ULUSLARARASI HAKEMLİ MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

KAHRAMANMARAŞ KOŞULLARINDA 3 kW GÜCÜNDEKİ a-Si ve c-Si PANELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

A COMPARISON OF 3 kW a-SI AND c-SI PANELS IN KAHRAMANMARAS CONDITIONS

Şaban YILMAZ[1], Ahmet GANİ[1], Hakan AÇIKGÖZ[2], Zeynel BAŞ[1]

[1]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

[2]Kilis 7 Aralık Üniversitesi Elektrik-Enerji Bölümü

Özet: Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilginin artması ve yeni teknolojik gelişmeler Fotovoltaik sistemlerin yaygınlaşmasına olumlu etki yapmıştır. Fotovoltaik sistemlerin maliyetlerinin her geçen gün azalmasına rağmen, başlangıç maliyetleri hala yüksektir. Bu yüzden fotovoltaik sistemlerin verimli bir şekilde planlanması çok önemlidir. Panel tiplerinin doğru seçilmesi sistemin verimini etkilemektedir. Bu çalışmada güneş enerjisi üretimi için oldukça iyi olan Kahramanmaraş şartlarında Thin Film (a-Si) ve Çoklu-kristal silikon (c-Si) panel tiplerinin performans ve maliyet analizi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: -a-Si, c-Si, Fotovoltaik, Maliyet Analizi

Abstract: Increasing attention to renewable energy sources and recent technological developments contributed to the proliferation of photovoltaic systems. Although cost of photovoltaic systems decreases day by day, the initial cost is still high. Therefore, efficiency planning of photovoltaic systems is of vital importance. System efficiency is influenced by type of panels. In this study, performance and cost analysis of Thin Film (a-Si) and Multi-crystal silicon (c-Si) panels in Kahramanmaraş where is quite efficient in terms of solar energy.

Key Words - a-Si, c-Si, Photovoltaic, Cost Analysis

1. GİRİŞ

Halen Dünya enerji tüketimi yılda 10 TW ve 2050 yılında yaklaşık olarak 30 TW olacağı tahmin edilmektedir (Razykov vd., 2011). Enerji ihtiyacını karşılayan en önemli kaynak olan Fosil yakıtların maliyetinin artması, Küresel ısınma ve çevresel konular temiz ve yenilenebilir enerjilerinin önemini ve kullanımını artırmaktadır (Mohammad vd., 2013). Yenilenebilir enerji kaynakları içinde son yıllarda güneş enerjisi ön plana çıkmaktadır. Fotovoltaik sistemler, Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren umut verici yenilenebilir enerji sistemlerinden biri haline gelmiştir (Yan vd., 2012). Hızla yaygınlaşan fotovoltaik sistemlerin teknolojik ve ekonomik sorunlarla karşı karşıya kalmaması için uygun değer planlanması gerekmektedir (Ju-Young vd., 2009; Fthenakis vd., 2011). Fotovoltaik sistemlerin uygun değer planlanmasında ekipmanlar arası uyum önemli olduğu kadar, coğrafi konum ve iklim şartlarına göre planlamada önemlidir. Bu çalışmada güneş enerjisi üretimi için oldukça iyi olan Kahramanmaraş için Thin Film (a-Si) ve Çoklu-kristal silikon (c-Si) tipleri karşılaştırılmıştır. Şekil 1'de panel tipleri görülmektedir.



Şekil 1: Thin Film ve Çoklu-Kristal Silikon Panel Tipleri

Amaç: Fotovoltaik sistemler için a-Si ve c-Si tipi paneller hem maliyet hem de verim açısından karşılaştırarak genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Kapsam: Fotovoltaik sistemler için a-Si ve c-Si tipi paneller kullanılmıştır.

Yöntem: a-Si ve c-Si tipi paneller Kahramanmaraş mevcut şartlarında değerlendirilerek gerekli sistem oluşturulmuştur.

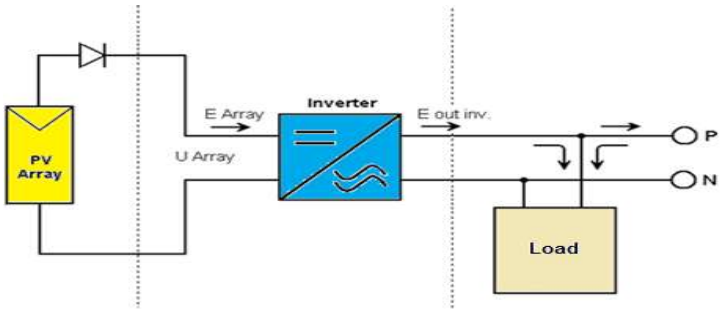
2. Kahramanmaraş'ın iklim değerleri ve fotovoltaik sistemin özellikleri

Kahramanmaraş yıllık ortalama 1582,5 kWh/m2 ışınım değeri ile güneş enerjisi üretimi açısından oldukça iyi bir bölgedir (Anonim, 2014). Tablo 1'de Fotovoltaik sistem tasarımı için gerekli olan Kahramanmaraş'ın iklim değerleri aylık ortalama olarak verilmiştir. Kahramanmaraş aylık ortalama 131,875 kWh/m2 ışınım ve 16,405 ^{0}C sıcaklık ve yıllık toplam 2874 saat güneşlenme süresi ile güneş enerjisi üretimi açısından önemli bir bölgedir.

