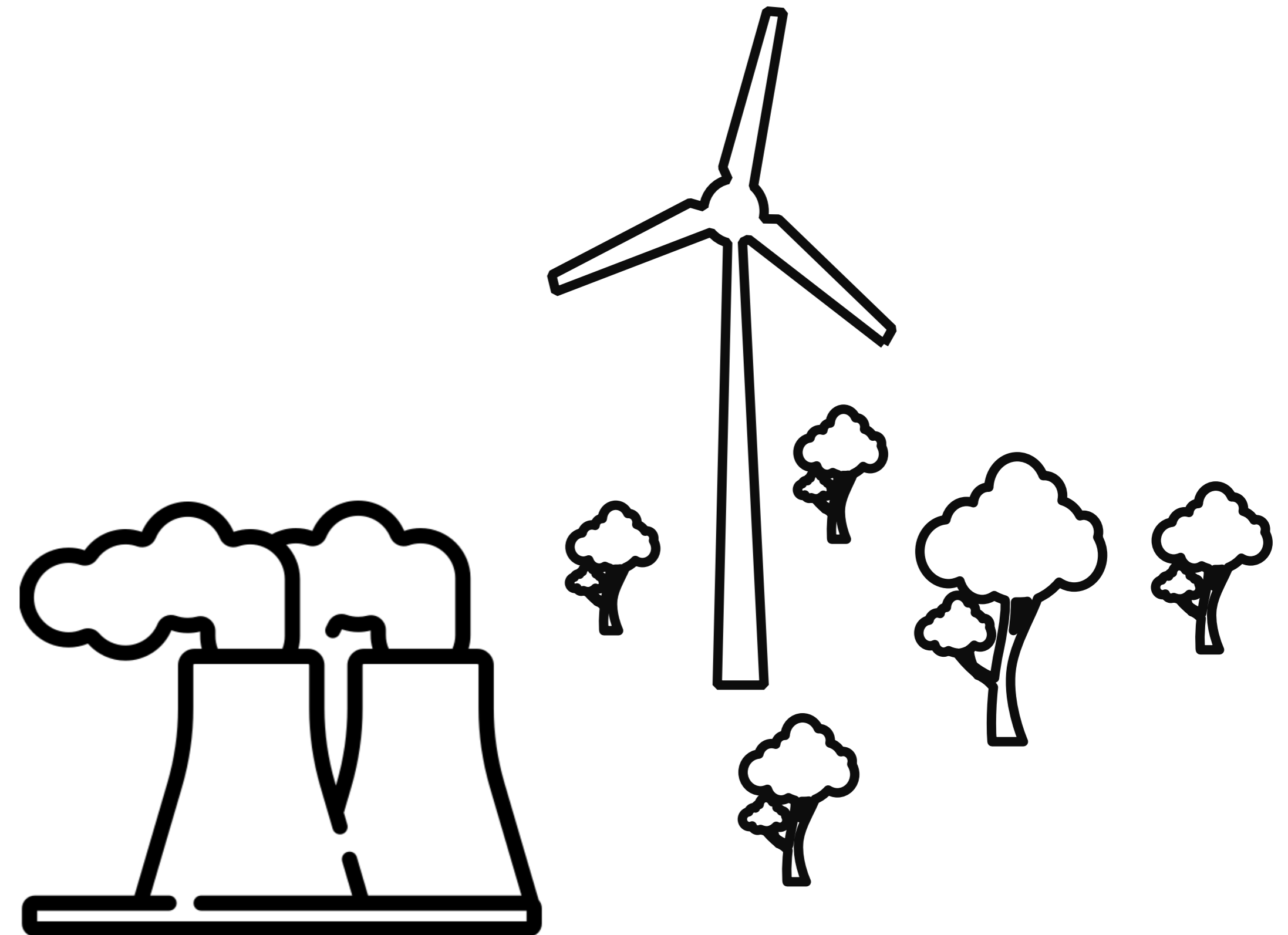




Energy Storage Training

September 2023



Scope

1- Introduction to Energy Storage

2- Energy Storage System Components

3- Commercial Energy Storage Applications

4- Storage and Ancillary Services

5- Storage Revenue Optimization

6- Incentive Schemes at Other Countries

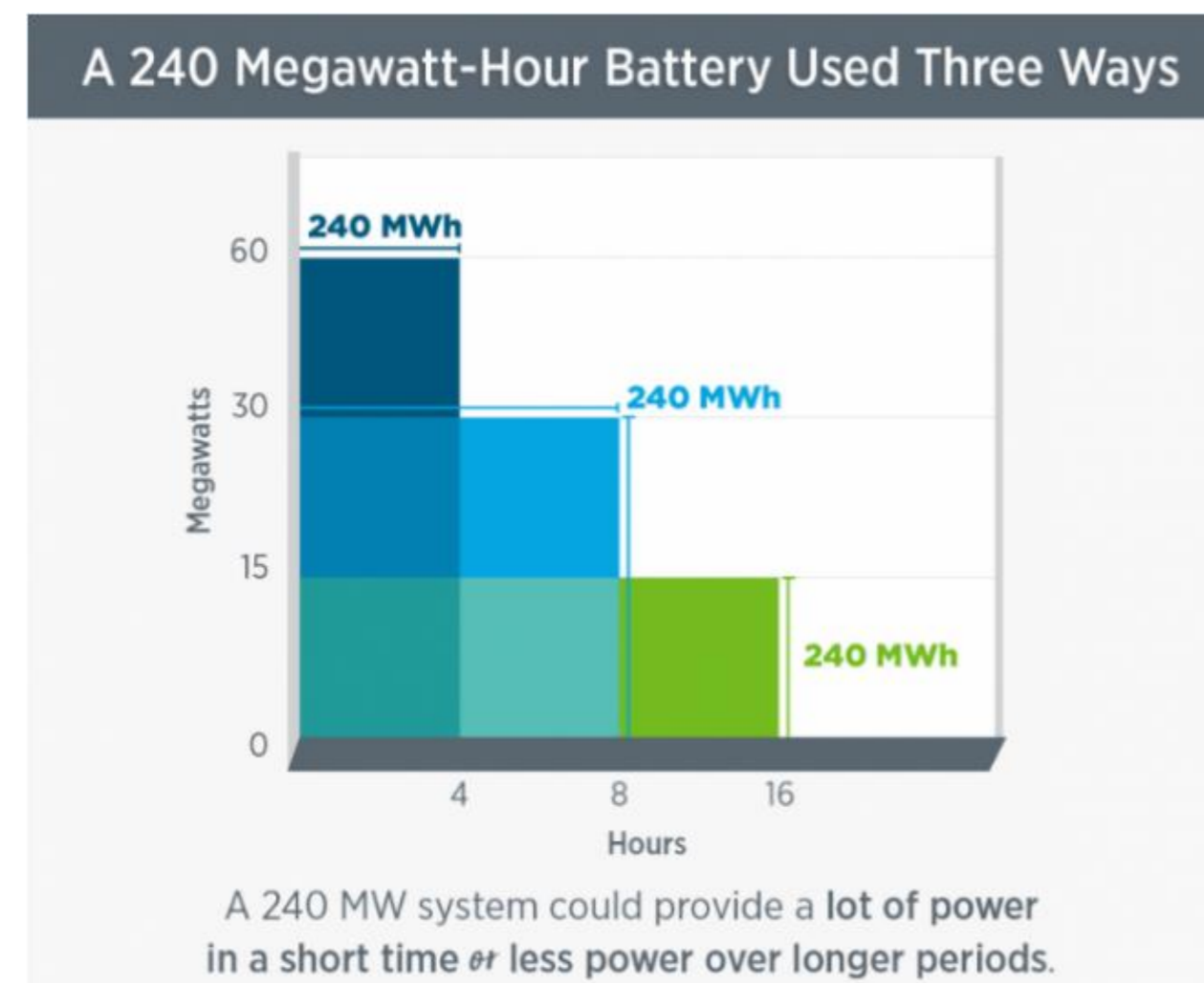
7- Current Situation in Turkey

Introduction to Energy Storage

Battery Capacity - Power

Battery capacity and power can be changed independently from each other, different than other grid components.

- 1. Battery Power**, states maximum instant power can be charged or discharged. Most of the time it is limited by battery chemistry or inverter power.
- 2. Battery Capacity**, states maximum energy amount can be charged into the battery with a pre-determined charging power.



Source: <https://www.energy.gov/eere/solar/articles/solar-plus-storage-101>

C-Rate

C-rate is used for three different purposes, even if it is introduced for a single purpose at beginning.

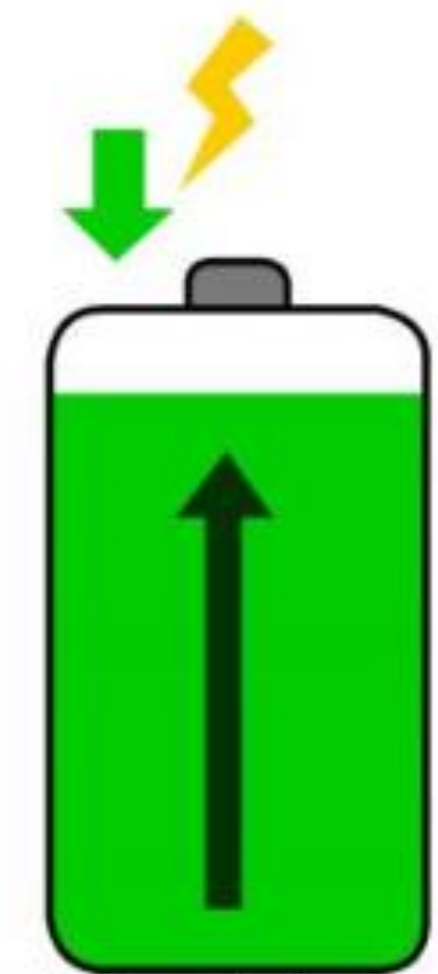
1- Battery Chemistry: Original usage. It states ratio of maximum power can be applied to battery to capacity of the battery. 1C – 2C batteries are used for grid scale applications while batteries for electric vehicles can reach 8C – 10C

2- Battery Configuration: States battery configuration and duration of the battery working with maximum output. 100 MW 2C battery can provide 100 MW power for 2 hours. It requires a maximum output configuration of 100 MW and more than 200 MWh of battery.

3- Test Power: It states ratio of applied power to the battery to capacity of the battery. For example, battery capacity tests (depending on battery manufacturer) can be executed with 0.1C power. It means a 100 MWh battery can be charged with 100 MWh energy when it is charged with 10 MW power.

