

VII. ELEKTRİK TESİSLERİ ULUSAL KONGRE VE SERGİSİ

DİZİ VE OPTİMİZERLİ İNVERTER ÇATI TİPİ GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ UYGULAMALARI VE MALİYET ANALİZİ

Fatih KAYA
İzmir Bakırçay Üniversitesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği
Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi

Bayram KÖSE
İzmir Bakırçay Üniversitesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
Dr. Öğretim Üyesi

Serkan HORZUM
Ege Üniversitesi, Aliğa Meslek
Yüksekokulu Elektrik Bölümü
Öğretim Görevlisi

İzmir-2023

İÇERİK

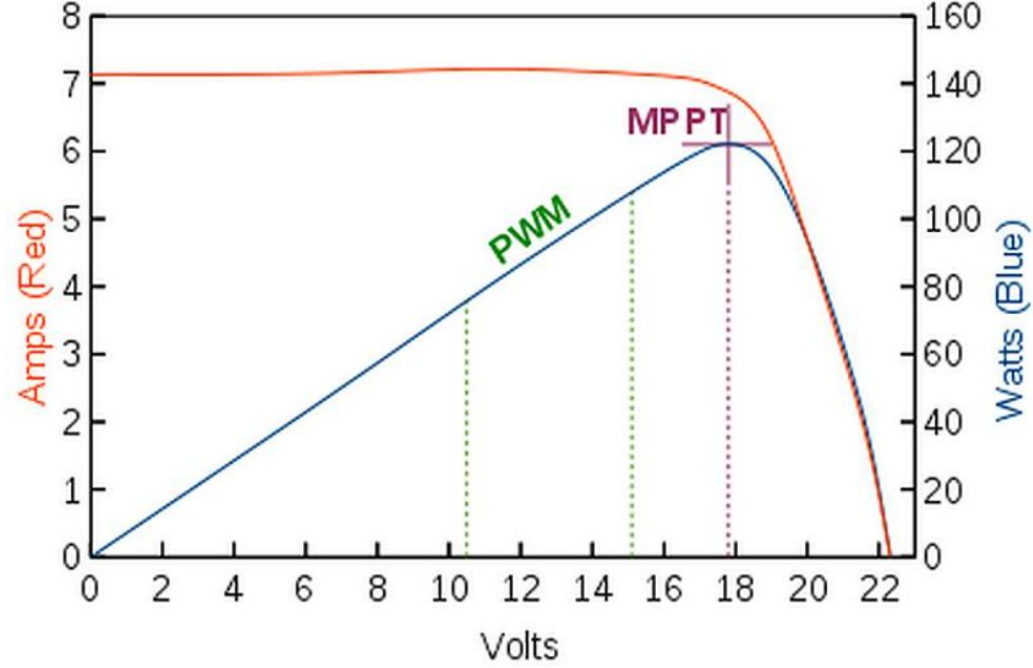
- Giriş
- Dizi İnverter Sistemi
- Optimizerli İnverter Sistemi
- Dizi ve Optimizerli Sistem Karşılaştırılması
- Bu Alanda Yapılan Çalışmalar
- İki Sistemin Farklı İki Gölgeleme Senaryosu İle İncelenmesi
- Ege Bölgesinde Bulunan İki Saha Verilerinin İncelenmesi
- Sonuçlar ve Yorumlar

GİRİŞ



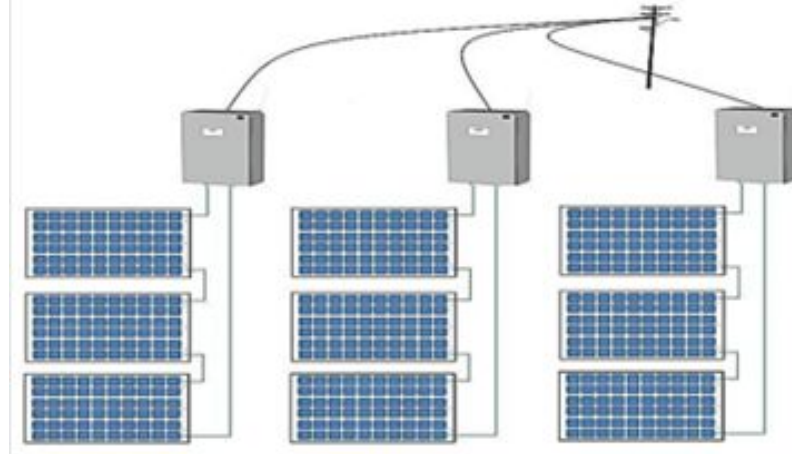
- PV paneller üretim parametreleri ve verim(**%17-23**)
- PV panel yapısı (**bay-pass diyot-%65 kayıp**)
- Dış etmenlere duyarlılık (**gölgelenme vb.**)
- Yıllara göre üretim performansı (**PV panel yıllık performans kaybı %0,55-%3 kayıp**)

GİRİŞ



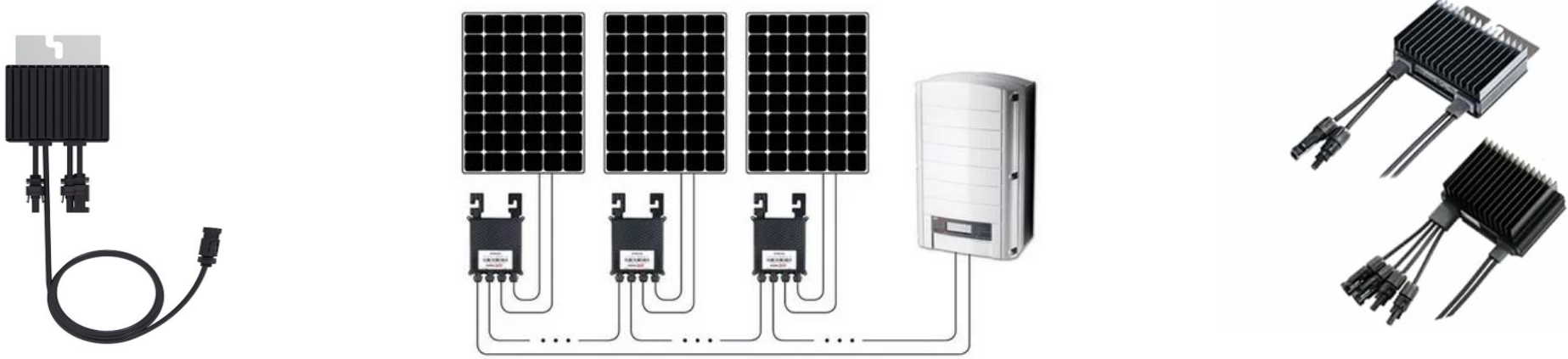
- **Maksimum güç noktası izleme (MPPT);** PV sisteminin değişken şartlarda en yüksek güç noktasında çalışmasını sağlar. [1,2]

DİZİ İNVERTER SİSTEMİ



- Dizi inverterde panellerin DC giriş voltajının izin verdiği bir voltaj değerine kadar bir birine **seri** bağlanır.[1]
- Seri dizideki herhangi bir güneş paneli arızalanır veya **gölgeye** maruz kalırsa tüm güneş panellerindeki üretim olumsuz yönde etkilenir ve sistem verimi ciddi oranda azalır. [2]

OPTİMİZERLİ İNVERTER SİSTEMİ



- Güç optimizasyonu sayesinde PV panel bazlı meydana gelen verim düşümleri diğer PV panelleri **etkilemeyecektir**. [1]
- Güç optimizasyonu MPPT'yi gerçekleştirerek enerji üretimini **en üst düzeye** çıkartmayı amaçlar. [3]
- Güç optimizasyonu dizi uzunluğuna ve çevre koşullarına bakmaksızın dizi gerilimini **sabit** bir seviyede düzenler. [2]

OPTİMİZERLİ İNVERTER SİSTEMİ

Güç optimizierli inverter sistemi izleme platformu ile PV panel bazlı izleme yapılabilmektedir.