Tablo 1.Kahramanmaraş'ın İklim Koşulları

	Radiation Values	Sunshine Duration	Temperature
January	59,70	4,21	4,43
February	77,40	5,47	4,97
March	125,10	6,61	9,03
April	152,70	7,85	13,91
May	188,70	9,57	20,19
June	204,30	11,49	26,01
July	203,10	12,07	30,36
August	180,00	11,43	29,25
September	151,80	10,13	24,03
October	113,40	7,55	18,00
November	72,00	5,56	10,78
December	54,30	3,86	5,91

Şekil 2'de sistemin şeması görülmektedir. Fotovoltaik sistem için 3 kW'lık gücü elde etmek içim 10 ar adet 300 W panel kullanılmıştır. Thin film paneller (5x2), Çoklu kristal silikon paneller (10x1) düzeninde seri-paralel bağlanmışlardır. İnvertör girişi doğru akım 220-480 V olduğu için panellerin seri-paralel kombinasyonu sonucunda elde edilen voltaj bu aralıkta olmalıdır.



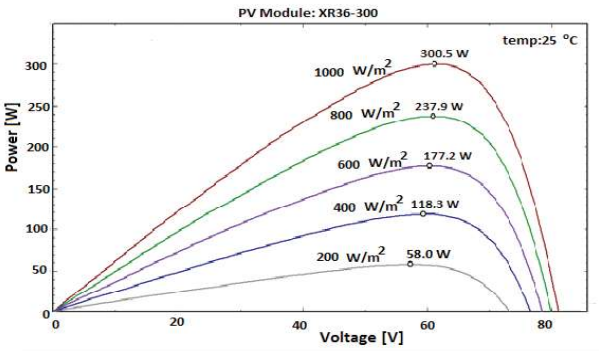
Şekil 2. Sistemin Şeması

Thin Film panellerin 5 seri, 2 paralel olarak bağlanırsa Vmp=300 V olur. Çoklu kristal silikon paneller 10 seri, 1 paralel olarak bağlanırsa Vmp=361 V olur. Bu değerler 220-480 V aralığında olduğu için invertörün çalışması için gerekli voltaj sağlanmış olur. Ayrıca her iki sistem için 3 kW gücünde Sunny Boy SB 3000HFUS-240 invertör kullanılmıştır. İnvertör 1 fazlı ve on grid olarak seçilmiştir. İnvertörün verimi %96,6 dır.

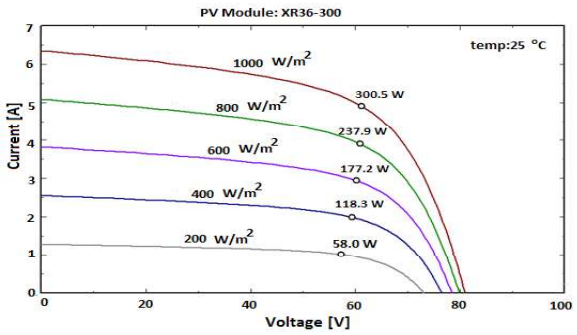
Tablo 2.Kullanılan Fotovoltaik Panellerin Özellikleri

Marka	Xunlight Corporation	Suntech
Model	XR36-300	STP 300-24/Vd
Hücre Tipi	a-Si	c-Si
Maksimum Güç (Pmax)	300 W	300 W
Nominal Gerilim (Vmp)	60 V	36,1 V
Nominal Akım (Imp)	5.00 A	8.32 A
Açık Devre Gerilimi (Voc)	81.0 V	45.2 V
Kısa Devre Akımı (Isc)	6.35 A	8,65 A
Verim	6,54%	15.5%
Boy	5160 mm	1956 mm
En	889 mm	992 mm
Ağırlık	12 kg	27 kg

Kullanılan Thin film panelin 200-400-600-800-1000 W/m^2 ışınım değerleri için akım-gerilim karakteristiği şekil 3'de ve güç-gerilim karakteristiği şekil 4'de görülmektedir. Pm değerleri 300,5 W -237,9 W-177,2 W-118,3 W- 58,0 W olarak bulunmuştur.



