

ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMLERİNDE VERİMLİLİK

aksess

SolarVizyon 2025

Güneş Enerjisi ve Enerji Dönüşümü Zirvesi

6. Oturum

18 Aralık 2025

Ankara

powered by
aksay-energies



Enerji Depolama Sistemlerinde **Verimlilik**



Enerji Depolama sistemlerinde verimliliğin tanımı:

Bir enerji depolama sisteminin kapsamlı verimliliği; şebekeye verilen elektrik enerjisi miktarı ile şebekeden ya da santralden alınan elektrik enerjisi miktarı arasındaki oran olarak tanımlanır.

$$\text{verimlilik} \% \frac{\text{Deşarj Enerji Miktarı}}{\text{Şarj Enerji Miktarı}}$$

 **RTE %** (Round-Trip Efficiency)

RTE (Round-trip Efficiency)

Verimliliğin enerji depolamadaki terimsel tanımı RTE olarak adlandırılır. RTE oranı, bir enerji depolama sistemine verilen 100 birim enerji miktarına karşılık alınacak X birim enerji miktarını gösterir.

$$\text{RTE \%} = \frac{\text{enerji depolama sisteminden alınan enerji}}{\text{enerji depolama sistemine verilen enerji}} \times 100$$

A decorative graphic consisting of two overlapping squares, one dark blue and one dark red, positioned to the left of the title.

RTE'yi etkileyen faktörler

Bir enerji depolama sisteminin **RTE** değerini, sistemin bileşenleri ve dizaynı belirler.

Sahada gerçek **RTE**'yi belirleyen başlıca faktörler;

- **Batarya Tipi ve Hücre Özellikleri**
- **Şarj / Deşarj Hızı (C-Rate)**
- **PCS Verimi (Çift yönlü İnvörtör)**
- **EMS Verimi**
- **HVAC Verimi**

Enerji Depolama Sistemlerinde Verimlilik Nasıl Hesaplanır

GB/T 51437-2021 (Çin) "Rüzgar-Güneş-Depolama Hibrit Enerji Santrallerinde Dizayn Standartları"na göre, enerji depolama sisteminin verimliliğini tüm faktörleri dikkate alarak kümülatif olarak hesaplamak gereklidir.

$$\Phi = \Phi_1 \times \Phi_2 \times \Phi_3 \times \Phi_4$$

Φ_1 : Batarya Verimliliği

Φ_2 : PCS Verimliliği

Φ_3 : Elektrik Hattı Verimliliği

Φ_4 : Trafo Verimliliği

Batarya Verimliliği

Bataryanın kimyası ve hücre özelliklerine göre batarya verimliliği değişir. Enerji depolama sistemlerinde batarya seğimi yapılırken sadece verimlilik oranı değil, döngü sayısı ve maliyet de gözetildiği için řu anda şebeke ölçekli enerji depolama sistemlerinde **LFP Batarya** yoğun olarak tercih edilmektedir.

LFP (Lityum - Ferro Fosfat) Batarya : %88 – 94

NMC (Nikel – Mangan – Kobalt) Batarya : %85

Na-Ion (Sodyum İyon) Batarya : %95

Flow (Akıřkan) Batarya : %70- %80

Batarya

Şarj – Deşarj Hızı (C-Rate)

C Oranı (C-Rate), bir bataryanın toplam kapasitesine göre şarj veya deşarj edilme hızını tanımlamak için kullanılan bir ölçüttür.

$$C_{rate} = \frac{1}{t_{hour}}$$

0.25C : 4 saat

0.5C : 2 saat

1C : 1 saat

2C : 30 dakika

C Oranını matematiksel olarak ifade edecek olursak;