166 Wh	162.25 Wh	166.75 Wh	158.5 Wh	166 Wh	170.25 Wh	176.25 Wh
8.1.18	9.1.16	9.1.12	9.1.14	9.1.26	9.1.20	9.1.5
343.75 Wh	360.5 Wh	358.75 Wh	346.75 Wh	349.75 Wh	352.5 Wh	364 Wh
8.1.24	9.1.2	9.1.25	9.1.21	9.1.15	9.1.11	9.1.3

2.16 kWh	2.08 kWh	2.11 kWh	1.97 kWh	2.02 kWh	2.11 kWh	1.87 kWh
8.1.18	9.1.16	9.1.12	9.1.14	9.1.26	9.1.20	9.1.5
2.35 kWh	2.36 kWh	2.38 kWh	2.35 kWh	2.37 kWh	2.39 kWh	2.42 kWh
8.1.24	9.1.2	9.1.25	9.1.21	9.1.15	9.1.11	9.1.3

167.25 Wh	158 Wh	154.5 Wh	168.5 Wh	167.25 Wh	162.5 Wh	166.75 Wh	164.75 Wh	128.25 Wh
8.1.26	9.1.18	9.1.7	9.1.19	9.1.22	9.1.17	9.1.23	9.1.1	9.1.9
318.25 Wh	343 Wh	345.25 Wh	350.75 Wh	355.75 Wh	357.5 Wh	352.75 Wh	339.75 Wh	354.75 Wh
8.1.17	9.1.24	9.1.6	9.1.10	9.1.4	9.1.8	9.1.13	10.1.1	10.1.23

2.15 kWh	2.11 kWh	2.04 kWh	2.15 kWh	2.11 kWh	2.09 kWh	2.1 kWh	2.08 kWh	1.43 kWh
8.1.26	9.1.18	9.1.7	9.1.19	9.1.22	9.1.17	9.1.23	9.1.1	9.1.9
2.24 kWh	2.38 kWh	2.35 kWh	2.33 kWh	2.37 kWh	2.38 kWh	2.39 kWh	2.37 kWh	2.4 kWh
8.1.17	9.1.24	9.1.6	9.1.10	9.1.4	9.1.8	9.1.13	10.1.1	10.1.23

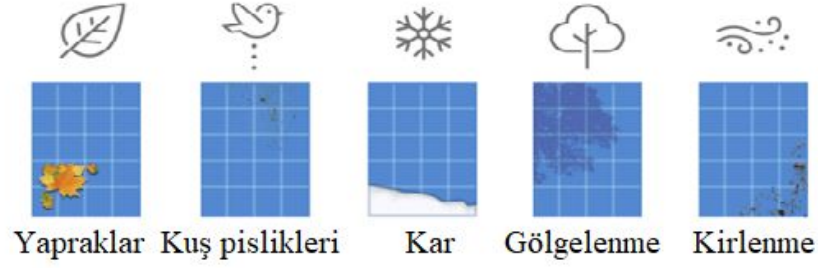
160 Wh	150.75 Wh	170 Wh	176.5 Wh	169.75 Wh	152.5 Wh	171.5 Wh	164 Wh	163.5 Wh	171 Wh	110.5 Wh
8.1.22	10.1.11	10.1.16	10.1.19	10.1.9	10.1.3	10.1.22	10.1.20	10.1.17	10.1.15	10.1.2
310.25 Wh	348.75 Wh	365.75 Wh	350.75 Wh	348 Wh	353.5 Wh	355 Wh	354.75 Wh	362.25 Wh	350.75 Wh	242.5 Wh
8.1.19	10.1.5	10.1.10	10.1.7	10.1.14	10.1.8	10.1.26	10.1.21	10.1.4	10.1.18	10.1.13

2.11 kWh	2.02 kWh	2.14 kWh	2.2 kWh	2.13 kWh	2.12 kWh	2.15 kWh	2.12 kWh	2.13 kWh	2.14 kWh	1.3 kWh
8.1.22	10.1.11	10.1.16	10.1.19	10.1.9	10.1.3	10.1.22	10.1.20	10.1.17	10.1.15	10.1.2
2.27 kWh	2.33 kWh	2.43 kWh	2.34 kWh	2.39 kWh	2.4 kWh	2.37 kWh	2.33 kWh	2.41 kWh	2.33 kWh	1.72 kWh
8.1.19	10.1.5	10.1.10	10.1.7	10.1.14	10.1.8	10.1.26	10.1.21	10.1.4	10.1.18	10.1.13

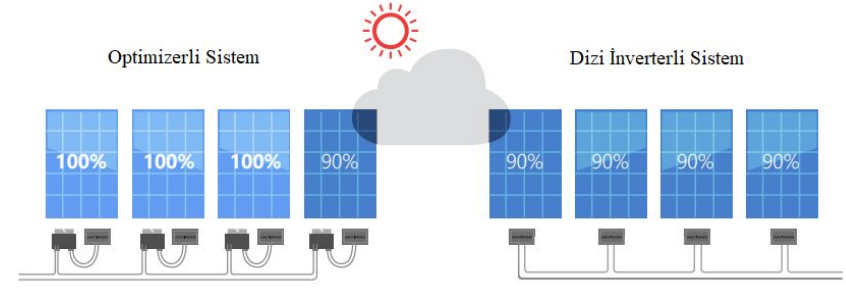
160.5 Wh	167 Wh	159.75 Wh	154.75 Wh	163.5 Wh	172.5 Wh	165.5 Wh	172.5 Wh	170.25 Wh	165.5 Wh	161 Wh	178.5 Wh
8.1.25	10.1.6	10.1.25	11.1.20	11.1.21	11.1.4	11.1.2	11.0.1	11.1.18	11.1.12	11.1.10	11.1.13
344.75 Wh	365.25 Wh	346 Wh	339.25 Wh	324 Wh	341 Wh	353.25 Wh	344.25 Wh	337.75 Wh	355.75 Wh	353.5 Wh	344.75 Wh
8.1.20	10.1.24	10.1.12	11.1.24	11.1.5	11.1.16	11.1.8	11.1.3	11.1.6	11.1.15	11.1.1	11.1.17

2.14 kWh	2.15 kWh	2.09 kWh	2.04 kWh	2.1 kWh	2.12 kWh	2.1 kWh	2.18 kWh	2.13 kWh	2.06 kWh	2.09 kWh	2.17 kWh
8.1.25	10.1.6	10.1.25	11.1.20	11.1.21	11.1.4	11.1.2	11.0.1	11.1.18	11.1.12	11.1.10	11.1.13
2.33 kWh	2.42 kWh	2.33 kWh	2.3 kWh	2.24 kWh	2.35 kWh	2.34 kWh	2.31 kWh	2.29 kWh	2.35 kWh	2.33 kWh	2.32 kWh
8.1.20	10.1.24	10.1.12	11.1.24	11.1.5	11.1.16	11.1.8	11.1.3	11.1.6	11.1.15	11.1.1	11.1.17