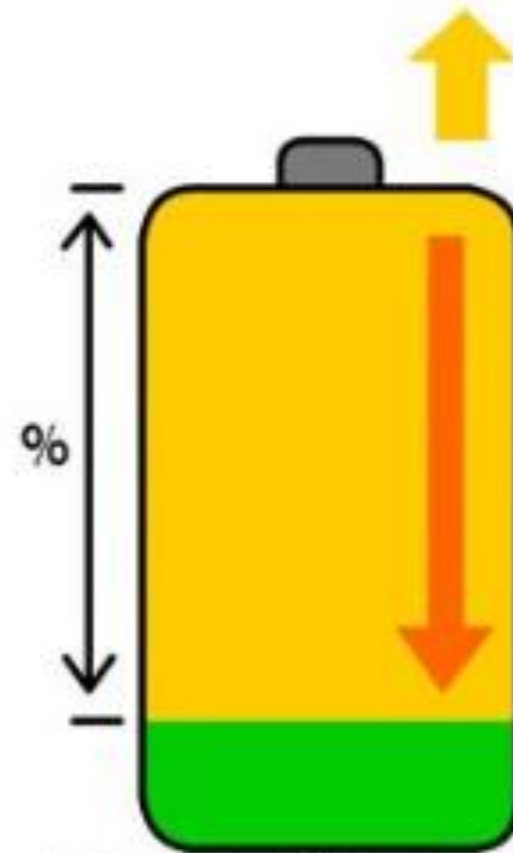
$$100 \text{ MWh} * 0.1\text{C} = 10 \text{ MW}$$

Introduction to Energy Storage



State of charge (SoC)

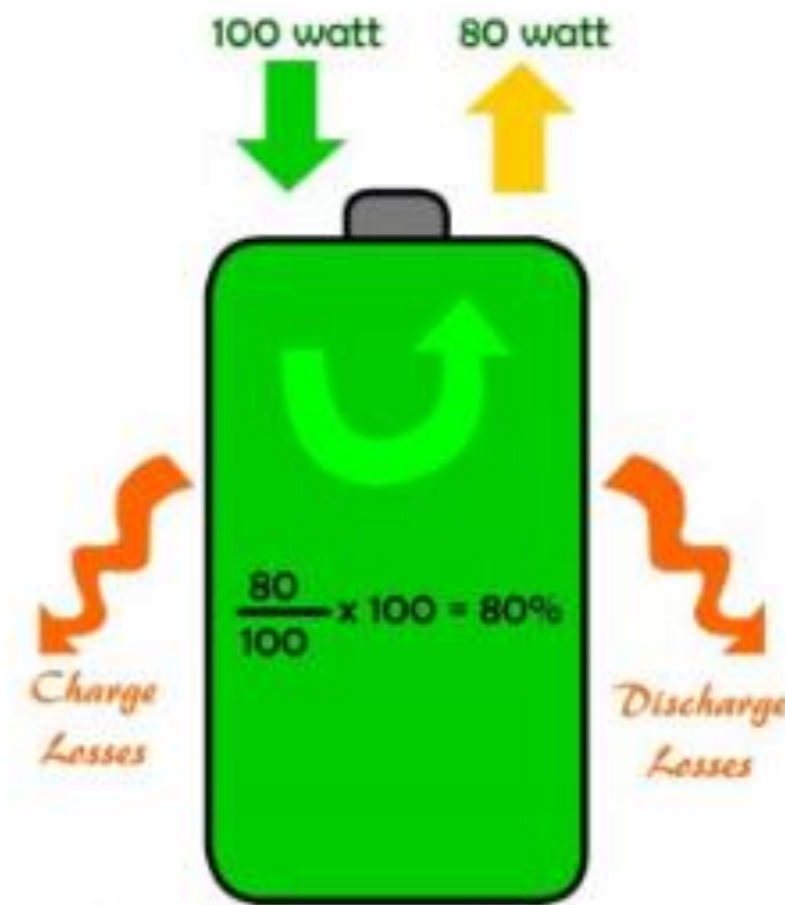
The current state of a battery.



Depth of discharge (DoD)

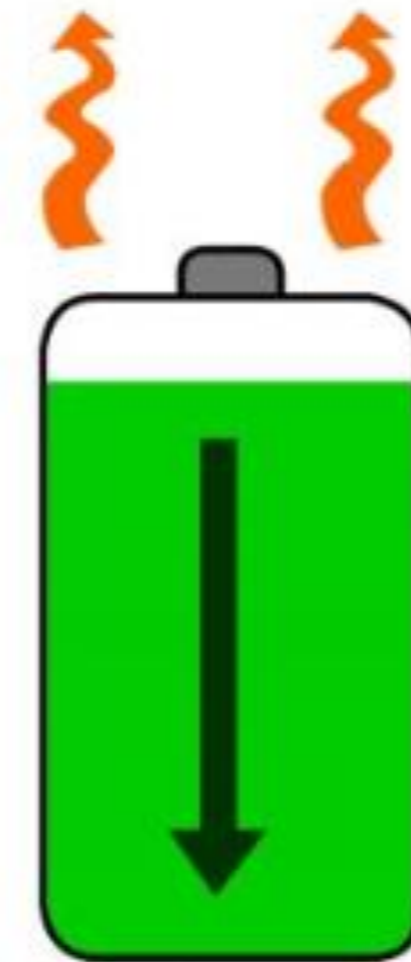
The amount of a battery's capacity that has been used. Most manufacturers will specify a maximum DoD for optimal performance related to lifetime of the battery after repeated use.

A fully discharged battery will have shorter reusable lifespan.



Round-trip efficiency

The ratio of the energy recovered from the energy storage device and the energy input into the device. Losses includes heat loss.



Self Discharge Rate

Self-discharge decreases the shelf life of batteries and causes them to initially have less than a full charge when actually put to use.

greensarawak.com

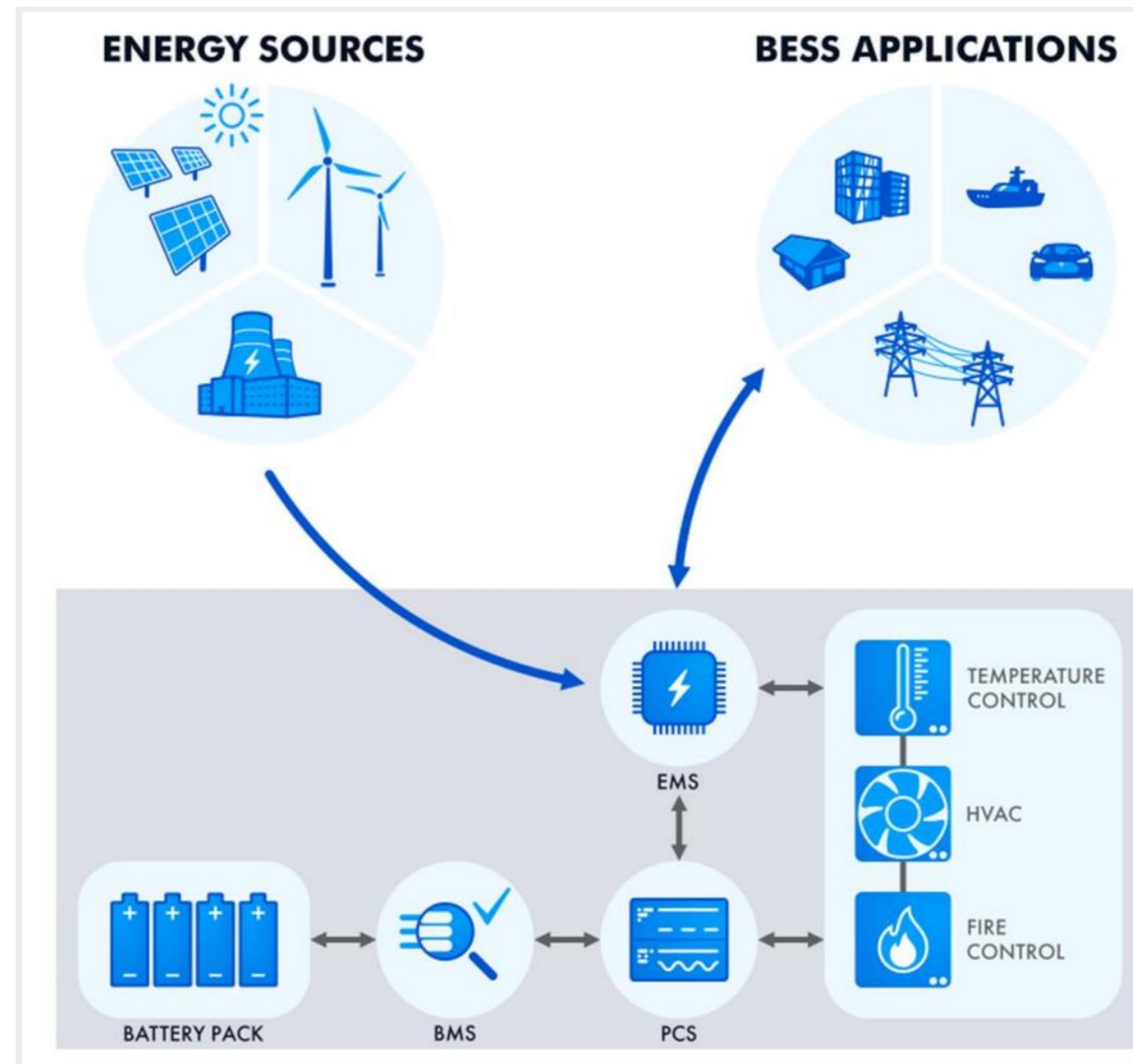
In summary, while looking for to purchase a battery, following statements should be made “**X kWh capacity** when charged at **K C power**, allowing **charging/discharging up to Y C, Z% cycle efficiency**, minimum **number of cycles B at an average A% DoD until T% End-of-Life capacity**” to achieve expected results.

Source: <https://greensarawak.com/things-to-know-before-going-solar/going-solar-chapter-15-know-your-battery/>

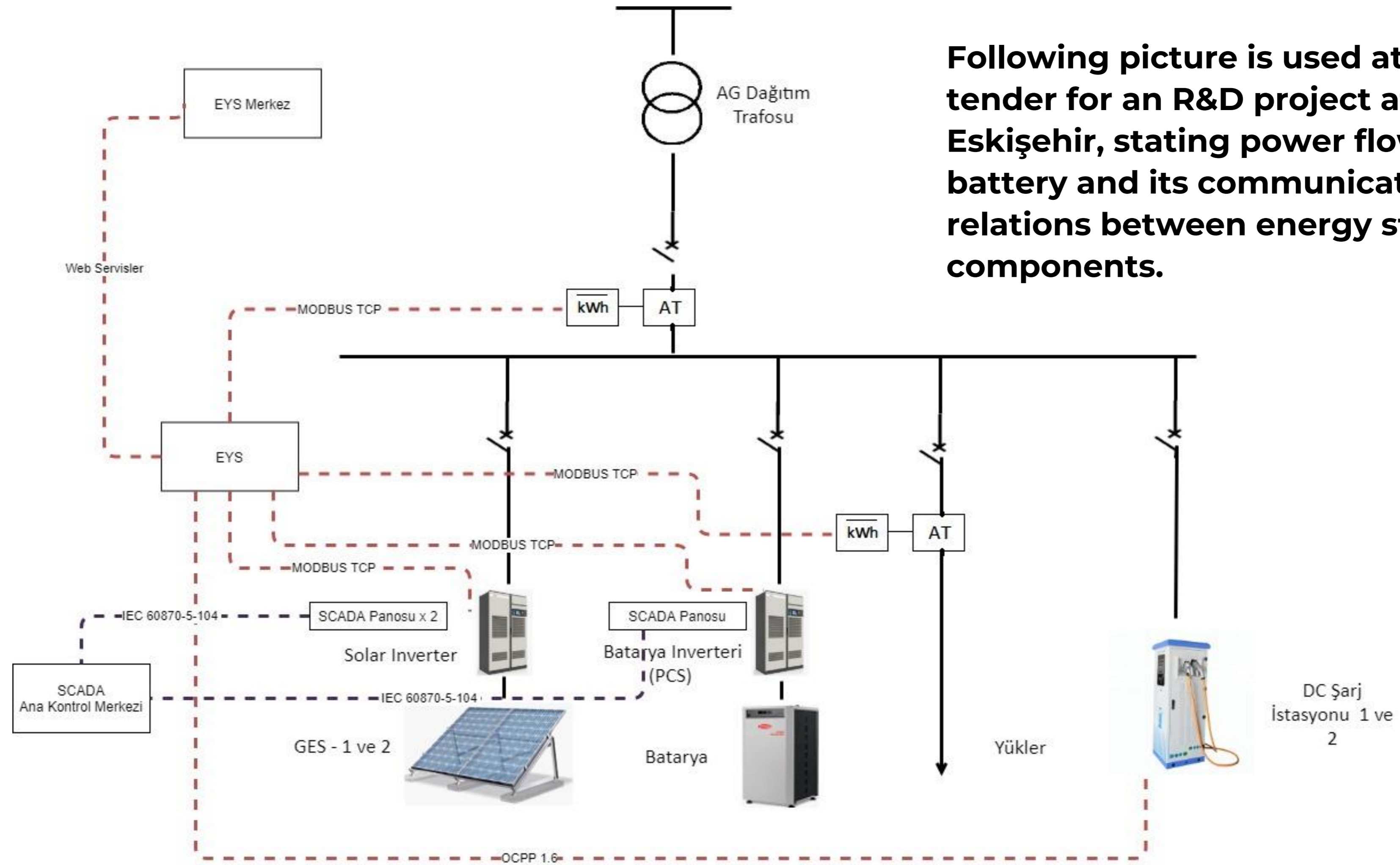
Energy Storage System Components

General components of energy storage applications are accepted like

1. **Battery Packs**
2. **Battery Management System**, controlling battery packs and communicates with PCS
3. **Power Conversion System (PCS) or Battery Inverter**, converting DC energy to AC energy, directing battery and gets operating mode and charging and discharging amount
4. **Local Energy Management System (Local EMS)**, being brain of the system, having local operating algorithms and sometimes controlled by a Central Energy Management System
5. **Central Energy Management System**, having forecasts, web integrations, energy prices and controlling local energy management system
6. **Auxiliary Equipment**, consisting of HVAC, fire control and alarm systems, communicating with Local EMS