10 MWh bir enerji depolama sisteminde, 1 saatte yapılabilen şarj/deşarj miktarı;

0,25 C için. 2,5 MW,

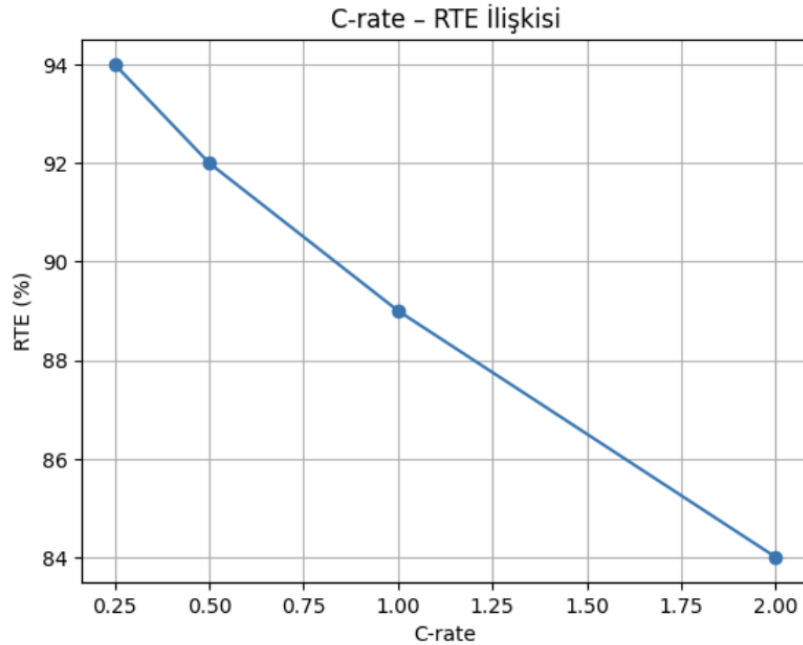
0,5 C için, 5 MW,

1C için 10 MW

olarak hesaplanabilir.

C-Rate / RTE %

C-Oranı'nın RTE'ye etkisi ters orantılıdır.



C-Rate arttıkça RTE düşer

Düşüşün ana nedenleri:

- İç direnç kaynaklı **I^2R kayıplarının artması**
- Yüksek akımda **ısı artışı** ve buna bağlı olarak **HVAC enerji tüketiminin artması**
- BMS / PCS kayıplarının yükselmesi

PCS Çalışma Şeması



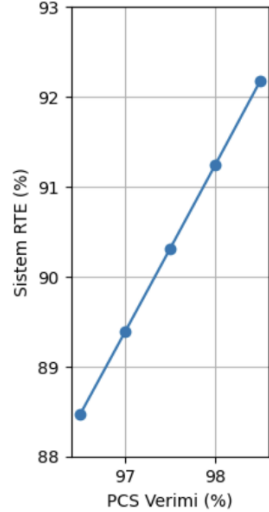
PCS
(1000 kW - 1725 kW)

PCS Verimi

PCS verimi, Batarya (DC) / Şebeke (AC) dönüşümü sırasında, **çıktı gücünün giriş gücüne oranıdır.**

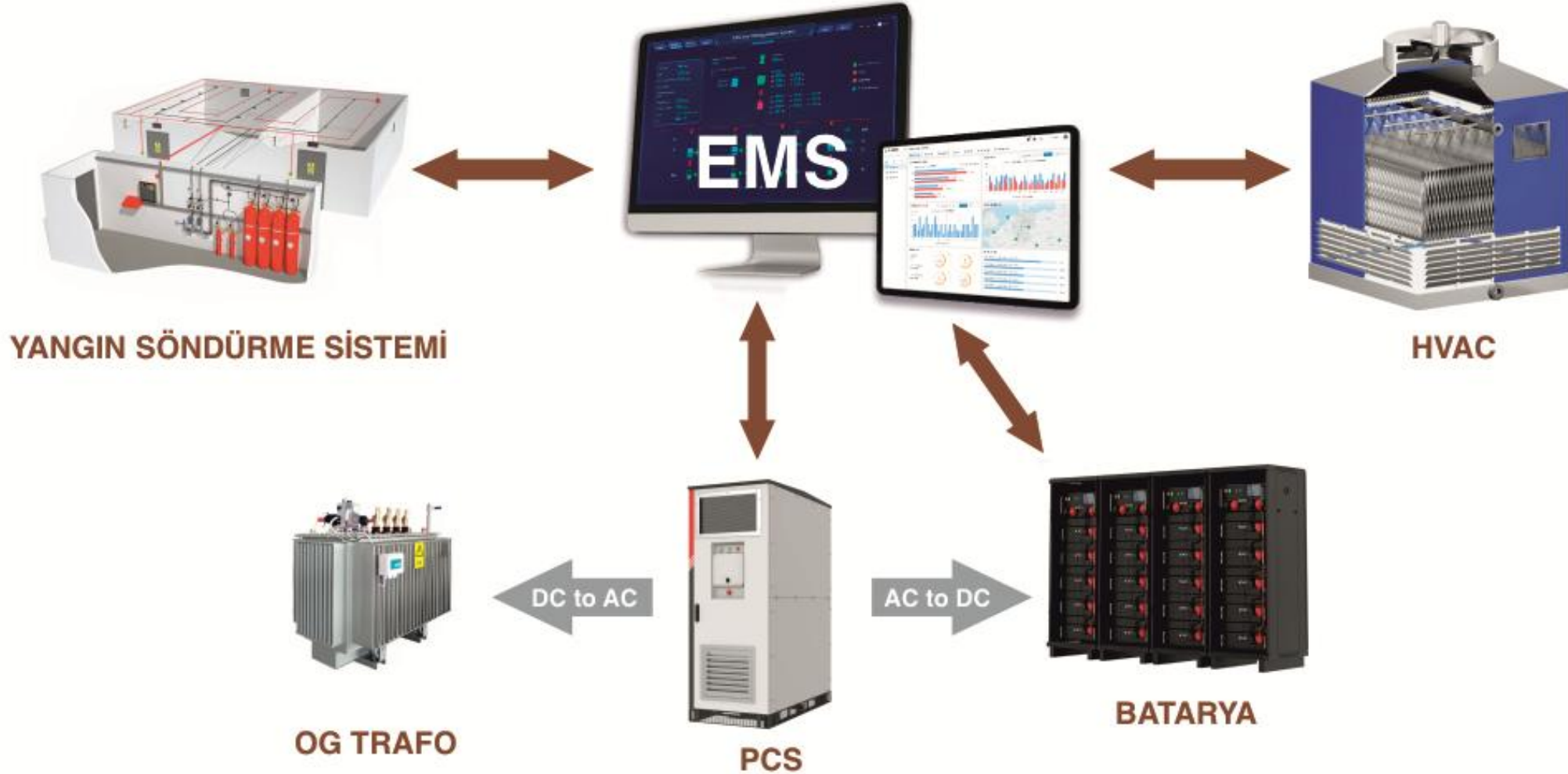
Bu oranı etkileyen ana faktörler, **yük seviyesi** ve **sıcaklıktır.**