DİZİ VE OPTİMİZERLİ İNVERTER SİSTEMİN KARŞILAŞTIRILMASI



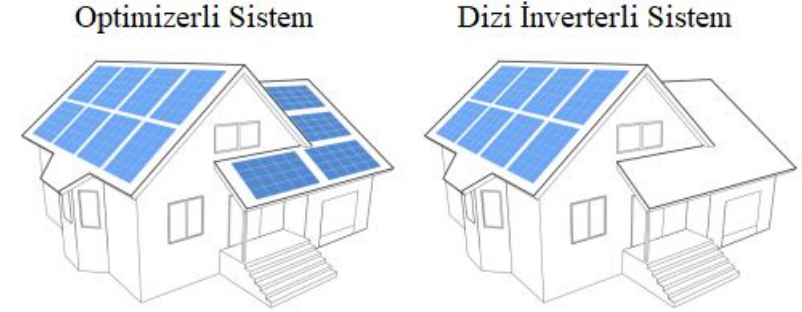
□ Dış Etmenlere Duyarlılık



□ Sistem Performansının İzlenmesi



□ Güvenlik

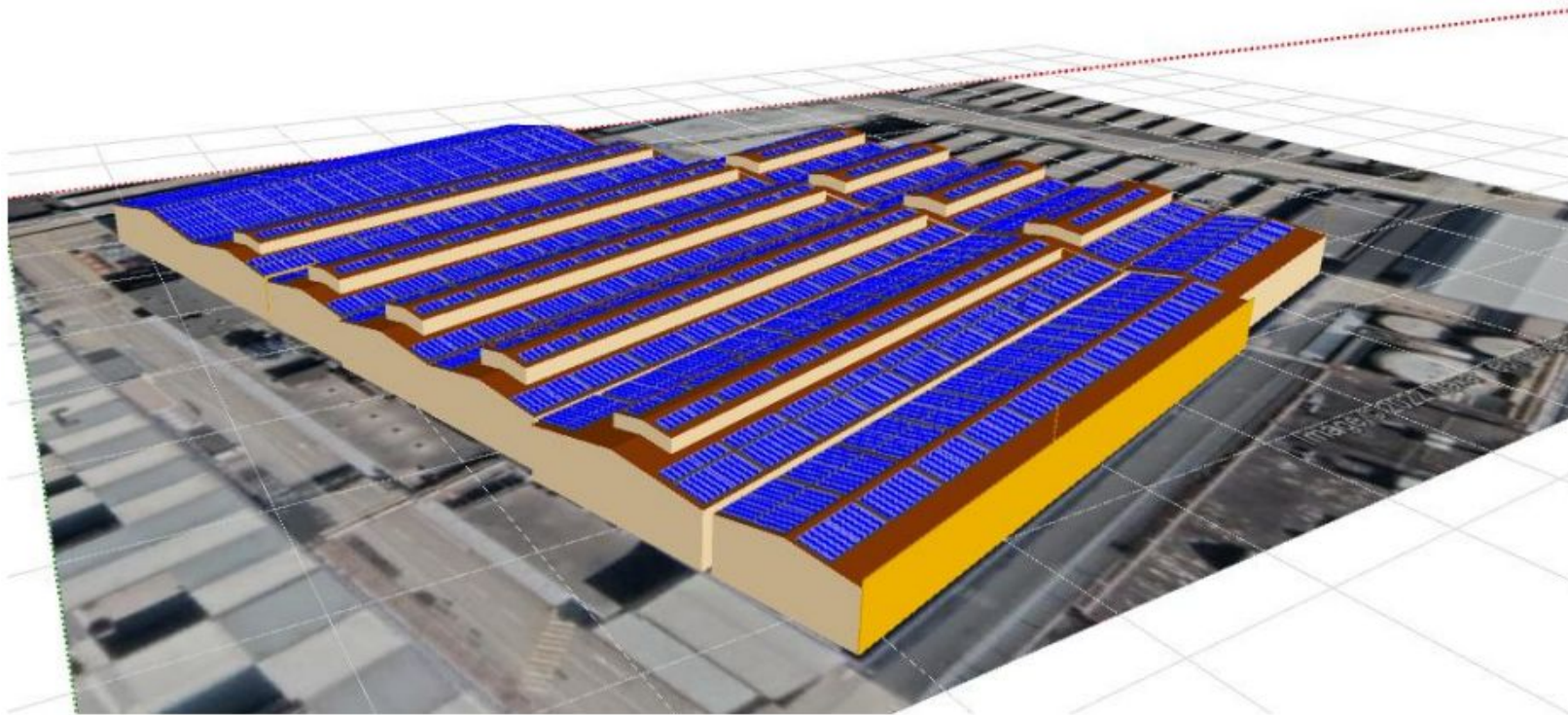


□ Uygulama

□ PV Panel Kaynaklı Hatalara Duyarlılık

BU ALANDA YAPILAN ÇALIŞMALAR-I

- Bursa ilinde bulunan 5850 adet 540 Watt PV panel , 2925 adet P1100 güç optimizeri kullanılan AC güç kapasitesi 2600 kWe, DC güç kapasitesi 3159 kWp olan optimizerli güneş enerji santrali sisteminin aynı lokasyonda dizi inverterli sistem ile sabit ve değişken farkları karşılaştırılmıştır.



DİZİ İNVERTER İLE OPTİMİZERLİ SİSTEM MALİYETİ

SABİT FARKLAR			
Malzeme	Optimizerli İnverter	Dizi İnverter	Açıklama
İnverter	100.000,00 €	42.000,00 €	Ürün Fiyatı
Kablo, Şalt Malzeme Farkı	-	20.000,00 €	Optimizerli inverter sisteminde daha uzun diziler(28-30/38-40) PV panelli diziler kullanılacağı için daha az solar kablo ve şalt malzemeleri kullanılmaktadır.
Garanti Uzatımı(10 yıl)	-	8.000,00 €	Dizi inverterlerin garanti süresi genel olarak 5 yıldır.(Garanti süresi 12 yıl olan string inverterler de mevcuttur.) Optimizerli sistemlerde inverterin 12 yıl, güç optimizasyonlarının 25 yıl garantisi vardır.
Gerilim Kapama Kutusu	-	25.500,00 €	Optimizerli sistemler gerilim kapama özelliğini elektronik olarak yaparken, geleneksel sistem için ilave ekipmanlar gerekir.
Eşit Şartlarda Satın Alma Maliyeti	100.000,00 €	92.500,00 €	

DİZİ İNVERTER İLE OPTİMİZERLİ SİSTEM MALİYETİ

DEĞİŞKEN FARKLAR			
Malzeme	Optimizerli İnverter	Geleneksel İnverter	Açıklama
Üretim Farkı(5 yıl)	-	21.249,28€	PV panel bazında MPPT sayesinde daha fazla üretim artışı alınır. PvSyst programı verilerine göre ilk 5 yıl ortalamasında 97 MWh/yıl ve 25 yıl ortalamasında ise 155 MWh/yıl daha fazla üretim sağlanacağı öngörülmüştür. (Elektrik birim fiyatı (kWh) 11 euro cent olarak baz alınmıştır.)

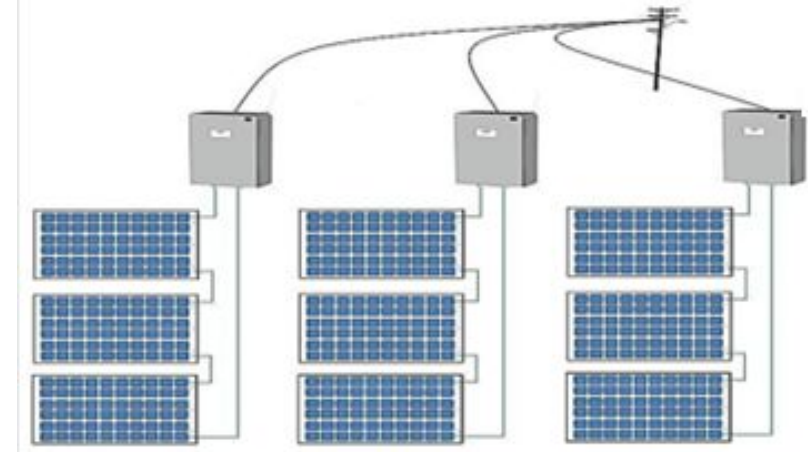
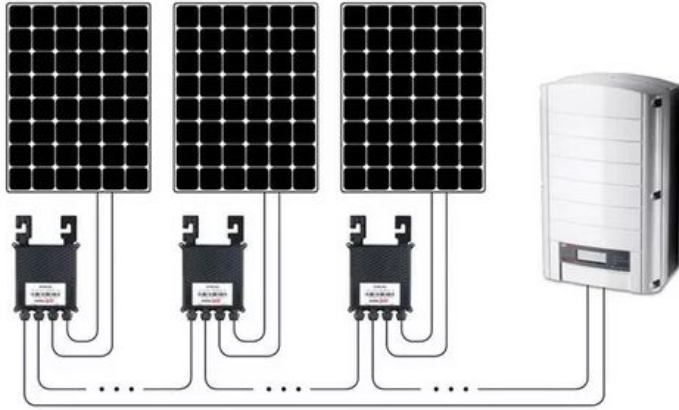
DİZİ İNVERTER İLE OPTİMİZERLİ SİSTEM MALİYETİ

GENEL MALİYET KARŞILAŞTIRILMASI

Zaman	Optimizerli İnverter	Dizi İnverter
5 Yıl Sonunda Genel Maliyetler	100.000,00 €	113.749,28 €
10 Yıl Sonunda Genel Maliyetler	100.000,00 €	141.418,45 €
25 Yıl Sonunda Genel Maliyetler	100.000,00 €	262.945,34 €

BU ALANDA YAPILAN ÇALIŞMALAR-II

- Ege Bölgesinde kurulması planlanan bir güneş enerji santrali için çatı tipi dizi inverter ve dizi inverterli sistem için PVsyst programı yardımıyla analiz yapılmıştır.
- 26xSolaredge SE100K inverter ve 24xSMA 110 kW inverter ile, 540 Wp 5850 Adet PV panel kullanılarak PVsyst programında güç optimizeri ve dizi inverterli sistem tasarlanmış ve projenin 1. Ve 20. Yıl üretim değerleri simüle edilmiştir.