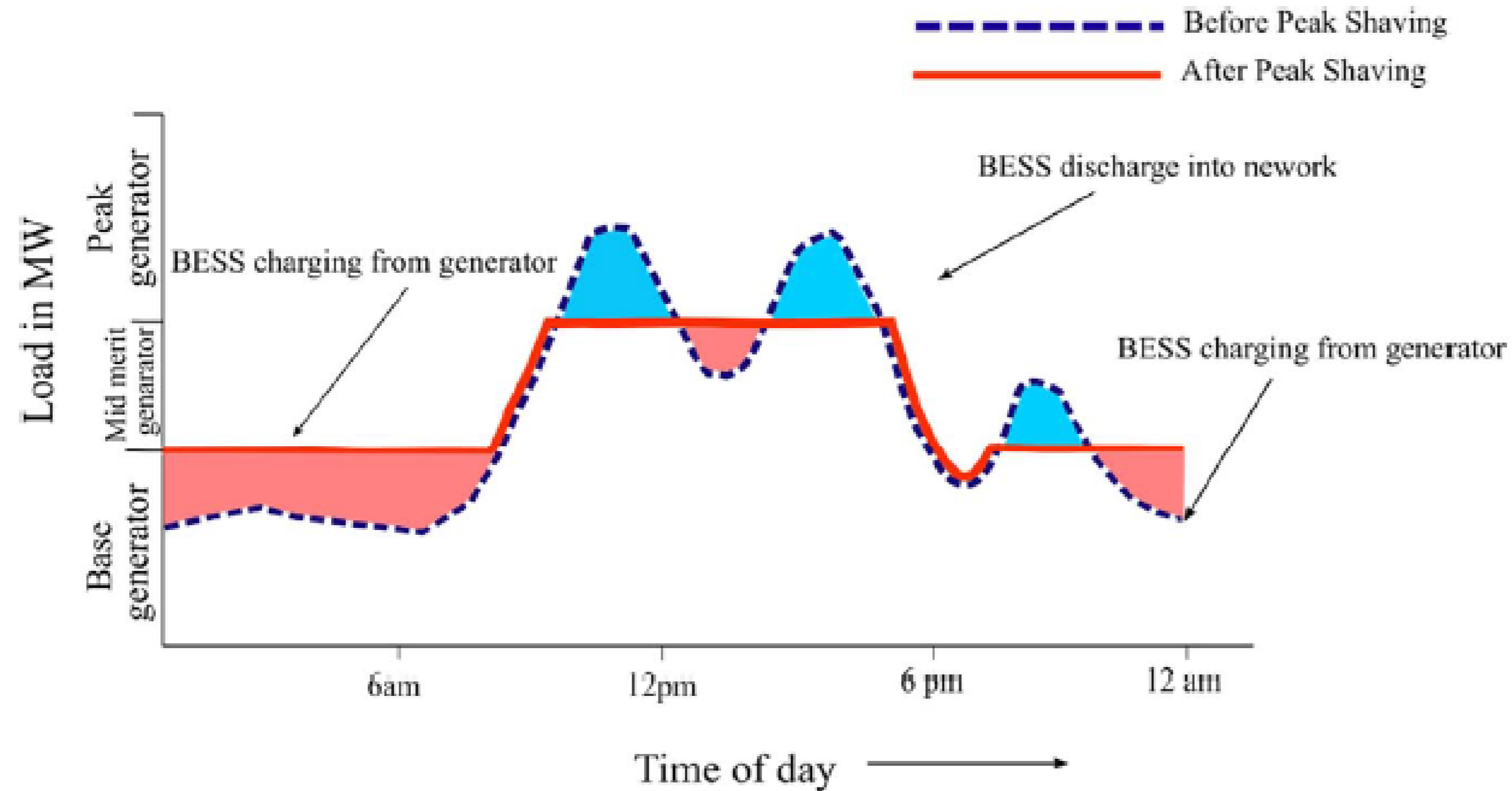
Energy Storage System Components



Following picture is used at a tender for an R&D project at Eskişehir, stating power flow of a battery and its communication relations between energy storage components.

Commercial Energy Storage Applications

1- Peak Shaving and Grid Investment Deferral



Decreasing peak demand and straightening demand curve.

Business models;

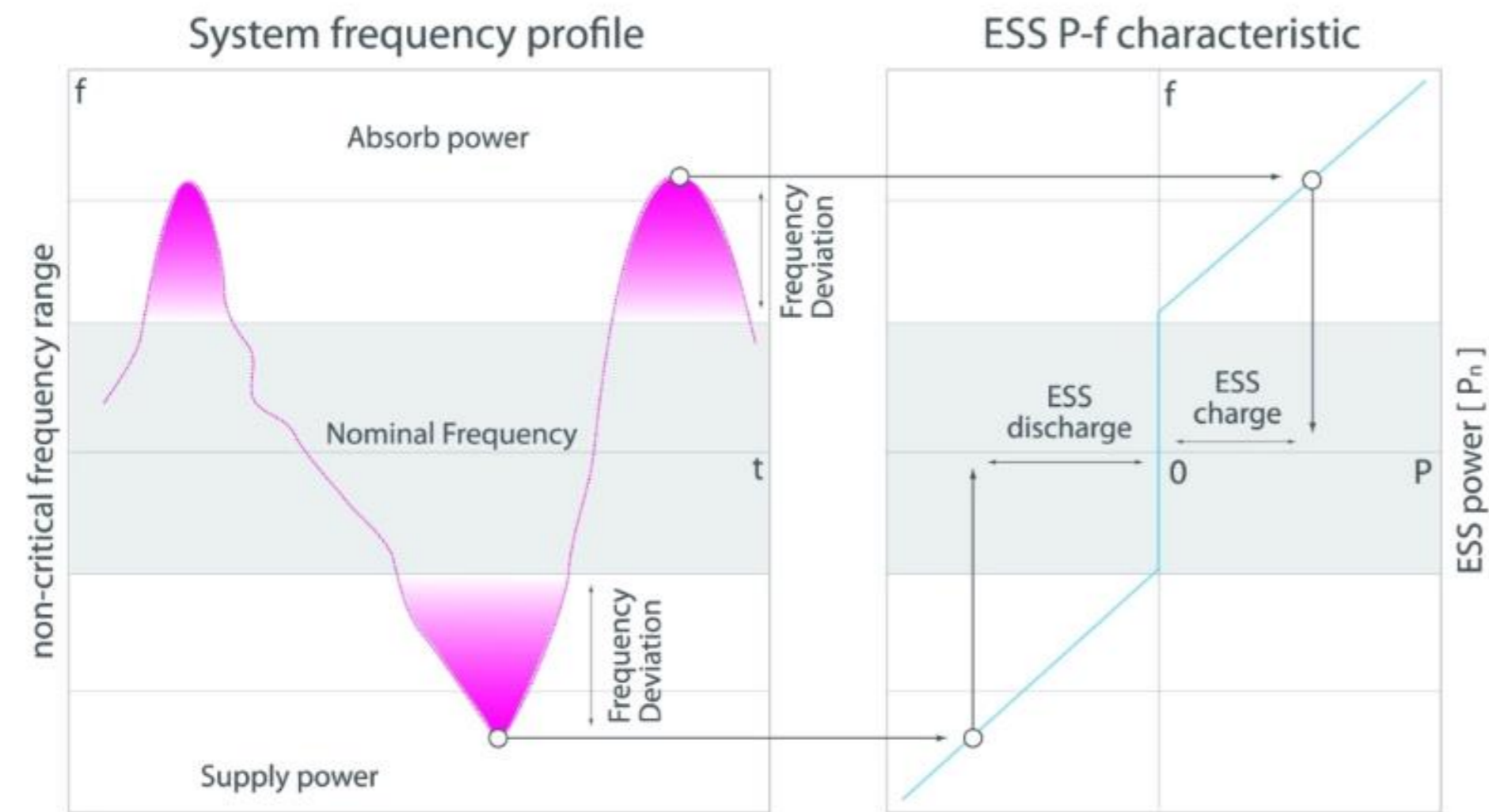
- Decreasing energy provided by peaker power plants.
- Investment deferral by solving grid congestion caused by insufficient grid capacity.

Source: M.Uddin, M. Romlie, M. Abdullah, S.Halim, A. Bakar, T. Kwang, A review on peak load shaving strategies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, Part 3, p 3323-3332, Feb 2018

Commercial Energy Storage Applications

2- Reserve Supply Capacity and Frequency Regulation

Energy storage for frequency regulation



SOURCE - Saft

Using batteries as available generation and consumption capacity by system operator.

Business models;

- Restoring effects of generation and consumption loss (e.g., a disconnection)
- Using as a frequency control reserve

Source: <https://millicentmedia.com/features/energy-storage-for-frequency-regulation-saft/>

Commercial Energy Storage Applications

3- Renewable Energy Integration

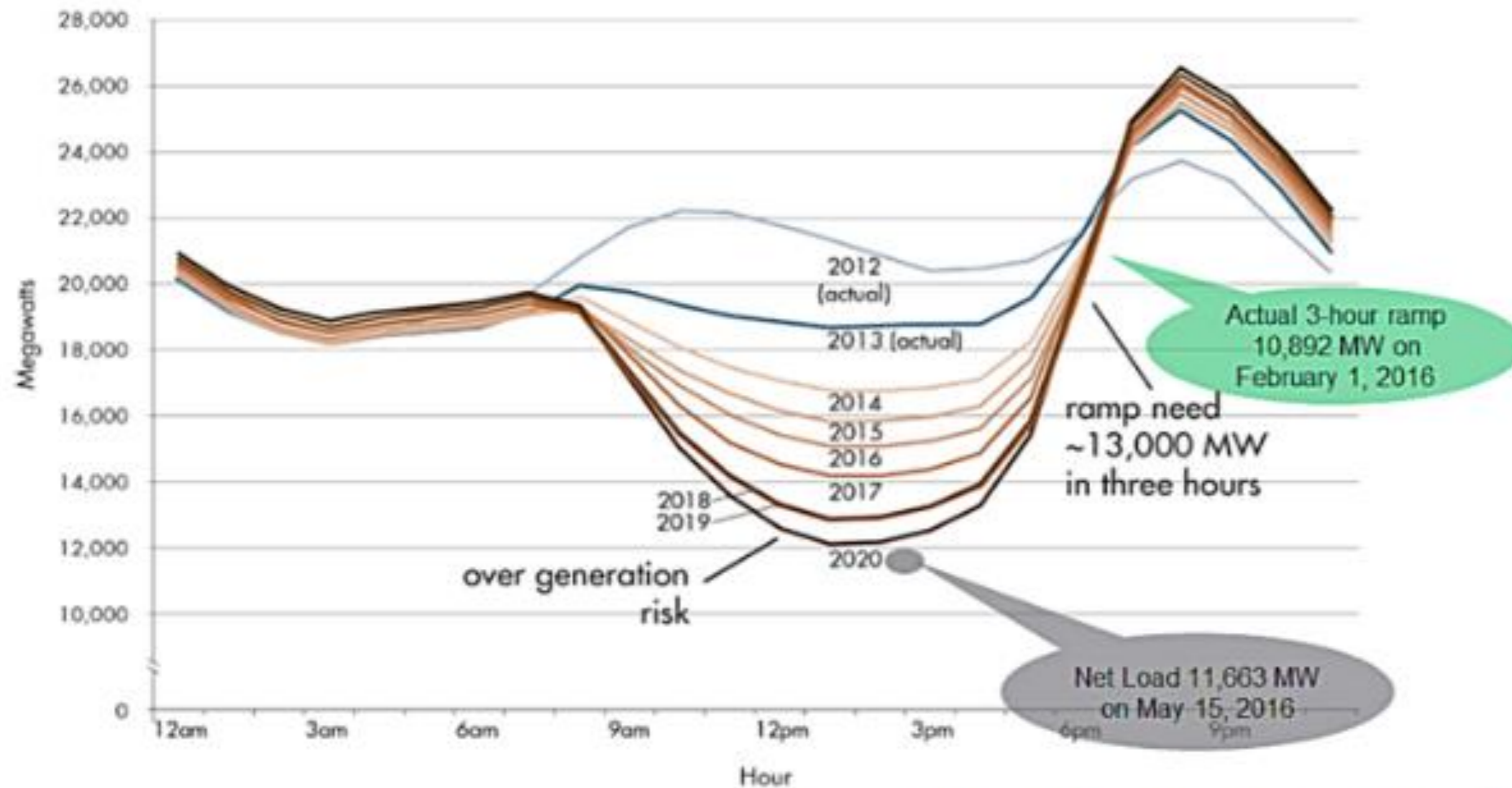


Figure 1 - California Duck Curve on a Spring Day (CAISO)

Applications to increase capacity of renewable energy, which has intermittent generation profile at the electricity grid.