PCS Verimi - Sistem RTE (1 birim = 1 birim, eşit ölçek)



- PCS verimindeki **%1'lik artış**, RTE'de **≈%2'ye yakın** etki yaratır. (çift yönlü dönüşüm sebebi ile)
- C-Rate arttıkça PCS verimi düşer.

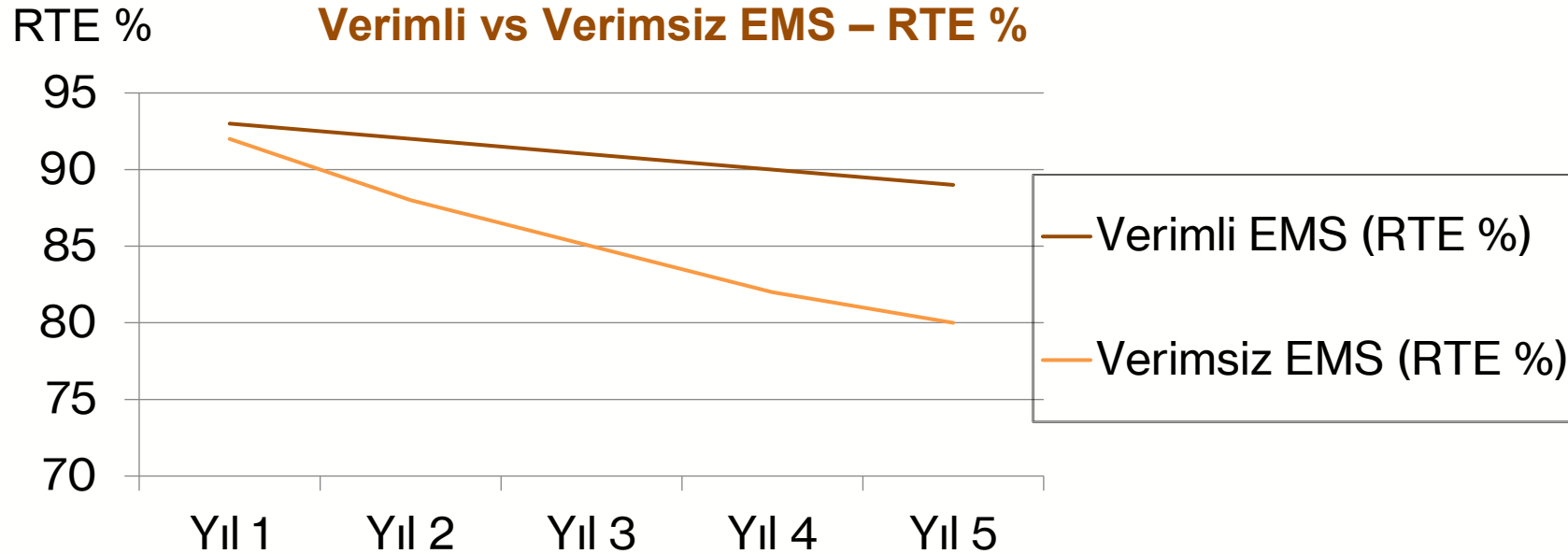
EMS Çalışma Şeması



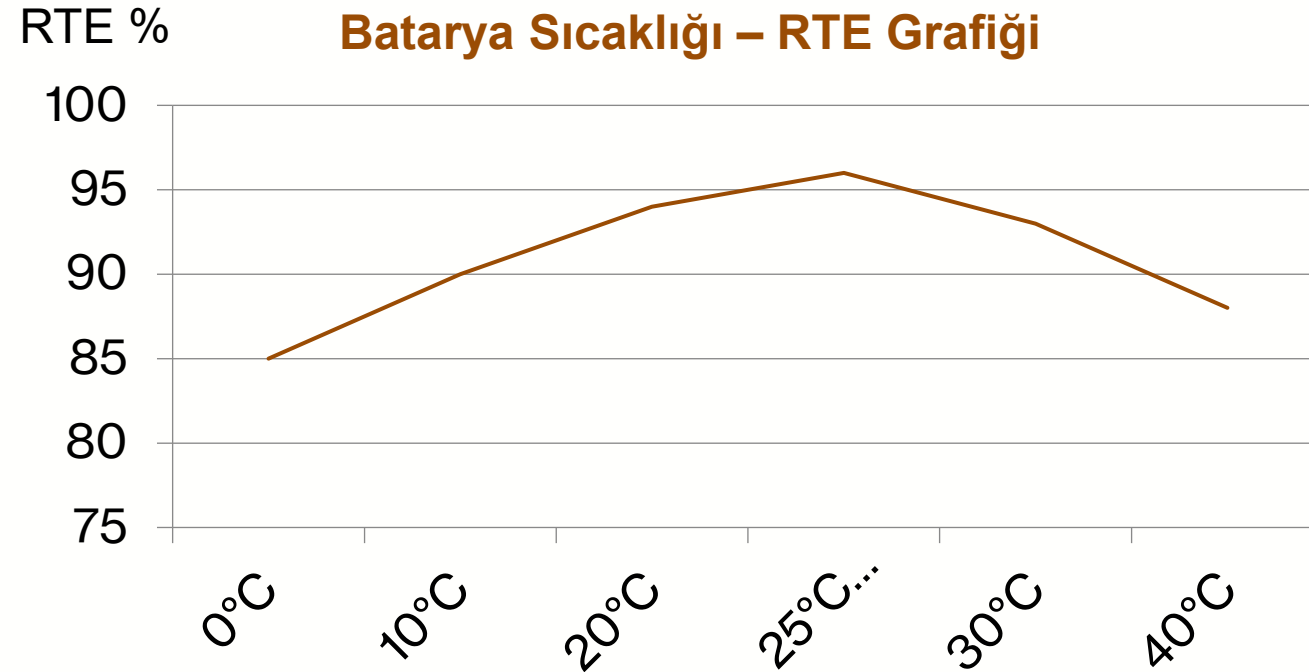
EMS Verimi

EMS ; batarya ve şebeke arasında **enerji akışını** yönetmektedir.

Doğru yapılandırılmış bir EMS, kısa vadede **gelir optimizasyonu** sağlarken, uzun vadede **sistem verimliliği kaybını** ve batarya yıpranmasını **engeller**.



Batarya verimliliği, düşük ve yüksek sıcaklıklarda azalır. **HVAC sistemi, bataryanın ideal sıcaklıkta çalışmasını sağlayarak RTE'yi korur.** Yardımcı yükleri optimize edilmiş bir HVAC tasarımı, sistem RTE'sinde %1–2 artış sağlar.



Termal Degradasyon

Termal degradasyon, enerji depolama sistemlerinde batarya hücrelerinin **yüksek, düşük veya dengesiz sıcaklıklar** nedeniyle zamanla **kapasite ve verim kaybetmesi** sürecidir.

- Sıcaklık Dengesizliği (ΔT), batarya modülleri arasında farklı yaşlanmaya sebep olur.

Yüksek Sıcaklık	Düşük Sıcaklık	Sıcaklık Dengesizliği (ΔT)
Her +10 °C artış ↓ yaşlanma hızını 2 kat arttırır	Şarj verimi düşer Kapasite kaybı oluşur	Modüller arası farklı yaşlanma oluşur En sıcak hücre, sistem ömrünü belirler

Yüksek verimli bir enerji depolama sistemi, sadece marka seçiminden ibaret değildir. Doğru sistem tasarımı ve etkili termal yönetim, verimliliğin belirleyici unsurlarıdır.

Düşük verimli enerji depolama sistemi;

- Yıllık net enerji deşarjında azalmaya,
 - Depolanan enerji birim maliyetin artmasına,
 - Batarya termal degradasyonunun hızlanmasına
- ve tüm bunların sonucunda
- **Geri ödeme süresinin uzamasına neden olur.**



Teşekkür Soru - Cevaplar



Katıldığınız için teşekkür ederiz.

Tüm teknik ve diğer sorularınız için ulaşabilirsiniz.

caksay@aksess.com.tr

(0532) 244 28 92

Linkedin: Cemalettin Aksay