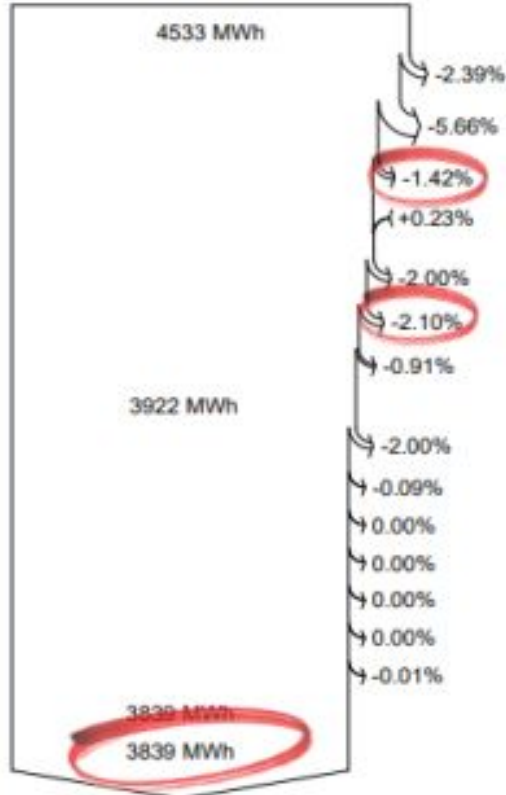
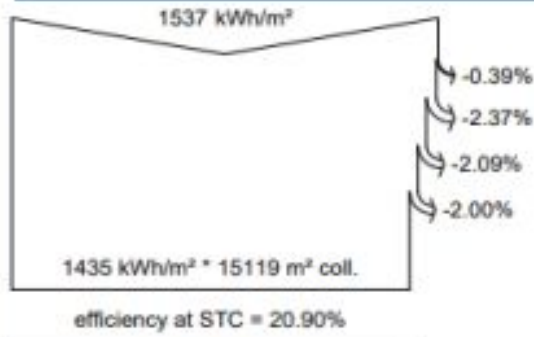
DİZİ İNVERTER İLE OPTİMİZERLİ SİSTEMİN KİYASLANMASI

		Birinci Yıl		Yirminci Yıl	
		Dizi İnverter	Optimizierli İnverter	Dizi İnverter	Optimizierli İnverter
PVsyst Verim Tahmini	Yıllık Üretilen Enerji	3839MWh/y	3924 MWh/y	3432MWh/y	3628 MWh/y
	Performans Oranı	%79,4	%81,1	%70,9	%75
	Gölgelenme Kayıpları	%1,4	%0,6		
Pvsyst Tasarımı	Eviriciler	23	26		
	Diziler	324	207		
	Panel ve Optimizer	3.850 Adet PV Panel	3850 Adet PV Panel 1925 Adet P1100 Güç Optimizeri		
	Dizi Başına Panel Sayısı	18	28		
Optimizierli İnverter Avantajı			%2,2	%6,0	

PV_{syst} RAPORLARI-SANKEY DİYAGRAMI

- PV paneller yirmi yıllık süreç sonunda ön görülen ve kabul edilen ölçüde çıkış gücünün ancak **%80**'ini sağlayabilmektedir.
- PV panellerin yaşlanma hızlarındaki farklılıklar nedeniyle **yaşlanma kaynaklı uyuşmazlık** kayıplarına (mismatch losses) sebep olmaktadır.
- PV paneller arası uyuşmazlık miktarı ile sistem verimi ters orantılı olarak değişmektedir. Burada dizi inverter sisteminde dizide bulunan bir PV panelde yüksek oranda meydana gelecek yaşlanma kayıpları **tüm diziyi etkileyecektir.**

Dizi İnverterli Sistem- 1. Yılı



Global horizontal irradiation

Global incident in coll. plane

Near Shadings: irradiance loss

IAM factor on global

Soiling loss factor

Effective irradiation on collectors

PV conversion

Array nominal energy (at STC effic.)

PV loss due to irradiance level

PV loss due to temperature

Shadings: Electrical Loss acc. to strings

Module quality loss

LID - Light induced degradation

Mismatch loss, modules and strings

Ohmic wiring loss

Array virtual energy at MPP

Inverter Loss during operation (efficiency)

Inverter Loss over nominal inv. power

Inverter Loss due to max. input current

Inverter Loss over nominal inv. voltage

Inverter Loss due to power threshold

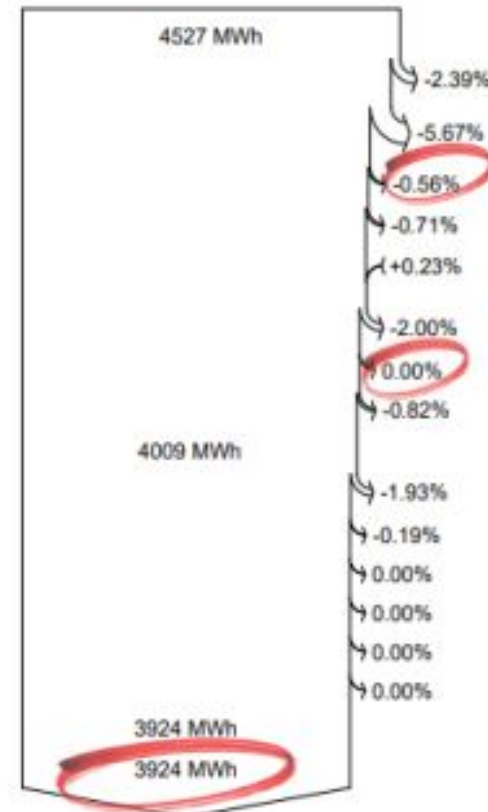
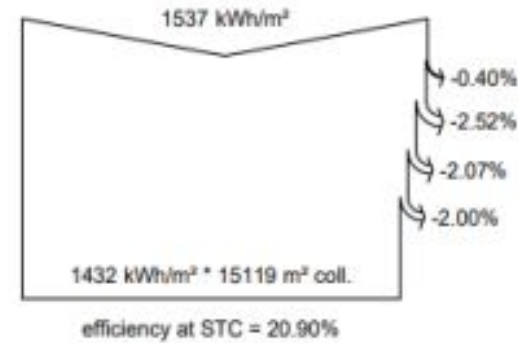
Inverter Loss due to voltage threshold

Night consumption

Available Energy at Inverter Output

Energy injected into grid

Optimizerli İnverter Sistemi-1. Yılı



Global horizontal irradiation

Global incident in coll. plane

Near Shadings: irradiance loss

IAM factor on global

Soiling loss factor

Effective irradiation on collectors

PV conversion

Array nominal energy (at STC effic.)

PV loss due to irradiance level

PV loss due to temperature

Shadings: Electrical Loss acc. to strings

Optimizer efficiency loss

Module quality loss

LID - Light induced degradation

Module array mismatch loss

Ohmic wiring loss

Array virtual energy at MPP

Inverter Loss during operation (efficiency)

Inverter Loss over nominal inv. power

Inverter Loss due to max. input current

Inverter Loss over nominal inv. voltage

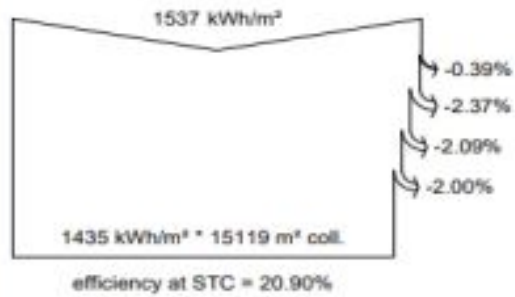
Inverter Loss due to power threshold

Inverter Loss due to voltage threshold

Available Energy at inverter Output

Energy injected into grid

Dizi İnverterli Sistem-20.Yılı



Global horizontal irradiation

Global incident in coll. plane

Near Shadings: irradiance loss

IAM factor on global

Soiling loss factor

Effective irradiation on collectors

PV conversion

Array nominal energy (at STC effic.)

Module Degradation Loss (for year #20)

PV loss due to irradiance level

PV loss due to temperature

Shadings: Electrical Loss acc. to strings

Module quality loss

LID - Light induced degradation

Mismatch loss, modules and strings
(including 3.2% for degradation dispersion)

Ohmic wiring loss

Array virtual energy at MPP

Inverter Loss during operation (efficiency)

Inverter Loss over nominal inv. power

Inverter Loss due to max. input current

Inverter Loss over nominal inv. voltage

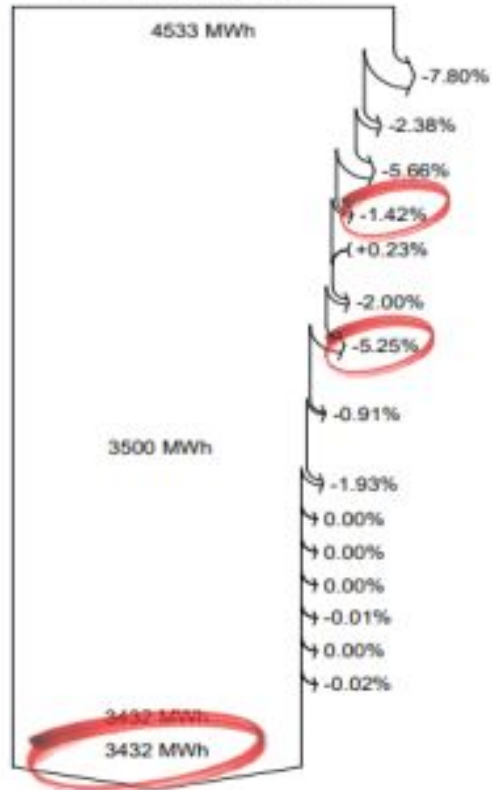
Inverter Loss due to power threshold

Inverter Loss due to voltage threshold

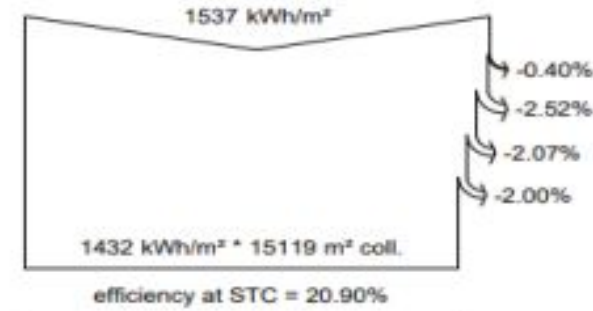
Night consumption

Available Energy at Inverter Output

Energy injected into grid



Optimizerli İnverter Sistemi-20.Yılı



Global horizontal irradiation

Global incident in coll. plane

Near Shadings: irradiance loss

IAM factor on global

Soiling loss factor

Effective irradiation on collectors

PV conversion

Array nominal energy (at STC effic.)