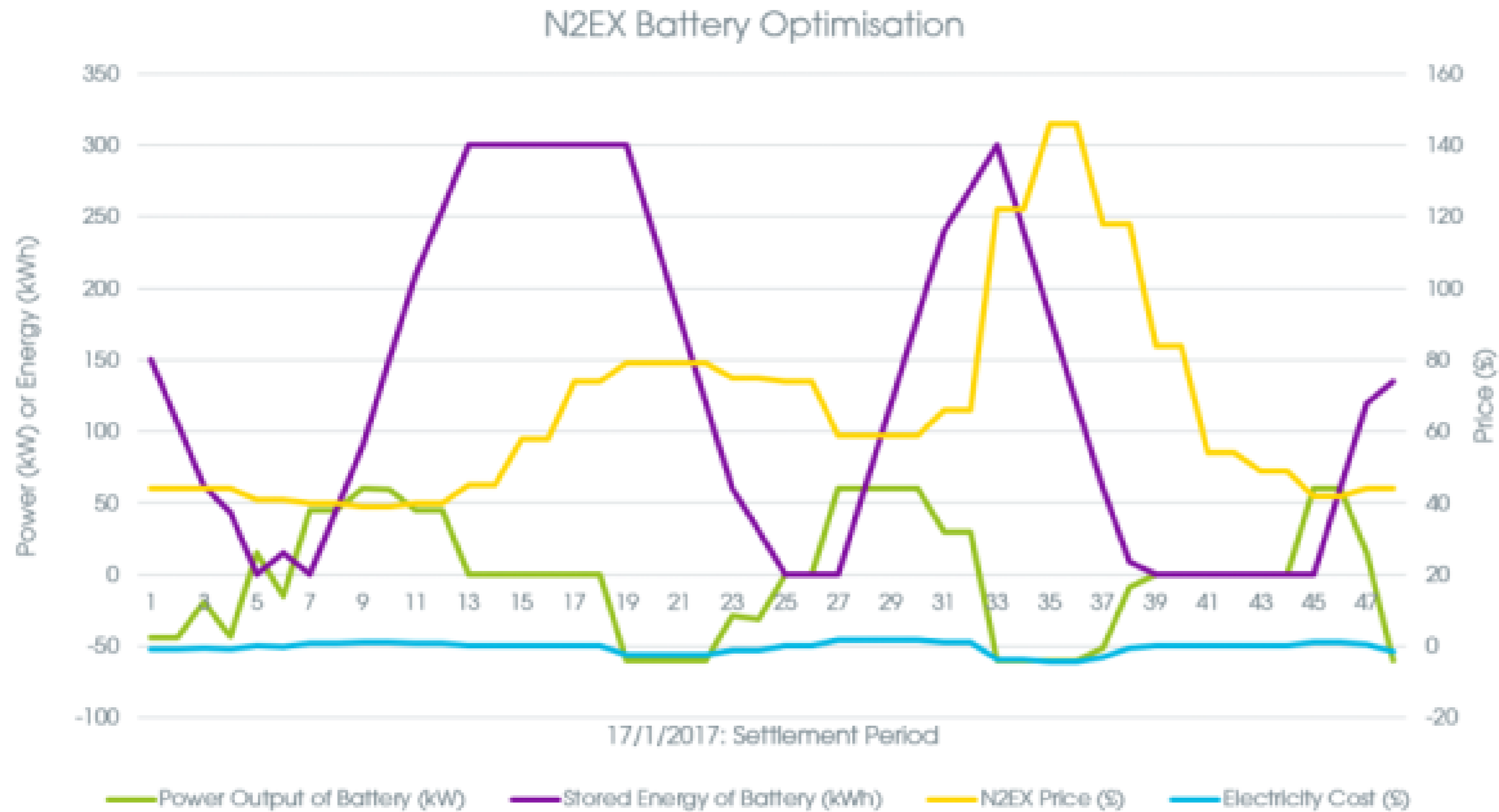
Business models;

- Storing renewable based energy generation to use it other times (decreasing duck curve effect)
- Smoothing renewable energy generation profile (power-smoothing)

Source: <https://www.ourworldofenergy.com/vignettes.php?type=solar-power&id=14>

Commercial Energy Storage Applications

4- Energy Arbitrage



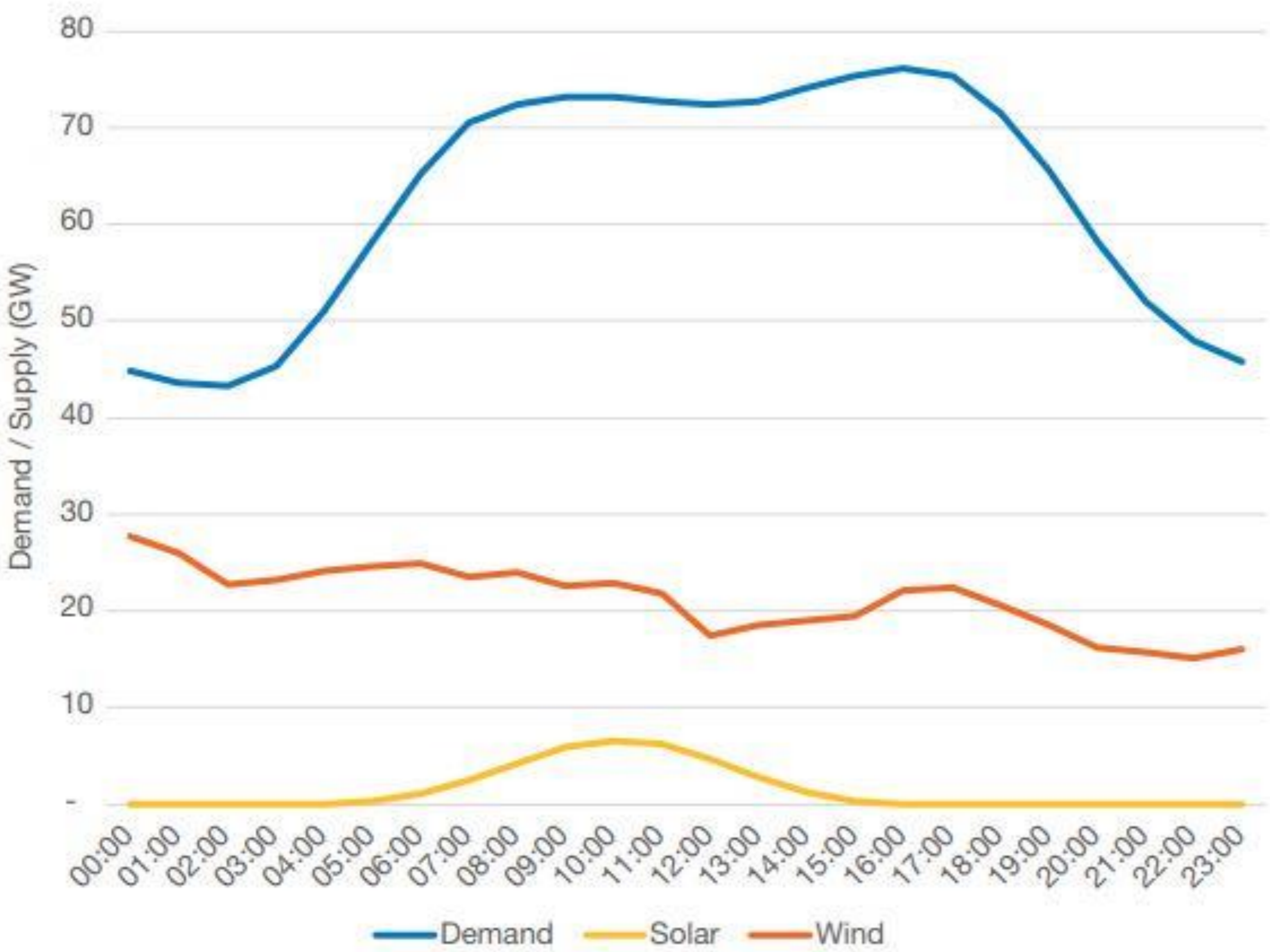
Changing usage of time of the generated energy to obtain more revenue.

Business models;

- Optimization of energy cost by considering daily energy prices.
- Real-time energy trading at energy markets.

Source: <https://www.openenergi.com/making-the-most-of-behind-the-meter-battery-storage/>

Storage and Ancillary Services

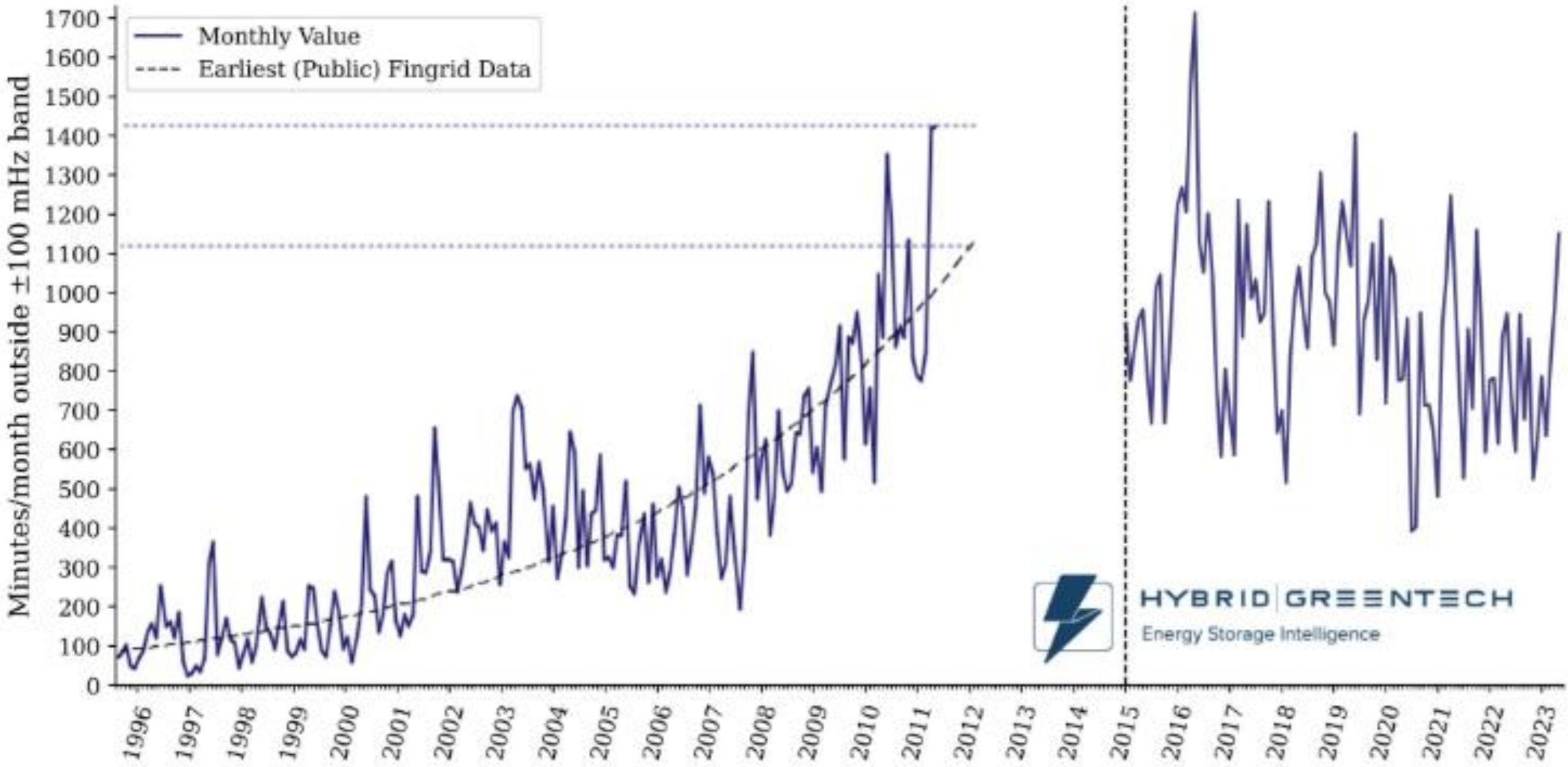


As renewable energy share in the grid increases, need for flexibility at the grid also increases.

