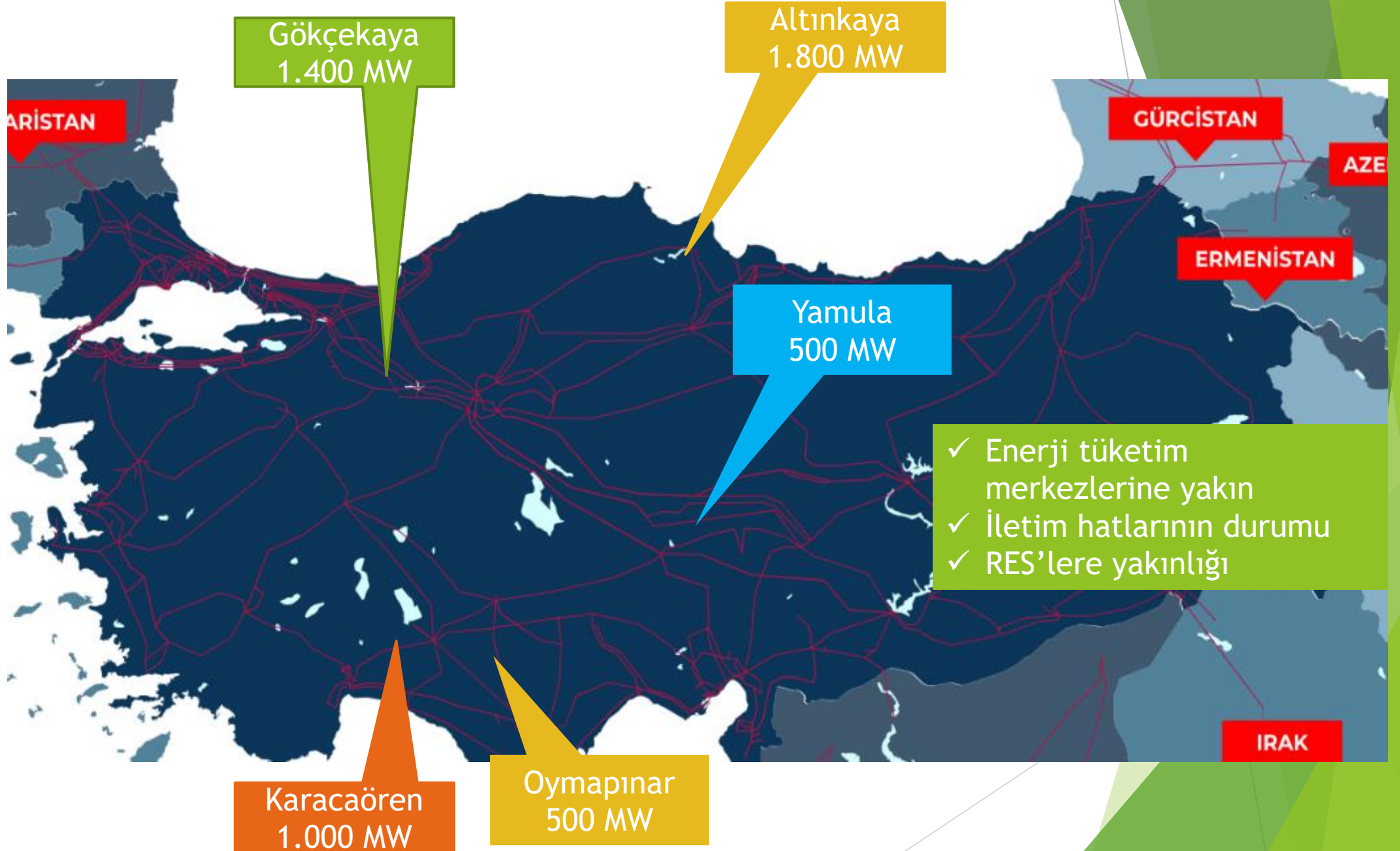
Türkiye'de PDHES Çalışmaları

2008 yılında YEGM tarafından 18 bölgede ön hazırlık yapılmıştır. Bu çalışmalarla belirlenen toplam güç 14.600 MW olup, bu santrallerin kurulu güçleri 200-1.600 MW arasındadır.