Module Degradation Loss (for year #20)

PV loss due to irradiance level

PV loss due to temperature

Shadings: Electrical Loss acc. to string

Optimizer efficiency loss

Module quality loss

LID - Light induced degradation

Module array mismatch loss

Ohmic wiring loss

Array virtual energy at MPP

Inverter Loss during operation (efficiency)

Inverter Loss over nominal inv. power

Inverter Loss due to max. input current

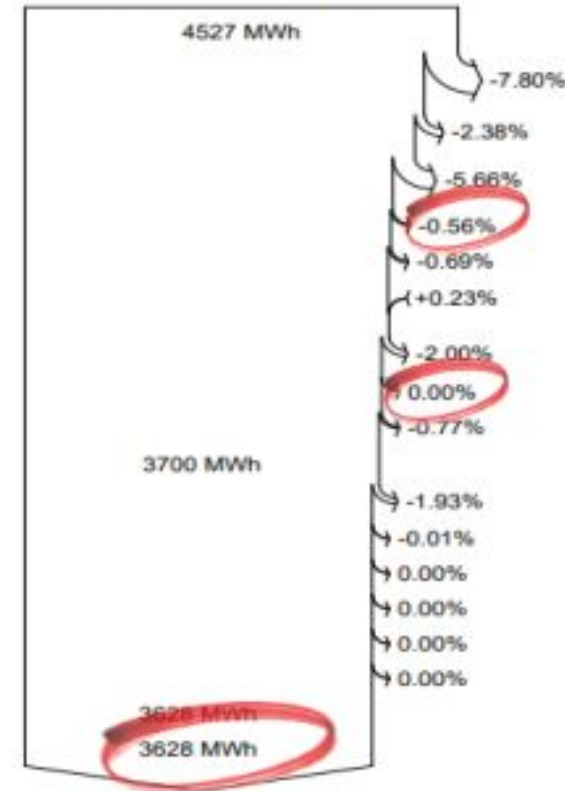
Inverter Loss over nominal inv. voltage

Inverter Loss due to power threshold

Inverter Loss due to voltage threshold

Available Energy at Inverter Output

Energy injected into grid



İKİ SİSTEMİN FARKLI İKİ GÖLGELENME SENARYOSU İLE İNCELENMESİ

- Bu bölümde dizi ve optimizerli inverter sisteminin gölgelenme kayıpları iki farklı senaryo için incelenmiştir. Gölgelenen PV panelin **%20** verim ile çalıştığı kabul edilmiştir.
- **Senaryo-I:** Aynı özellikte malzeme kullanılan ve ortamda optimizerli ve dizi inverterli sistemlerde PV panellere **sıralı** şekilde gölge düşmesi durumuna göre incelenmiştir.
- **Senaryo-II:** Aynı özellikte malzeme kullanılan ve aynı ortamda optimizerli ve dizi inverterli sistemlerde PV panellere **rasgele** (her gölge dizi inverterli sistemde farklı MPPT'lere bağlı dizilere düşecek şekilde) düşecek şekilde incelenmiştir.
- Buradaki amaç özellikle baca vb. nedeniyle oluşan **kısmi gölgelenmelerin** sistem verimi üzerindeki etkisini göstermektir.