Increase in intermittent generation and non-linear loads causes increase in imbalances which require increase in need for ancillary services.

Source: ESO Operability Strategy Report, Dec 2022

Storage and Ancillary Services



As renewable generation percentage increases in Nordic markets before battery technologies are online, duration with unwanted frequency increases, which means increased imbalances.

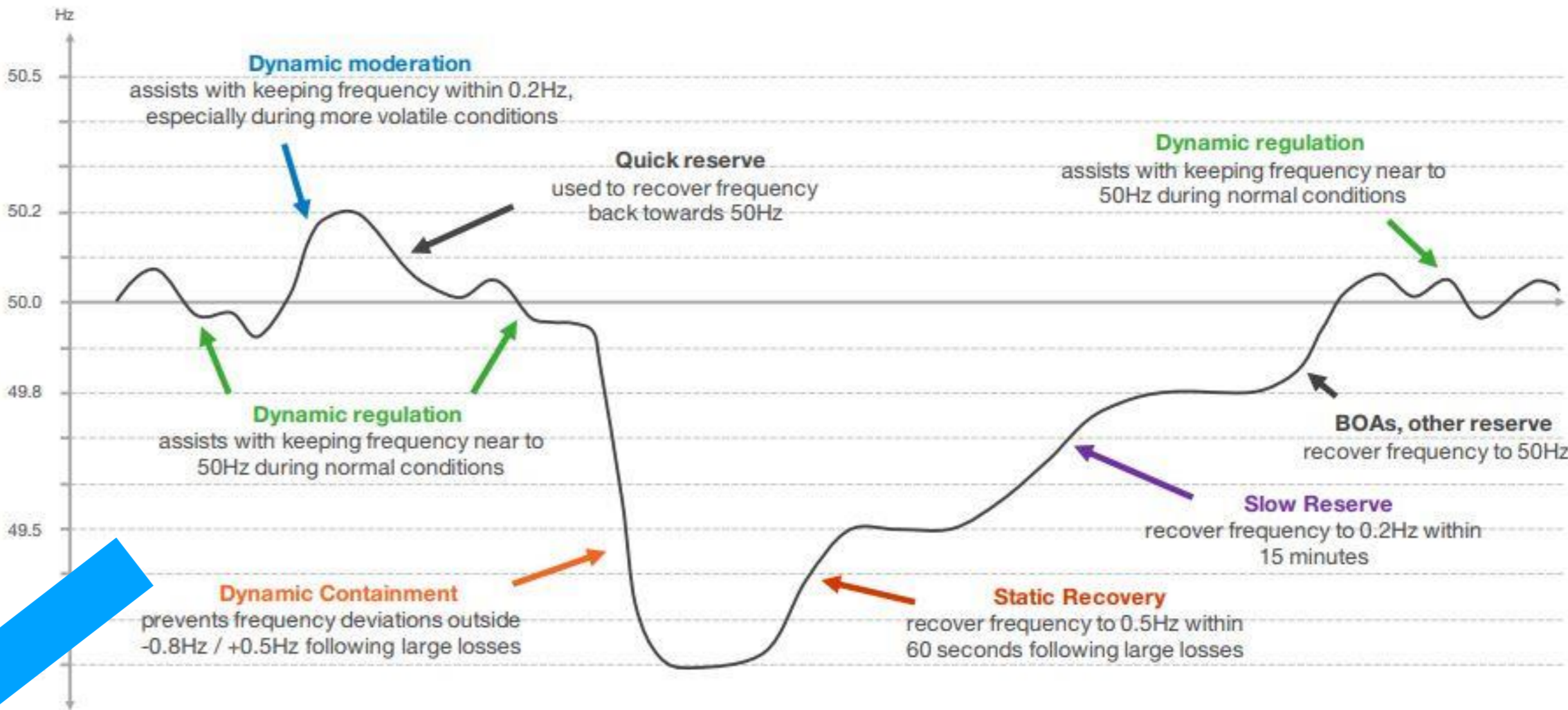
This graph shows when batteries are online after 2015, this durations started to have a decreasing trend.

Source: Hybrid Greentech Analysis

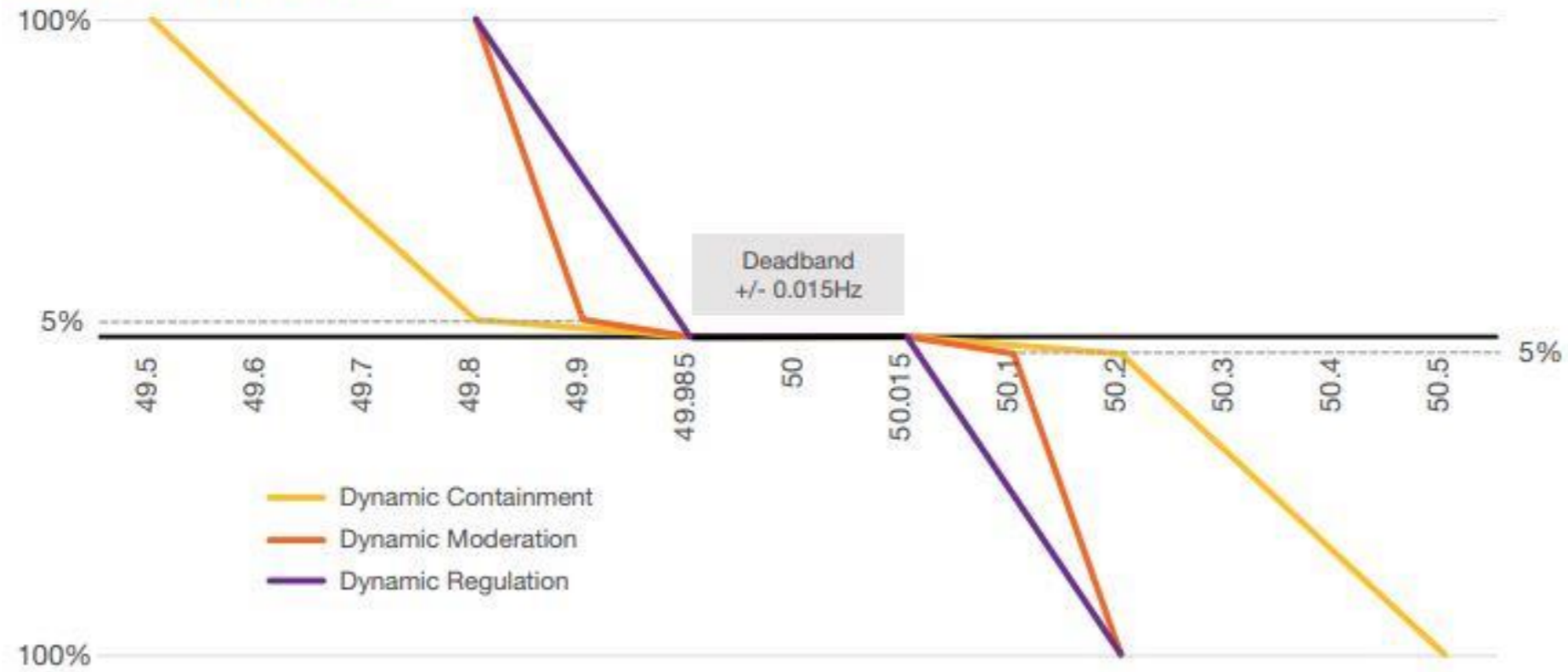
Storage and Ancillary Services

New frequency control products are defined by system operators whenever a new specific requirement for grid stability arises. Some of these requirements are defined by considering technical capabilities of the batteries (Fast response time, high controllability etc.) Products shown here are existing in **England** electricity market.

Frequency Control Process



Service Comparison



Source: ESO Operability Strategy Report, Dec 2022

Storage and Ancillary Services

These are frequency control products that can be provided by conventional generation facilities as well.

Currently, these products are found in **Nordpool** markets.

FCR: Frequency Containment Reserve.

N: Normal (49.9 Hz – 50.1 Hz) (SFK)

D: Disturbance (49.5 Hz – 50.5 Hz) (PFK)

Up: Production Up (YAL)

Down: Production Down (YAT)

FFR: Fast Frequency Reserve

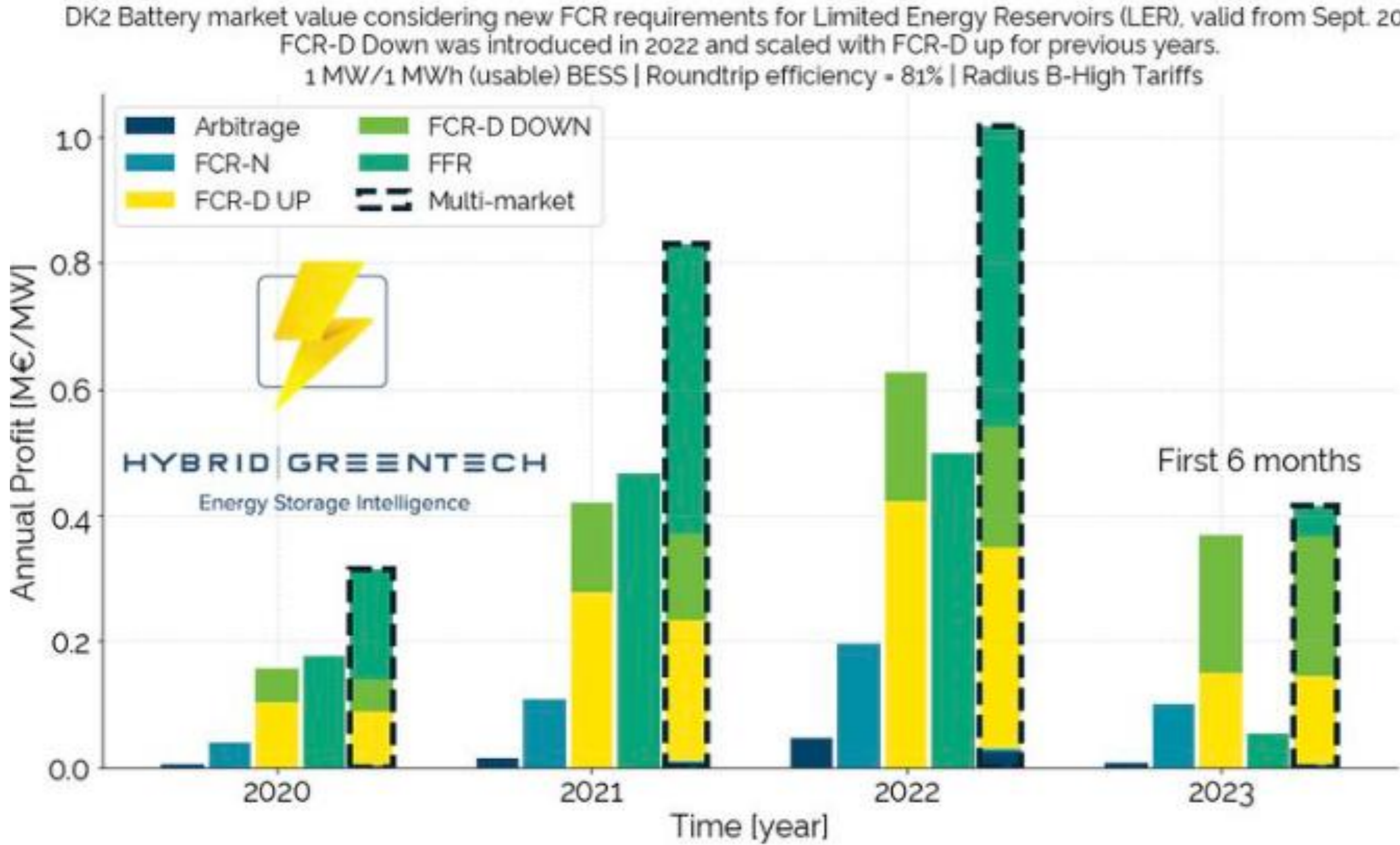
Source: Hybrid Greentech Analysis

Requirements for 10 MW / 10 MWh BESS



Market combinations	Max bid Capacity Charge/Discharge	Blocked Power Charge/Discharge	Duration Requirement Charge/Discharge
FCR-N	4 MW	6 MW/6 MW	75 min./75 min.
FCR-D Up	10 MW	2 MW/10 MW	20 min.
FCR-D Down	10 MW	10 MW/2 MW	20 min.
FFR	10 MW	0 MW/10 MW	30 s.
FCR-D down/up	8 MW/8 MW	10/10 MW	20 min./20 min.
FCR-D down/FFR	10 MW/8 MW	10/10 MW	20 min/30 s.