No	Proje Adı	Yeri	Kurulu Gücü (MW)
1	Yalova PDHES	Yalova	500
2	Adıgüzel PDHES	Denizli	1.000
3	Aslantaş PDHES	Osmaniye	500
4	Bayramhacılı PDHES	Kayseri	1.000
5	Demirköprü PDHES	Manisa	300
6	Hasan Uğurlu PDHES	Samsun	1.000
7	Kargı PDHES	Ankara	1.000
8	Oymapınar PDHES	Antalya	500
9	Sarıyar PDHES	Ankara	1.000

No	Proje Adı	Yeri	Kurulu Gücü (MW)
10	Yamula PDHES	Kayseri	500
11	İznik I PDHES	Bursa	1.500
12	İznik II PDHES	Bursa	500
13	İznik III PDHES	Bursa	200
14	Burdur Gölü PDHES	Burdur	1.000
15	Eğridir Gölü PDHES	Isparta	1.000
16	Gökçekaya PDHES	Eskişehir	1.400
17	Karacaören I PDHES	Burdur	500
18	Karacaören II PDHES	Burdur	1.000

NEDEN GÖKÇEKAYA?



Gökçekaya PDHES Projesi

GÖKÇEKAYA HES

(3 X 92,8 MW = 278,4 MW)