İKİ SİSTEMİN FARKLI İKİ GÖLGELENME SENARYOSU İLE İNCELENMESİ

- **Amorti süresi;**

$$\mathbf{MGKB = İYM + YİBM - YESM}$$

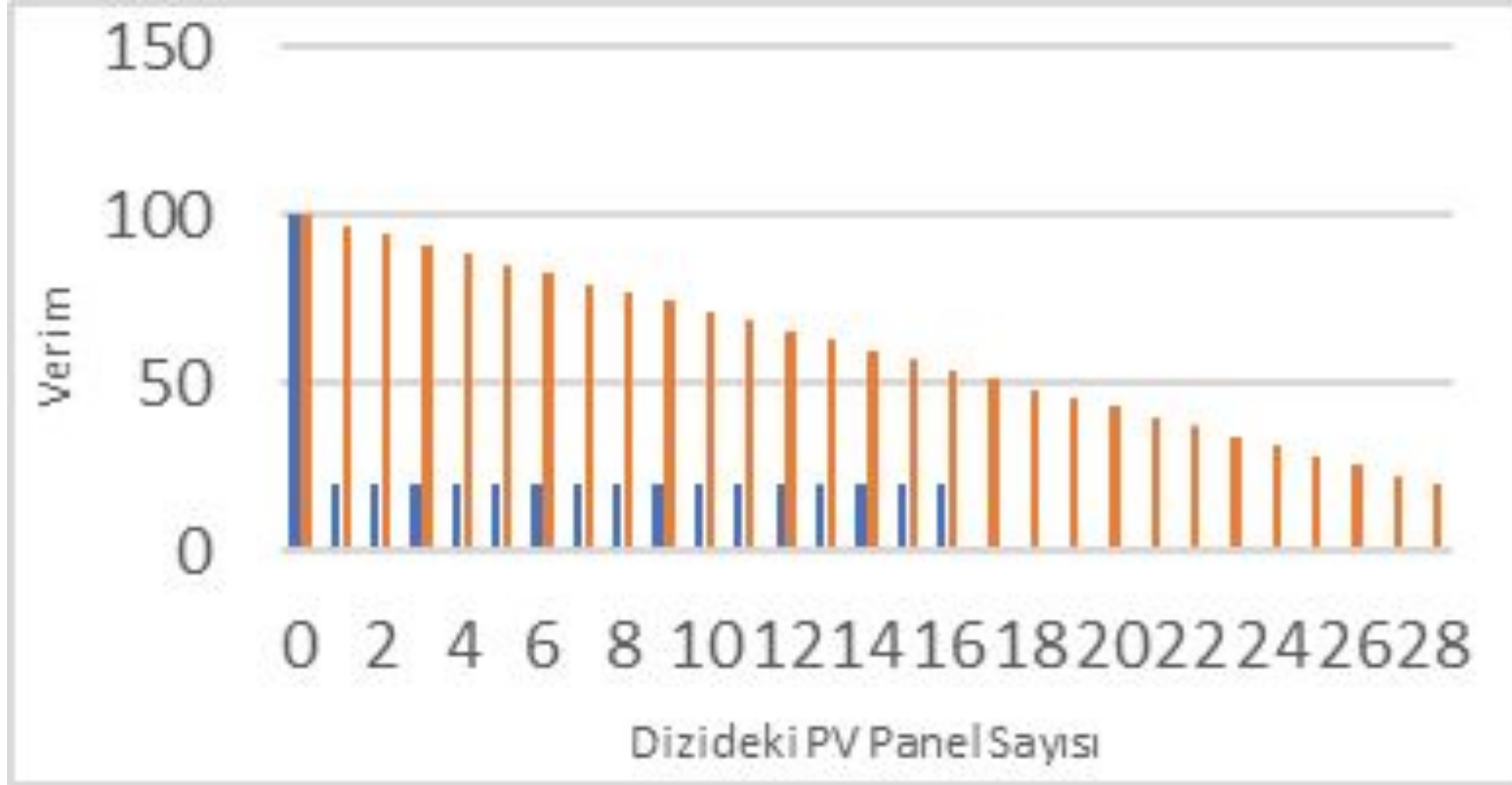
MGKB: Maliyet Geri Kazanımı Beklentisi

İYM: İlk Yatırım Maliyeti

YİBM: Yıllık İşletme Bakım Maliyeti

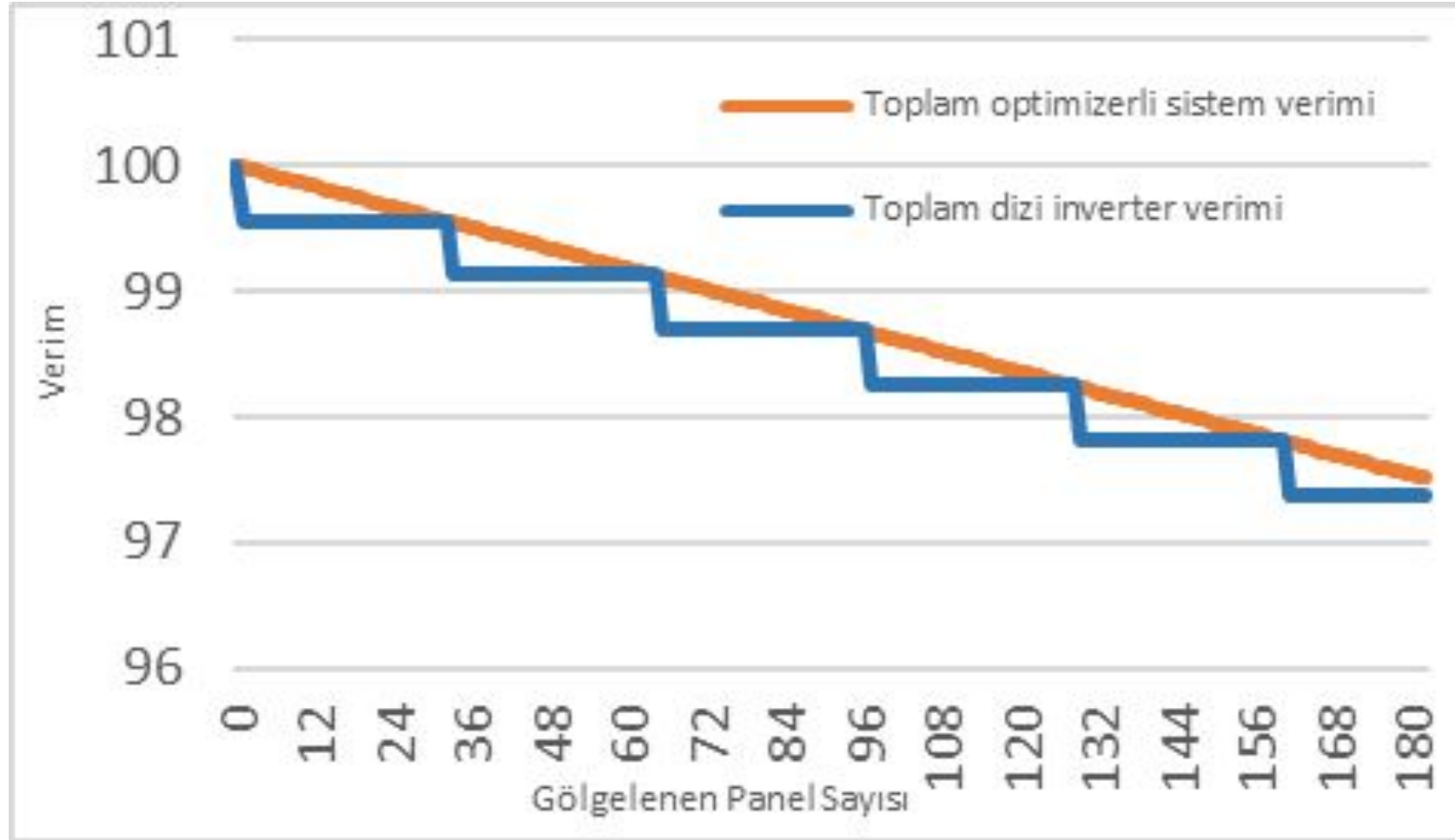
YESM: Yıllık Enerji Satış Maliyeti

İKİ SİSTEMİN BİR DİZİSİ İÇİN GÖLGELENME ETKİSİ



Her iki sistem için dizide bulunan PV paneller üzerine sırasıyla gölge düşmesi durumunda dizi verimindeki değişim grafiği

SENARYO-I GÖLGELENMENİN SİSTEM VERİMİNE ETKİSİ GRAFIĞI



Her iki sistem için dizide bulunan PV paneller üzerine sırasıyla gölge düşmesi durumunda sistem verimindeki değişim grafiği

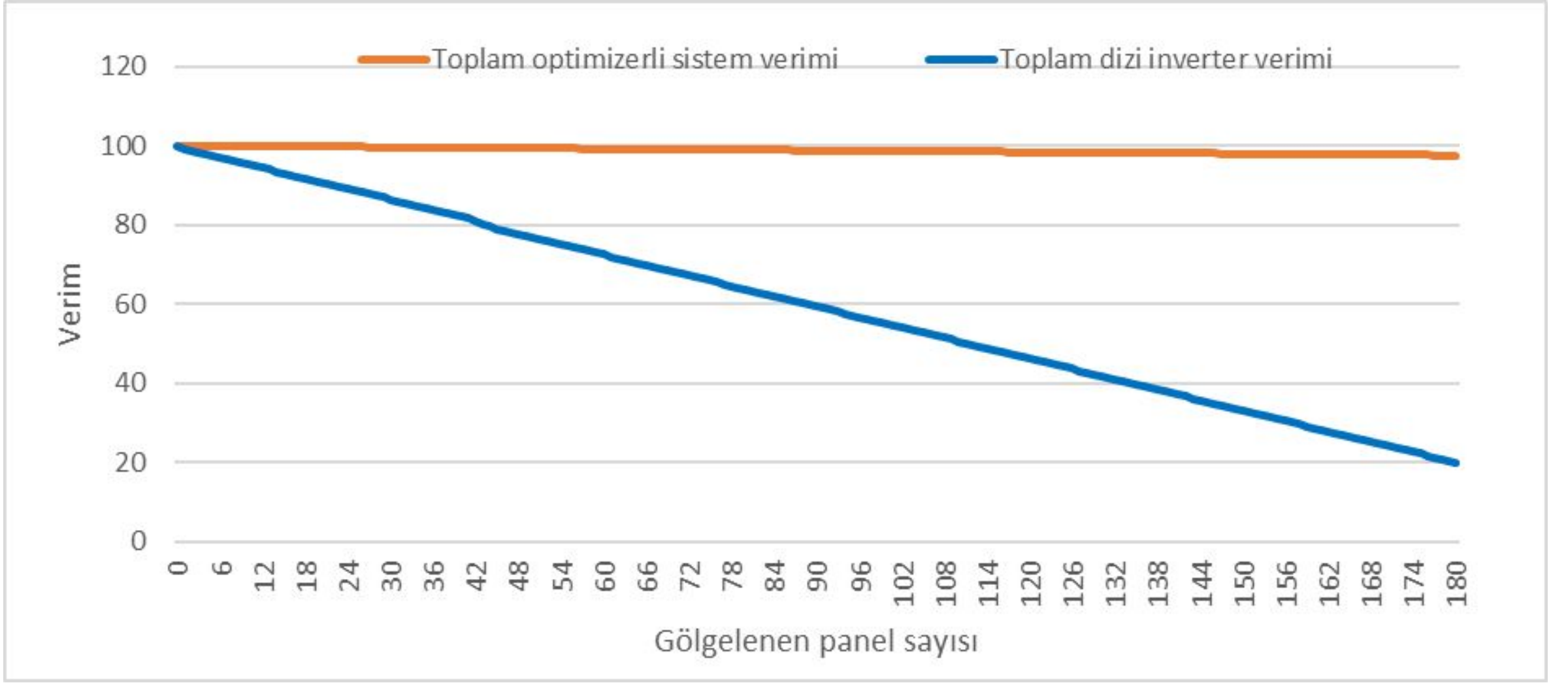
SENARYO-I SİSTEM VERİMİ

Gölgelenen Panel Sayısı Senaryo-1	Optimizerli İnv. Toplam Kayıp	Dizi İnv. Toplam Kayıp
0	10	10
0-32	10,04390779	10,04390779
32-64	10,08820287	10,08820287
64-96	10,13289037	10,13289037
96-128	10,17797553	10,17797553
128-160	10,22346369	10,22346369
160-182	10,26936027	10,26936027

SENARYO-I AMORTİ SÜRESİ

PV Panel Sayısı	Optimizerli İnverter	Dizi İnverter
0	7 yıl	6 yıl 1 ay
0-32	7 yıl 1 ay	6 yıl 3 ay
32-64	7 yıl 2 ay	6 yıl 4 ay
64-96	7 yıl 5 ay	6 yıl 6 ay
96-128	7 yıl 6 ay	6 yıl 8 ay
128-160	7 yıl 8 ay	6 yıl 9 ay
160-182	7 yıl 11 ay	6 yıl 11 ay