Storage Revenue Optimization

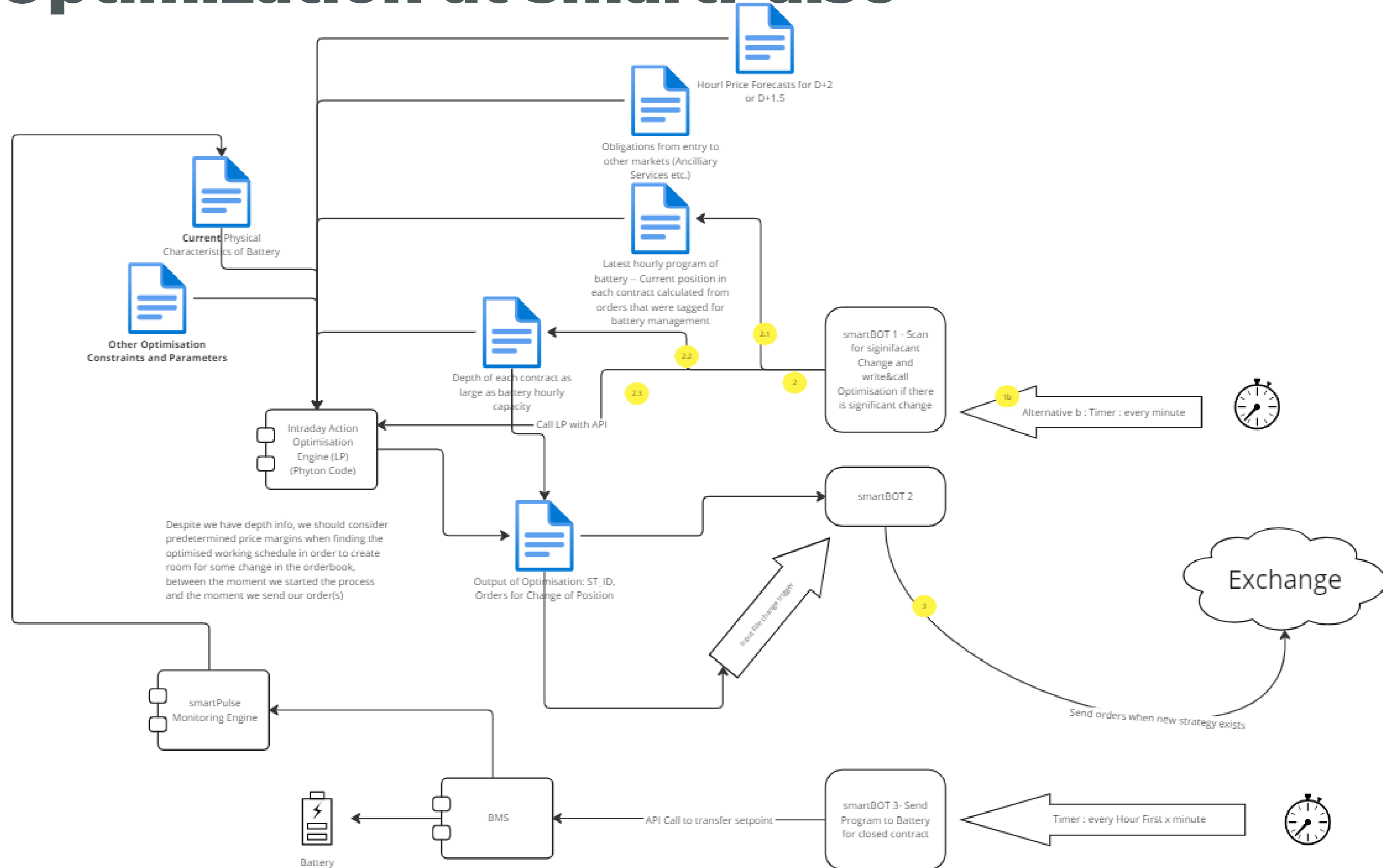


Hybrid usage of these frequency control products and making arbitrage can provide optimum solutions. Optimization of company named Hybrid Greentech shows promising results and provide more revenue than using battery for only use case.

For 2022 at DK2 market region, battery cost can be covered in one year, considering battery cost for this region is 0.8 M€/MW

Source: Hybrid Greentech Analysis

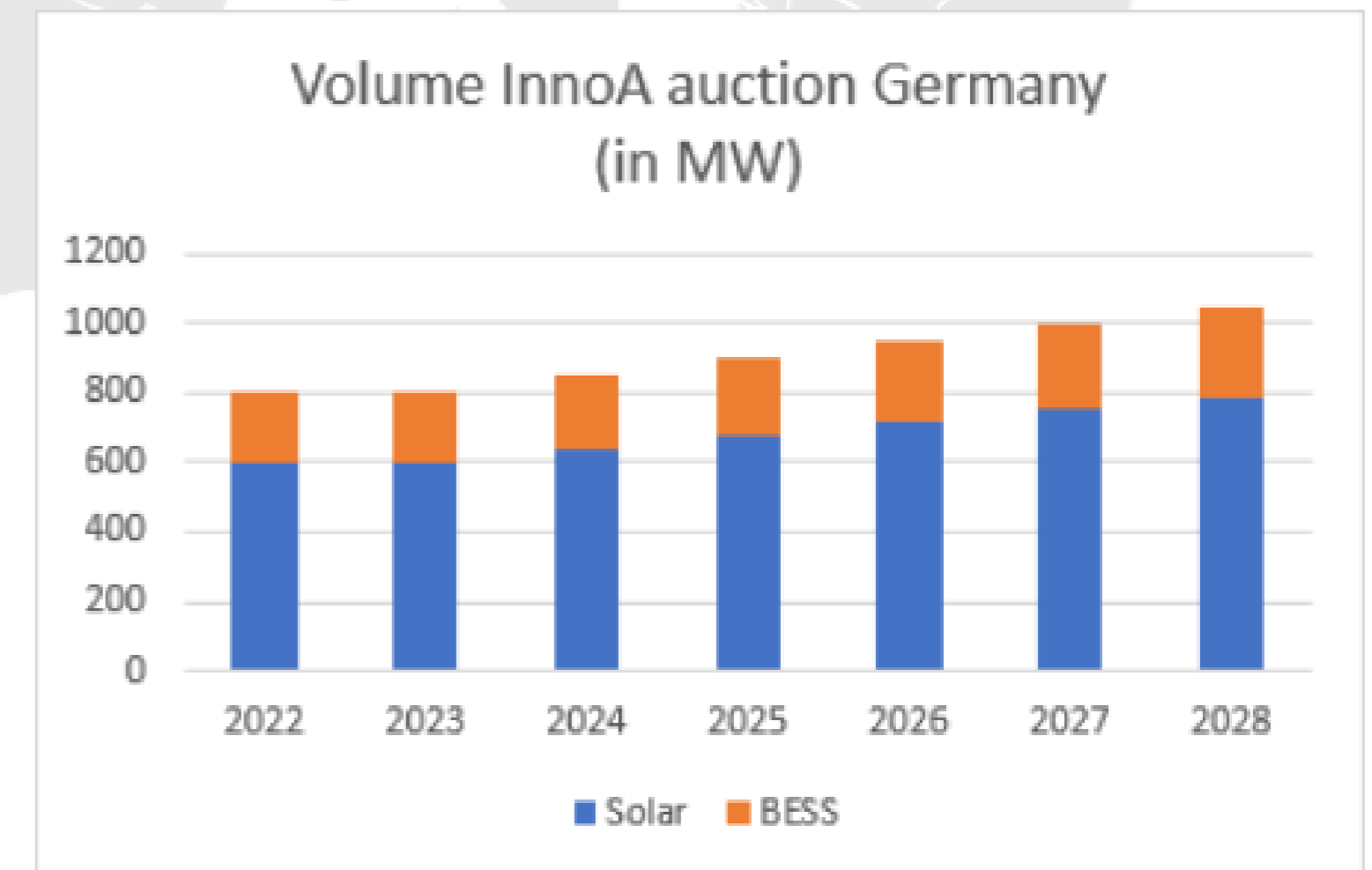
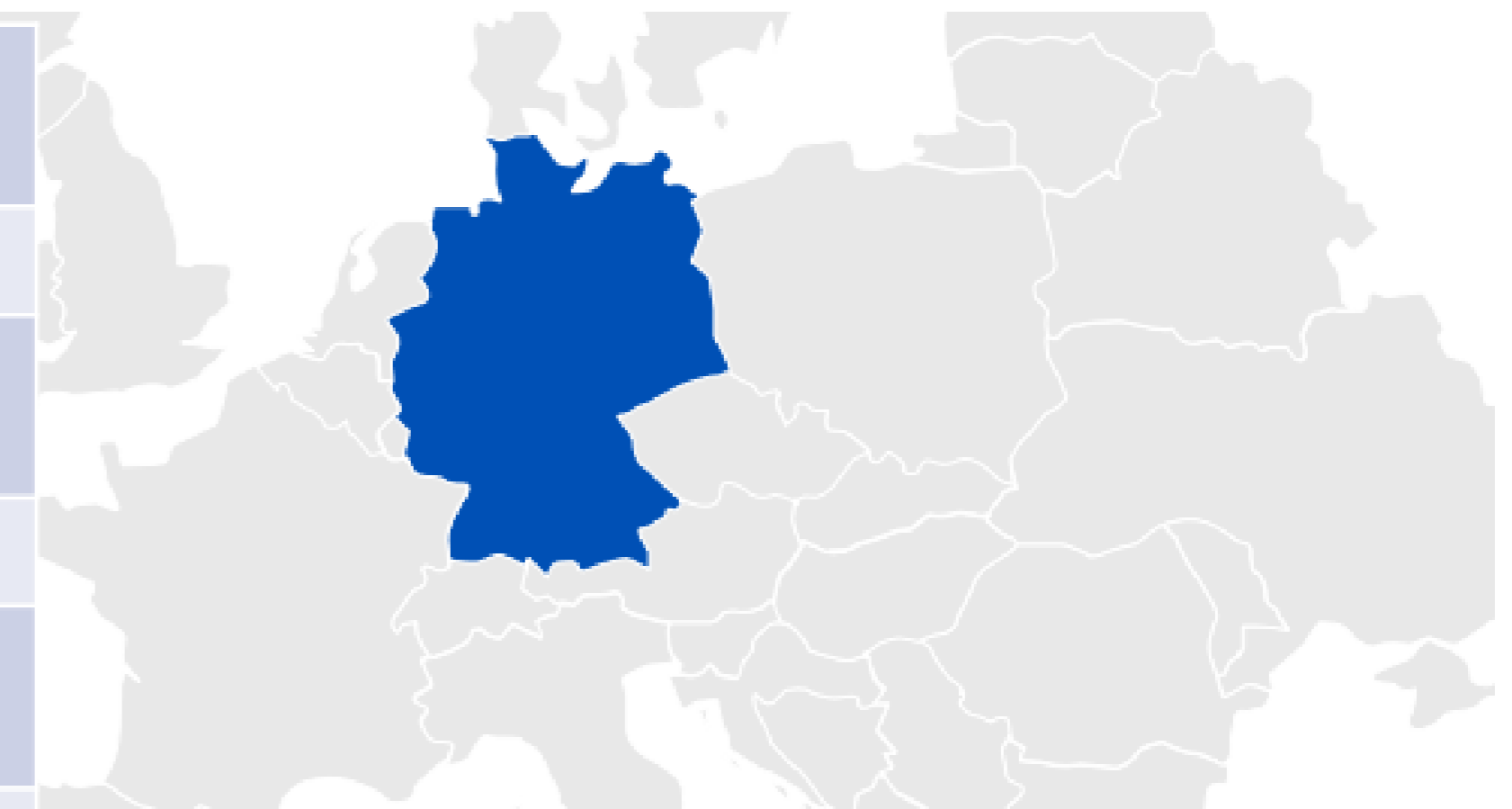
Revenue Optimization at smartPulse