GÖKÇEKAYA PDHES

4.07.2023

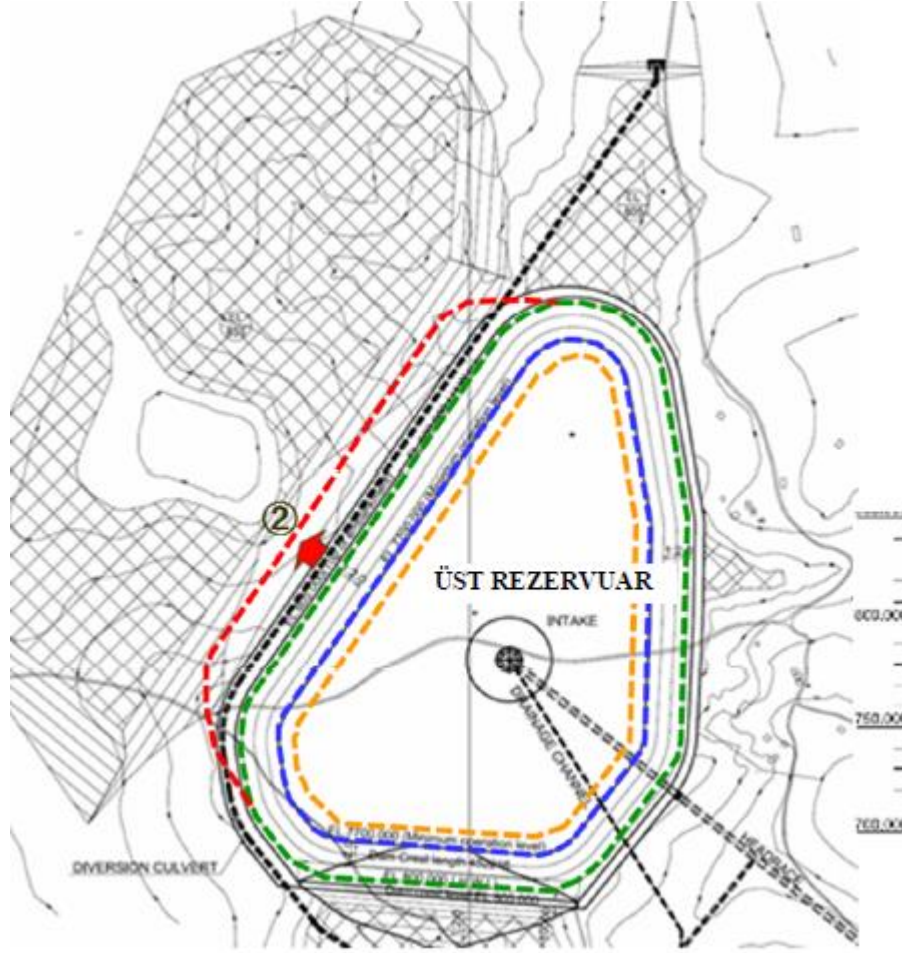


Gökçekaya HES
(278,4 MW)
(3x92,8 MW)

GÖKÇEKAYA PDHES

4.07.2023

GPHERS-ÜST REZERVUAR

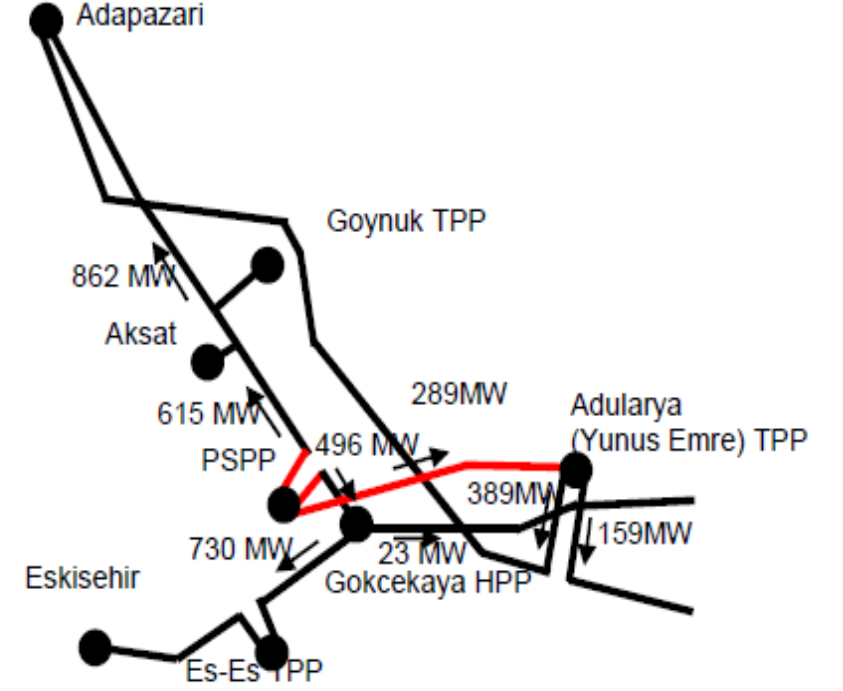


Açıklama	Özellik
Tip	Tam Asfalt Kaplama
Yükseklik	35 m
Hacmi	10,8 milyon m ³
Alanı	0,5 km ²
Üst Kotu	800 m
Kıyı Uzunluğu	2.700 m
Motor Modunda	10 Saat
Generatör Modunda	7 Saat

GÖKÇEKAYA PDHES

4.07.2023

GPHER-ŞALT



- ❖ Dünya'da yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasıyla yenilenebilir enerjiyi daha öngörülebilir hale getirmek için enerji depolamanın yaygınlaştırılması şarttır.
- ❖ Enerji depolamada Dünya'da en yaygın teknoloji pompalı depolamalı HES'lerdir ve Dünya Enerji Depolama uygulamalarındaki payı %90'nın üzerindedir.
- ❖ Türkiye'de PDHES'ler konusunda 40-50 yıldır çeşitli projeler hazırlanmış olsa da yatırım yapılmamıştır.
- ❖ Gökçekaya PDHES'in 2020 yılında EÜAŞ Yatırım programına alınması olumlu bir gelişmedir.

İLGİNİZ İÇİN

TEŞEKKÜRLER

Muzaffer BAŞARAN

Makina Y. Mühendisi

muzafferbasaran@teyo.com.tr