SENARYO-II GÖLGELENMENİN SİSTEM VERİMİNE ETKİSİ GRAFIĞI



Her iki sistem için dizide bulunan PV paneller üzerine rasgele gölge düşmesi durumunda sistem verimindeki değişim grafiği

SENARYO-II SİSTEM VERİMİ

Gölgelenen Panel Sayısı Senaryo-2	Optimizerli İnv. Toplam Kayıp	Dizi İnv. Toplam Kayıp
0	10	10
30	10,04390779	11,56763523
60	10,08820287	13,80090417
90	10,13289037	16,85082774
120	10,17797553	21,63120441
150	10,22346369	30,19801803
180	10,26936027	49,99999707

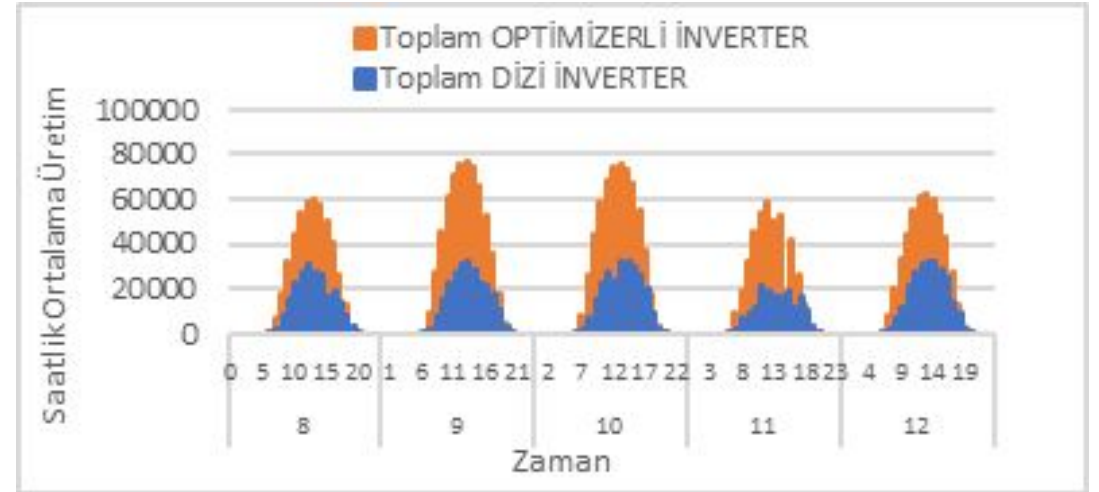
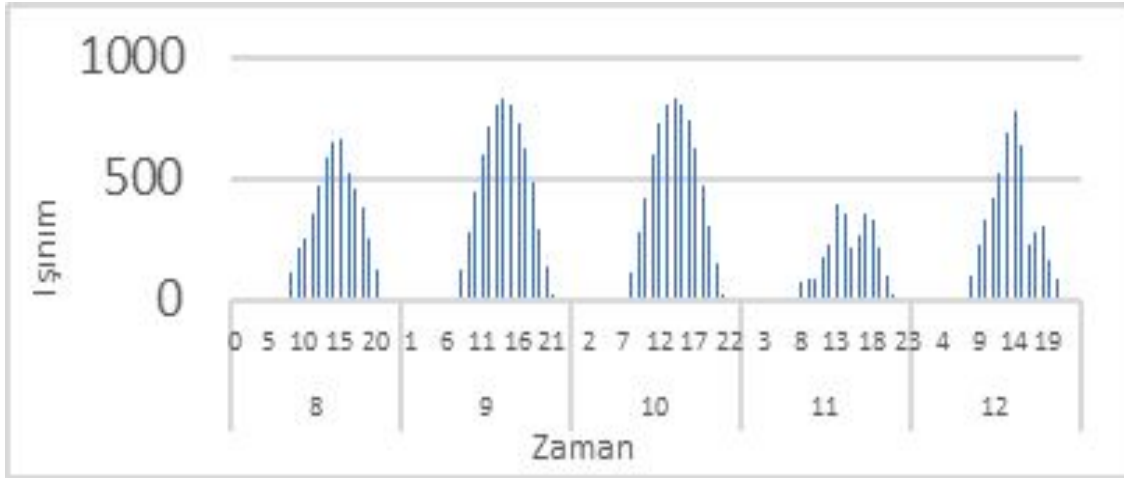
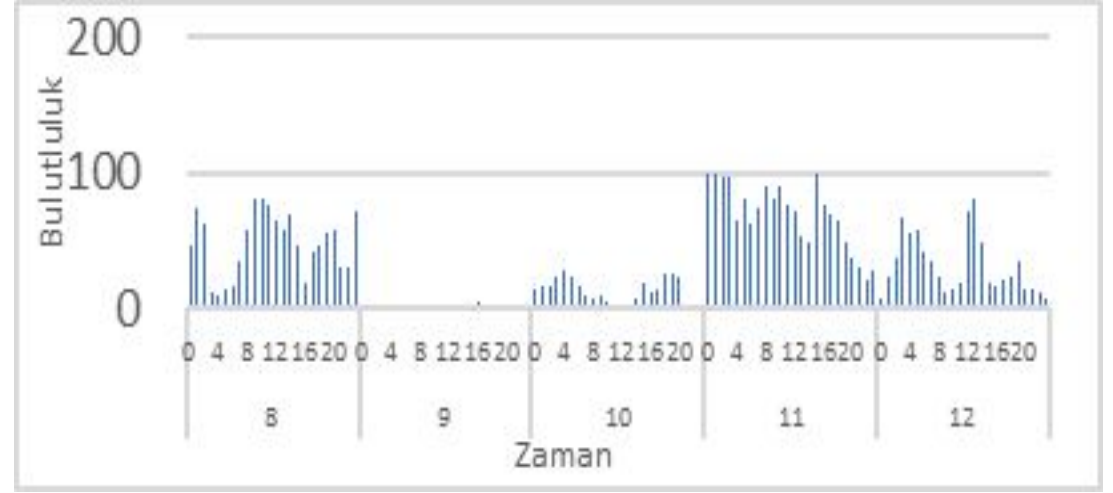
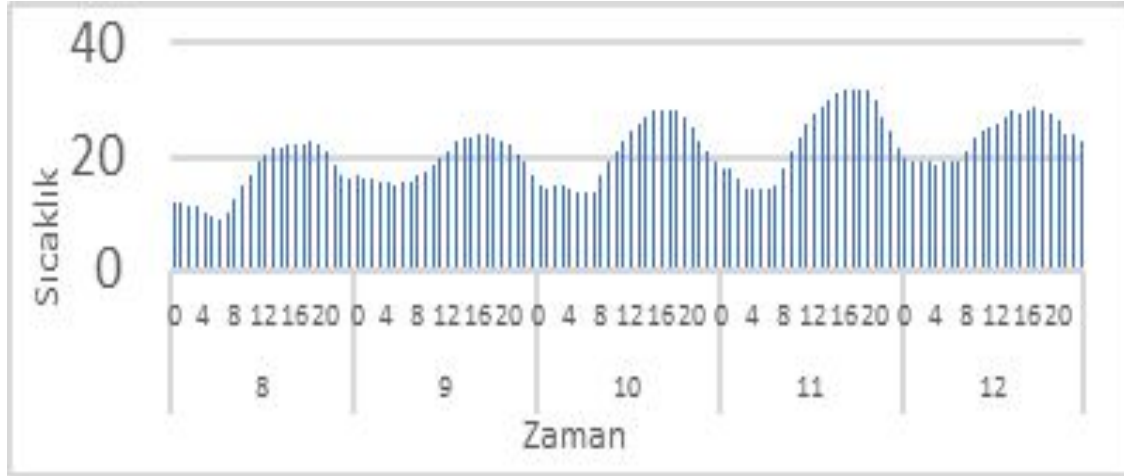
SENARYO-II AMORTİ SÜRESİ

PV Panel Sayısı	Optimizerli İnverter	Dizi İnverter
0	7 yıl	6 yıl 1 ay
30	7 yıl 1 ay	6 yıl 3 ay
60	7 yıl 2 ay	6 yıl 7 ay
90	7 yıl 5 ay	6 yıl 11 ay
120	7 yıl 6 ay	7 yıl 6 ay
150	7 yıl 8 ay	9 yıl 2 ay
180	7 yıl 11 ay	11 yıl 3 ay

EGE BÖLGESİNDE BULUNAN İKİ SİSTEMİN ÜRETİM VERİLERİNİN KIYASLANMASI

- İzmir İli Menemen İlçesinde bulunan dizi inverterli sistem ve Muğla İli Milas İlçesinde Bulunan Optimizerli İnverter Sistemli Çatı Tipi Güneş Enerji Santrallerinden eş zamanlı elde edilen beş günlük saatlik **PV panel bazlı enerji üretim verileri** kıyaslanmıştır.
- Kıyaslanan sistemde bir firmanın aynı özellikte, aynı açı ile yerleştirilmiş PV panelleri kullanılmıştır.
- Lokasyon olarak iki santral arasında mesafe olsa da hava şartları yaklaşık olarak aynıdır. Bu nedenle elde edilen veriler net sonuç vermese de sistem performansı bakımından fikir vermektedir.