Incentive Schemes at Other Countries

Germany

Structure of Support	OPEX (indirect) – 20-year feed-in tariff ; PV plant receives up to 2c/kWh higher market premium compared to regular PV plants;
Financed by	Tax funded since 2023; previously funded via EEG-levy paid by rate payers
Technology incentivized	Co-located energy storage; Max size of solar is 20 MW; BESS 1/3 power rating of solar plant with 2h EOL energy requirement
Term	Multi-Years Schemes with multiple auctions per year from 2020-2028;
Claw back mechanism	Cap : premium paid as sliding market premium; no payments are made if realized market value is above feed-in rate
Contract award	Based on lowest asked feed-in tariff/market premium
Volume / Cost	5.5 GW Solar with 1.8 GW BESS between 2020-2028 ; no number on cost published, depends on actually paid out premium
Status of scheme	In operation since 2020 ; auction design changes in 2022
Strength	Ring-fenced state-run auction with guaranteed volume connected to renewable integration; high investment certainty
Weakness	Charging BESS from grid is not allowed , leading to reduced revenue streams and need for higher support levels; limited volume



Source: Fluence 2023 smart-e Europe presentation

Incentive Schemes at Other Countries

Greece

Structure of Support	CAPEX and OPEX ; CAPEX – €200.000/MW investment aid in two tranches OPEX – €/MW/year for 10 years defined as annual Reference Revenue
Financed by	Tax funded : €340m from Greece RRF
Technology incentivized	Stand-alone electricity storage; technical requirements apply; maximal project size 100 MW, maximal award per company 25%
Term	One-off : 3 auction rounds in 2023 with no visibility of further incentives
Claw back mechanism	Claw back mechanism with CfD structure ; applies in case realized revenues are above the annual Reference Revenue
Contract Award	Based on lowest OPEX bid defined as annual Reference Revenue
Volume / Cost	1,000 MW tendered in 2023: 700 MW (min 2h), 300 MW (min 4h); Cost: €340m
Status of scheme	Tender in preparation for 2023
Strength	Ring-fenced auction with guaranteed volume connected to renewable integration; High support levels
Weakness	One off auction with boom/bust risk; claw back mechanism provides no incentive to optimize above annual reference revenue value



Source: Fluence 2023 smart-e Europe presentation

Incentive Schemes at Other Countries

Australia

Structure of Support	OPEX Support - via Annuity options contract (minimum revenue guarantee) and revenue sharing threshold (above which 50% of revenue is shared); 10 year contract
Financed by	Tax funded: state government as contract counterpart
Technology incentivized	Agnostic – Stand-alone or hybrid energy storage but also fossil fuel plants; minimum storage size 5 MW and duration of 2h; minimum availability of 97%, locational requirement
Term	One-off: Auction to secure 2025-26 Energy Security Target; additional auctions possible if Energy Security Target is breached
Claw back mechanism	Flexible Cap – with 50% revenue share above defined threshold
Contract Award	Auction cleared on lowest bid for annuity option and revenue sharing threshold
Volume	380 MW
Status of scheme	Tender conducted in Q2 2023
Strength	Revenue sharing threshold instead of firm cap incentivizes ongoing optimization of asset
Weakness	No revenue reference/yardstick approach to define support level



Source: Fluence 2023 smart-e Europe presentation

Current Situation in Turkey - Regulations

Depolama konusundaki ana yönetmelik, “**Elektrik Piyasasında Depolama Faaliyetleri Yönetmeliği**” olarak karşımıza çıkmaktadır.

5 Farklı şekilde depolama tesisleri tanımlanmıştır. Bunlar,

- Üretim tesisine bütünleşik elektrik depolama ünitesi,
- Tüketim tesisine bütünleşik elektrik depolama tesisi,
- Müstakil elektrik depolama tesisi,
- Şebeke işletmecileri tarafından kurulan elektrik depolama tesisi,

- **Üretime bütünleşik için**, Şebekeden çekilip tekrar şebekeye verilen enerji teşvik/alım garantisi kapsamına girmez.
- **Tüketime bütünleşik için**, şebekeye verilen enerji UEVM hesabında dikkate alınmaz.
- **Müstakil depolama tesisi**, 2 MW’tan küçük olamaz.
- **Şebeke işletmecileri için** depolama fayda maliyet analizi yapılarak yapılabilir.
- **Ar-Ge amacıyla** 1 MW’ı geçmeyecek şekilde depolama kurulabilir. UEVÇ/M’de dikkate alınmaz

Current Situation in Turkey - Regulations

Lisans Yönetmeliği'ne göre,

- a) Rüzgar veya güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisinin elektriksel kurulu gücünün, kurulması taahhüt edilen elektrik depolama ünitesi kurulu gücüne oranının azami 1 olması,
- b) Başvuruların, rüzgar enerjisine dayalı başvurular için asgari 20 MWe, güneş enerjisine dayalı başvurular için ise asgari 10 MWe kurulu güçte olması ve 250 MWe'yi aşmaması,
- c) Taahhüt edilen elektrik depolama kapasitesinin söz konusu elektrik depolama ünitesi kurulu gücüne oranının asgari 1 olması,
- ç) Taahhüt edilen elektrik depolama ünitesinin başvuruya konu santral sahası sınırları içerisinde olması, zorunludur.

- Depolamalı elektrik üretim tesisi kapsamındaki başvurular için, diğer başvurular için aranan “bağlantı noktası ve/veya bağlantı bölgesinde ilan edilen kapasite” şartı aranmaz. Bunun yerine TEİAŞ'tan bağlantı görüşü alınır.
- Depolamalı elektrik üretim tesisi bünyesindeki elektrik depolama ünitelerinin işletmede olmadığı uzlaştırma dönemlerinde, söz konusu depolamalı elektrik üretim tesislerinin sisteme veriş miktarları, ilgili mevzuat uyarınca uzlaştırma hesaplamalarında dikkate alınmaz.
- Başvurudan sonra 90 gün içerisinde teminatın, önlisans verilmesine ilişkin Kurul kararının bildirim tarihinden itibaren 90 gün içerisinde asgari sermaye yükümlülüklerinin yerine getirilmesi zorunludur

Current Situation in Turkey - Regulations

YEKDEM Destekleri

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	01.06.2023 YEKDEM Fiyat (TL kr/kWh)	01.06.2023 YEKDEM Yerli Aksam Desteği (TL kr/kWh)	01.07.2023 YEKDEM Fiyat (TL kr/kWh)	01.07.2023 YEKDEM Yerli Aksam Desteği (TL kr/kWh)	01.08.2023 YEKDEM Fiyat (TL kr/kWh)	01.08.2023 YEKDEM Yerli Aksam Desteği (TL kr/kWh)
Karasal Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	107,64	29,25	118,67	32,25	132,56	36,02
Deniz Üstü Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	146,23	39,04	161,22	43,04	180,09	48,08
Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	107,64	29,25	118,67	32,25	132,56	36,02
Rüzgar veya güneş enerjisine dayalı üretim tesisi ile bütünleşik elektrik depolama tesisi	126,93	39,04	139,94	43,04	156,32	48,08

Depolama yerli katkısı 5 yıldan 10 yıla, baz fiyat ise 132,56 krş/kWh'dan 156,32 krş/kWh'a (%17,9 artış) çıkmaktadır.

Yerli Aksam Şartları

TESİS TÜRÜ	AKSAM	YMB YKO	PUAN	TANIM/YAPISI	YKO HESABINDAKI YERLİ GİRDİ ŞARTI VE DİĞER ŞARTLAR
F.ELEKTRİK DEPOLAMA TESİSİ	Batarya Hücresi	-	50	Tanım: Elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depolayıp istendiğinde sisteme geri verebilen temel batarya bileşeni. Yapısı: Anot, katot, seperatör, elektrolit ve koruyucu kaplamadan oluşan enerji depolama birimi.	Batarya hücreleri yurt içinde üretilmelidir. YMB yerine YİDB sunulabilir.
	Batarya Yönetim Sistemi	51	10	Tanım: Batarya hücrelerinin şarj, deşarj ve bekleme esnasındaki denetimini ve yönetimini gerçekleştiren sistemler. Yapısı: Batarya modül ve/veya paketlerinde akım, gerilim, sıcaklık, şarj durumu ve benzeri. değerlerin ölçüm ve denetimini yapan, bataryaların aşırı şarj/deşarj, sıcaklık ve benzeri. olumsuzluklardan korunmasını sağlayan donanım ve yazılım.	Elektronik donanımın tasarımı, yazılım ve montaj faaliyetleri yurt içinde yapılmalıdır.
	Güç Elektronik Ekipmanlar ¹	51	30	Tanım: Bataryalar ile şebeke arasında enerji alışverişi için doğru akım ile şebeke bağlantı noktasındaki frekans değerleriyle uyumlu olacak şekilde alternatif akım arasında çift yönlü dönüşüm yapabilen güç elektroniği ünitesi/üniteleri. Yapısı: Elektronik donanım, yazılım, güç modülleri, dönüştürücüler, bobinler, filtreler, güç kaynakları, soğutucu üniteler, kontrol donanımları, haberleşme donanımları ve diğer elektronik/elektromekanik bileşenlerden oluşan yapı.	Elektronik donanımın tasarımı, yazılım ve montaj faaliyetleri yurt içinde yapılmalıdır.
	Enerji Yönetim Sistemi	51	10	Tanım: Projenin operasyonel özelliklerini sağlayan ana kontrol sistemi. Yapısı: Batarya depolama sisteminin yerine getireceği çalışma modlarını ve bu çalışma modlarının hangi sıra ve önceliğe göre uygulanacağını yöneten, batarya yönetim sistemi, güç elektroniği ekipmanları ve diğer sistem bileşenleri ile veri alışverişi yaparak onları komuta eden yazılım ve donanımı içeren üst düzey kontrol sistemi.	Elektronik donanımın tasarımı, yazılım ve montaj faaliyetleri yurt içinde yapılmalıdır.
	TOPLAM PUAN			100	

TASLAK

Yerli aksam desteği için minimum şart 50 puan olduğu için, **yerli hücre kullanmayan** depolama sistemleri yerli aksam desteğinden **faydalanmamaktadır**.

Türkiye'de Depolama ile Yan Hizmetler Katılımı

Mevcut TEİAŞ Depolama Teknik Kriterlerine Göre,

- PFK için Depolama Kapasite/ Kurulu Güç oranı en az 1.25,
- 3 saatlik SFK için Kapasite/ Kurulu Güç oranı en az 6.75,
- 4 saatlik SFK için Kapasite/ Kurulu Güç oranı en az 9,
- 5 saatlik SFK için Kapasite/ Kurulu Güç oranı en az 11.25 olmalıdır.

Bu durumda Arbitraj ile birlikte çalışacağı düşünülen 100 MWh – 100 MW bir batarya maksimum,

- 80 MW - PFK,
- 14.8 MW - 3 saatlik SFK,
- 11.2 MW - 4 saatlik SFK,
- 8.8 MW - 5 saatlik SFK tutabilir.

Bu durumda ilgili saat diliminde 1 saatte 100 MW ile kazanabileceği arbitraj gelirlerini bu PFK – SFK gücü ve süreleriyle kazanabilecek şekilde TL/MW teklifleri vermek zorunda kalacaktır.

Bu şartlarla simulasyonlar gerçekleştirilmiş ve 2022 yılı için sonuçlar hazırlanmıştır.

PFK – SFK Fiyatlandırma Mantığı

Örnek, elimizde 100 MWh kapasiteli – 100 MW gücünde bir batarya olsun.



Örnek PFK ve SFK Teklifleri

- **22 Ocak 2022** tarihinde PTF gün boyu hiç değişmemiş ve 1345 TL/MWh olmuştur. Bu durumda bataryanın arbitrajdan elde edebileceği gelir 0 TL/MWh'dir.
- Bu durumda PFK ve SFK teklifi de 0 TL olmakta ve diğer tekliflerle gerçekleşen fiyatlara göre kazancı olmaktadır.
- **8 Ekim 2022** tarihinde maksimum PTF 4800 TL/MWh iken, minimum PTF 1357 TL/MWh olmuştur. Bu durumda arbitraj geliri 3443 TL/MWh olabilir.
- Bu durumda 100 MWh - 100 MW kurulu batarya, maksimum 80 MW PFK tutabilirken 1 saatte kazanabileceği arbitraj gelirini 24 saat PFK tutarak (varsayım) elde edebilecek şekilde teklif edecektir.

$$100 \text{ MWh satış} * 4800 \text{ TL} - 100 \text{ MWh alış} * 1357 \text{ TL} = 344.300 \text{ TL}$$

$$344.300 \text{ TL} / 24 = 14346 \text{ TL}$$

$$14346 \text{ TL} / 80 \text{ MW} = 179 \text{ TL/MW}$$

Günlük potansiyel arbitraj geliri

24 saat PFK tutulması halinde saatlik elde edilmesi gereken minimum gelir

80 MW PFK tutulması ile MW başına PFK teklif miktarı

- 100 MWh - 100 MW kurulu batarya, 3 saatlik SFK bloku için (En düşük SFK teklifi) teklif vermek istediğinde, maksimum 14,8 MW SFK tutabilir. Günde tek bir blokta SFK tutabilecek şekilde teklif verecektir.

$$100 \text{ MWh satış} * 4800 \text{ TL} - 100 \text{ MWh alış} * 1357 \text{ TL} = 344.300 \text{ TL}$$

$$344.300 \text{ TL} / 3 = 114.766 \text{ TL}$$

$$114766 \text{ TL} / 14,8 \text{ MW} = 7.754 \text{ TL/MW}$$

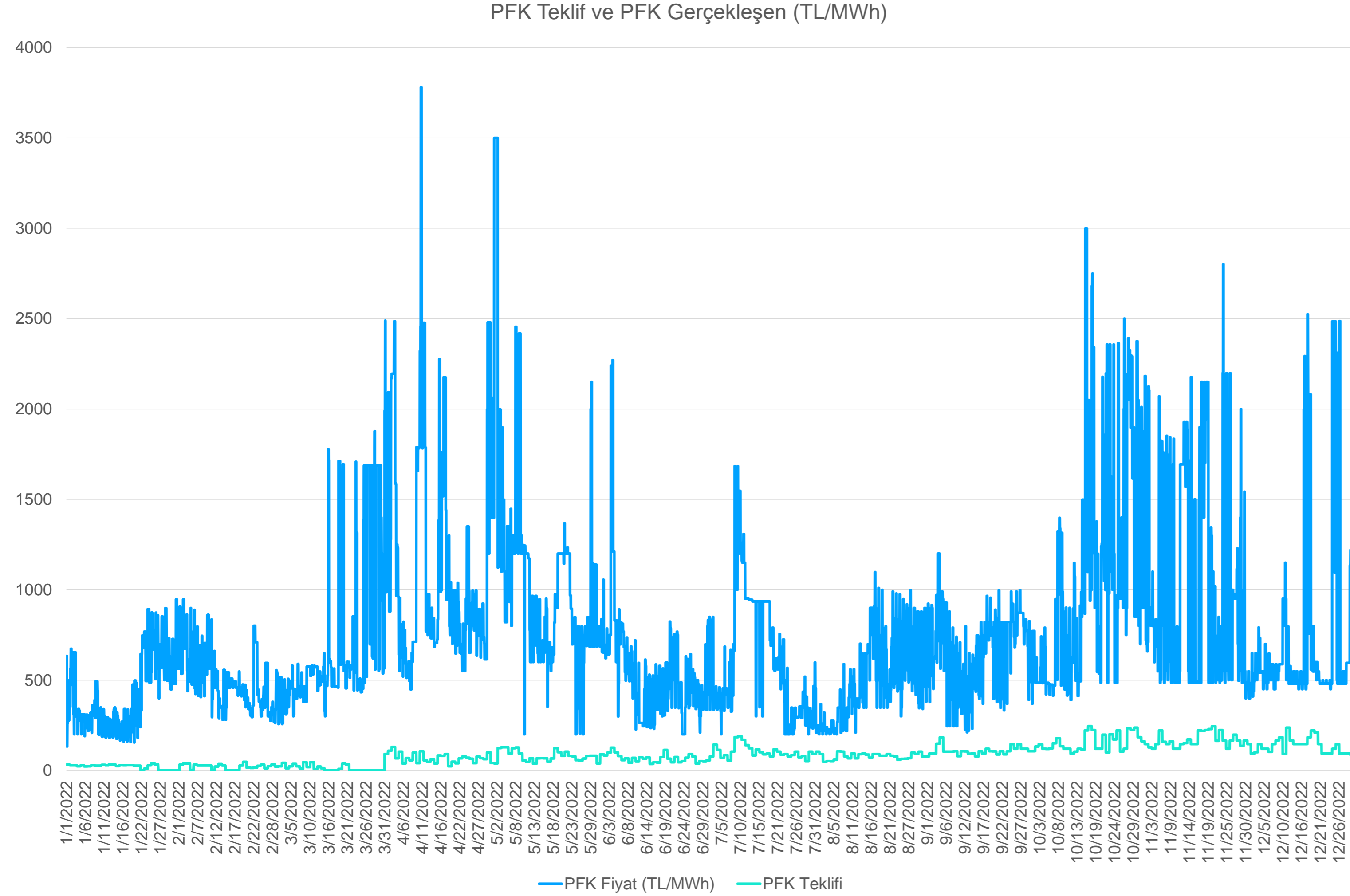
Günlük potansiyel arbitraj geliri

3 saatlik blokta SFK tutulması halinde saatlik elde edilmesi gereken minimum gelir

14.8 MW SFK tutulması ile MW başına SFK teklif miktarı

- 8 Ekim 2022 tarihinde ortalama PFK fiyatı 1093 TL/MW, SFK fiyatı 1785 TL/MW olarak gerçekleşmiştir.

Mevcut Durum Sonuçlar - PFK



PFK süresi boyunca ve her bir PFK bloku sonrası batarya şarj durumunun istenen aralıkta kaldığı varsayılarak günün 24 saati PFK teklifi verilebildiği varsayılmıştır.

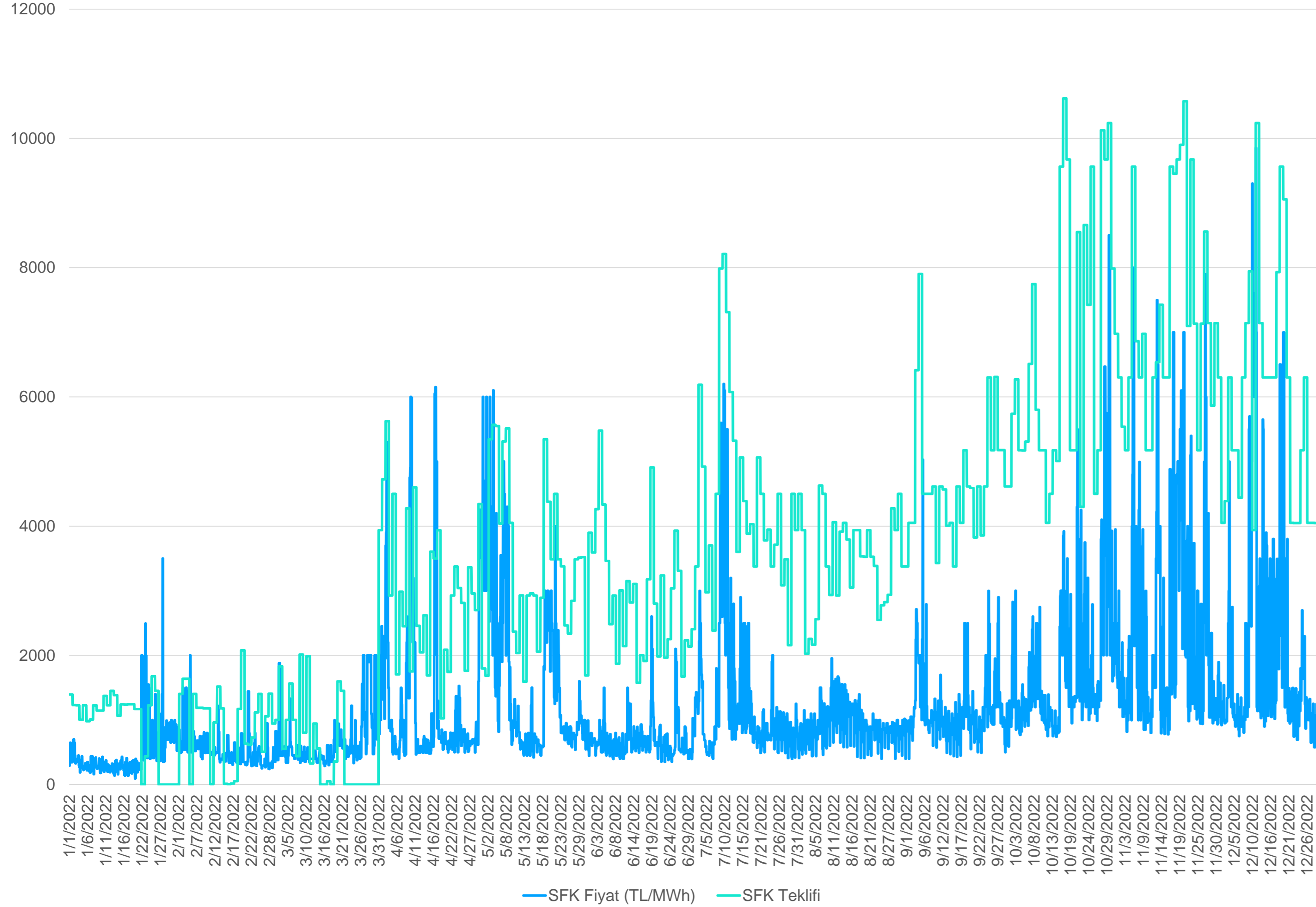
Bu durumda, 2190 blokun **tamamında** girilen PFK ihaleleri kazanılmaktadır.

2022 yılı için ortalama PFK gerçekleşen 754 TL/MWh iken, batarya teklifi 86 TL/MWh olmaktadır (24 saat PFK olması durumunda)

PFK teklifinin 1.5 katı ortalama PFK gerçekleşmesi durumunda 2022 yılı için 90.000.000 TL gelir elde edilmektedir. (Tamamı PFK)

Mevcut Durum Sonuçları - SFK

SFK Teklif ve SFK Gerçekleşen (TL/MWh)



SFK süresi boyunca ve her bir SFK bloku sonrası batarya şarj durumunun istenen aralıkta kaldığı varsayılarak günün 24 saati SFK teklifi verilebildiği varsayılmıştır.

Bu durumda, 2190 blokun **sadece 60 tanesinde** girilen SFK ihaleleri kazanılmaktadır.

2022 yılı için ortalama SFK gerçekleşen 1248 TL/MWh iken, batarya teklifi 3695 TL/MWh olmaktadır.

SFK Kazanılan dilimlerde arbitraj sıfıra yakın durumdadır. Bu durumda 2022 yılında yaklaşık 2.500.000 TL SFK geliri elde edilmektedir. SFK alınmayan zamanlarda ise 57.500.000 TL de arbitraj geliri elde edilmektedir.

Teşekkürler



smartPulse