ORTAM PARAMETRELERİ VE PANEL BAZLI SAATLİK ORT. ÜRETİM



Dizi ve Optimizerli Çatı Tipi Güneş Enerji Santrali PV Panel Başına Beş Günlük Saatlik Ortalama Üretim Verileri

SİSTEM MALİYETLERİNİN KIYASLANMASI

Malzeme	Optimizerli İnverter Sistemi	Dizi İnverter Sistemi
2925 Adet Güç Optimizer	165.000 €	x
İnverter	200.000 €	84.000 €
5850 Adet PV Panel	1.175.000 €	1.175.000 €
MC4 Konnektör	275 €	550 €
Solar Kablo (Kırmızı ve Siyah)	18.501 €	37.002,24 €
Konstrüksiyon Sistemi	2800 €	2800 €
Kablo Tavası	6850 €	7.000 €
İnverter Odası	5.830 €	5.830 €
GES Panosu	100.000 €	100.000 €
AC Kablo	12.000 €	12.000 €
Meteoroloji istasyonu	3000 €	3000 €
Topraklama ve yıldırım	30.000 €	30.000 €
Proje ve onay işleri	2.000 €	2.000 €
Nakliye	50.000 €	50.000 €
İşçilik	28.500 €	33.500 €
Toplam	1.799.756 €	1.542.682 €

SONUÇLAR VE YORUMLAR

- Çalışmada optimizerli ve dizi inverterli çatı tipi güneş enerji santralleri teknik özellik, performans, üretim ve çevresel faktörlere duyarlılık, güvenlik vb. yönlerden kıyaslanmıştır.
- Optimizerli inverter sisteminin kullanımının en önemli avantajlarından birisi gölgelenme ile meydana gelen **verim kaybı** olduğu belirlenmiştir. Diğer tüm durumlar sabit kabul edilerek gölgelenme durumu için iki farklı senaryo incelenmiştir.
- Birinci senaryo sonucunda dizi inverter **amorti süresinin** optimizerli inverter sistemine göre **daha kısa** olduğu tespit edilmiştir.
- İkinci senaryoda **120 PV** panelin gölgelenmesi durumunda her iki sistem için amorti sürelerinin eşit olduğu tespit edilmiştir. Gölgelenen PV panel sayısının artması durumunda optimizerli sistem verim açısından daha avantajlıdır.

SONUÇLAR VE YORUMLAR

- İki sistem verimini etkileyen bir diğer önemli parametre kurulum ve **PV panelin yaşlanması** nedeniyle meydana gelen uyumsuzluklardır.
- Yirmi yıl sonunda PV panel kaynaklı verim kaybı **%3**'civarındır. Fakat bu durum her PV panel için aynı değildir. PV panelde yüksek oranda meydana gelecek yaşlanma kayıpları tüm diziyi etkileyecektir.
- Ege Bölgesi'nde bulunan optimizer ve dizi inverter sistemli çatı tipi güneş enerji santralleri teknik açıdan kıyaslanarak **maliyet analizi** yapılmıştır.
- Yapılan maliyet analizinde optimizerli inverterin dizi inverterli sisteme nazaran ilk yatırım maliyetinin **%16,6** daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

SONUÇLAR VE YORUMLAR

- Bakım onarım işletme giderleri ve yıllık enerji satış maliyeti göz önüne alındığında özellikle kısmi gölgelenme olan çatılarda optimizerli sistemin amorti süresinin dizi inverterli sisteme göre **daha kısa** olduğu sonucuna varılmıştır.
- Çalışmada üretim yapan sahalarda PV panel bazlı üretim değerleri karşılaştırılması hedeflenmiştir.
- Bu alanda yapılacak çalışmalarda sistemlerin daha sağlıklı değerlendirilmesi için ortam şartları ve malzemelerin aynı özellikte olması ve **en az bir yıllık** verilerin kullanılması uygun olacaktır.

SONUÇLAR VE YORUMLAR

- Güneş enerji santrali uygulamalarında doğru sistemin tercih edilmesi, gerek sisteme yapılan yatırımın amorti süresi, gerek sistem performansı, gerekse **güvenlik ve izleme** açısından büyük önem arz etmektedir.
- Bu nedenle bu alanda kullanılacak inverter sistemi (**merkezi, dizi, optimizerli ve mikro inverter.**) belirlenirken proje parametreleri iyi analiz edilmeli ve yatırımcı için **optimum sistem** belirlenmelidir.
- Bu uygulama alanında ilerleyen çalışmalarda mikro inverterli sistem ile optimizerli sistem teknik, uygulama ve maliyet açısından kıyaslanarak **en ideal sistemin** belirlenmesi çalışma konusu olarak ele alınacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Clean Energy Reviews, “<https://www.cleanenergyreviews.info/blog/most-efficient-solar-panels>.”
- [2] Mühendistan, “<https://muhendistan.com/en-verimli-gunes-panelleri/>.”
- [3] R. Selbaş, H. Çetin, I. Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, T. Fakültesi, and M. Mühendisliği Bölümü, “FOTOVOLTAİK GÜNEŞ SANTRALLERİNİN VERİMLERİNİN DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ,” 2022.
- [4] B. Aljafari, “Production enhancement of long string photovoltaic plants during partial shading through switching capacitor power optimizer circuit,” Alexandria Engineering Journal, vol. 74, pp. 427–444, Jul. 2023, doi: 10.1016/J.AEJ.2023.05.043.
- [5] A. Mohapatra, B. Nayak, P. Das, and K. B. Mohanty, “A review on MPPT techniques of PV system under partial shading condition,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 80, pp. 854–867, Dec. 2017, doi: 10.1016/J.RSER.2017.05.083.
- [6] J. L. de Souza Silva, H. S. Moreira, M. V. G. dos Reis, T. A. dos S. Barros, and M. G. Villalva, “Theoretical and behavioral analysis of power optimizers for grid-connected photovoltaic systems,” Energy Reports, vol. 8, pp. 10154–10167, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.EGYR.2022.07.154.
- [7] M. Afridi, S. Tatapudi, J. Flicker, D. Srinivasan, and G. Tamizhmani, “Reliability evaluation of DC power optimizers for photovoltaic systems: Accelerated testing at high temperatures with fixed and cyclic power stresses,” Eng Fail Anal, vol. 152, p. 107484, Oct. 2023, doi: 10.1016/J.ENGFAILANAL.2023.107484.
- [8] D. Yıldırım, “Photovoltaic Arrays,” in Renewable Energies, 1st ed., Şahin Ahmet Duran, Ed., Turkish Water Foundation(Su Vakfı), 2006, pp. 187–223.
- [9] İzmir Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası, “<https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/35.aspx>.”
- [10] N. K. Kasim and H. H. Hussain, “Performance Improvement of CIGS PV Solar Grid Tied System Using Planer Concentrators, Case Study : Baghdad,” 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.33172.73604.
- [11] Solaredge Türkiye, “<https://www.solaredge.com/us/>.”
- [12] Solar Blog, “<https://www.keremcilli.com/optimizerli-solar-inverter-ile-elektrik-uretimi/>.”
- [13] Huawei, “<https://solar.huawei.com/tr/professionals/c-i>.”
- [14] STendüstri, “<https://www.stendustri.com.tr/elektrik-enerji/optimizerli-invertorlerimiz-geslerin-beynini-olusturuyor-h103067.html>.”
- [15] CW Enerji, “<https://cw-enerji.com/tr/index.html>.”
- [16] Meteblue, “https://www.meteoblue.com/tr/hava/hafta/%c4%b0zmir_t%c3%bcrkiye_311046.”

TEŞEKKÜRLER...

Fatih KAYA
İzmir Bakırçay Üniversitesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği
Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi

Bayram KÖSE
İzmir Bakırçay Üniversitesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
Dr. Öğretim Üyesi

Serkan HORZUM
Ege Üniversitesi, Aliğa Meslek
Yüksekokulu Elektrik Bölümü
Öğretim Görevlisi

İzmir-2023