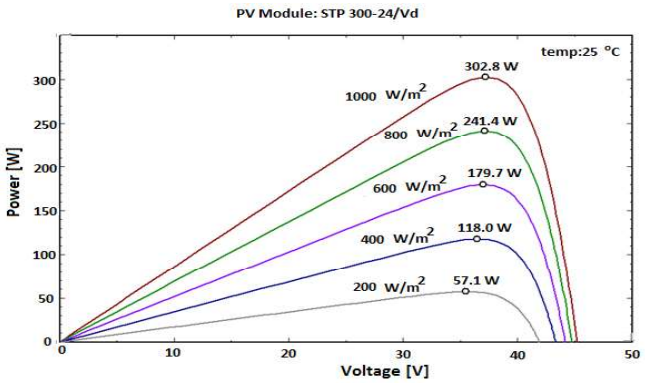
Şekil 3. Thin Film Panelin I-V Karakteristiği



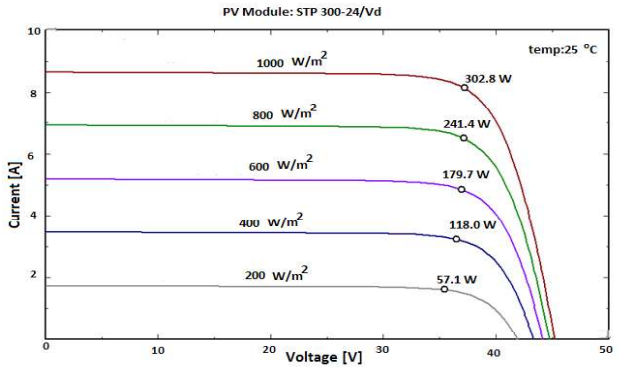
Şekil 4. Thin Film Panelin P-V Karakteristiği

Kullanılan Çoklu kristal silikon panelin akım-gerilim karakteristiği şekil 5'de, güç-gerilim karakteristiği şekil 6'da görülmektedir. Kullanılan Çoklu kristal silikon panelin 200-400-600-800-1000 W/m^2 ışınım değerleri için akım-gerilim karakteristiği şekil 5.de ve güç-gerilim karakteristiği şekil 6'da görülmektedir. Pm değerleri 302,8 W – 241,4 W-179,7

W-118 W- 57,1 W olarak bulunmuştur (Anonim, 2014).

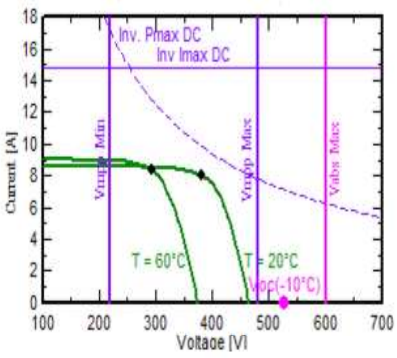


Şekil 5. Çoklu Kristal Silikon Panelin I-V Karakteristiği



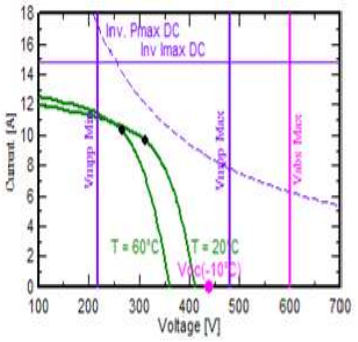
Şekil 6. Çoklu Kristal Silikon Panelin P-V Karakteristiği

Şekil 7'de Thin Film ve Çoklu kristal silikon panellerin boyutlandırılması için gerekli olan diyagramlar görülmektedir.



a) Thin Film

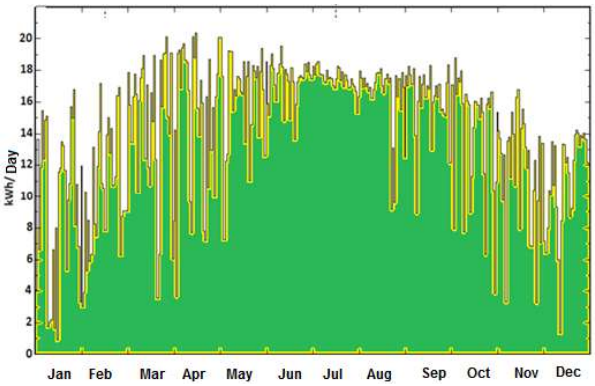
Poly-crystalline silicon



Thin Film

b) Çoklu kristal silikon

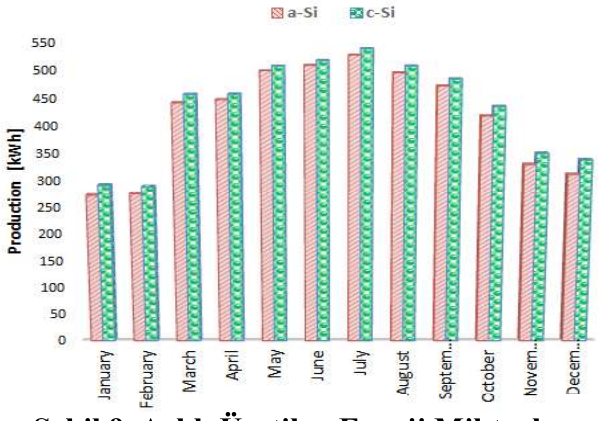
Şekil 7. Thin Film ve Çoklu Kristal Silikon Panellerin Boyutlandırılması



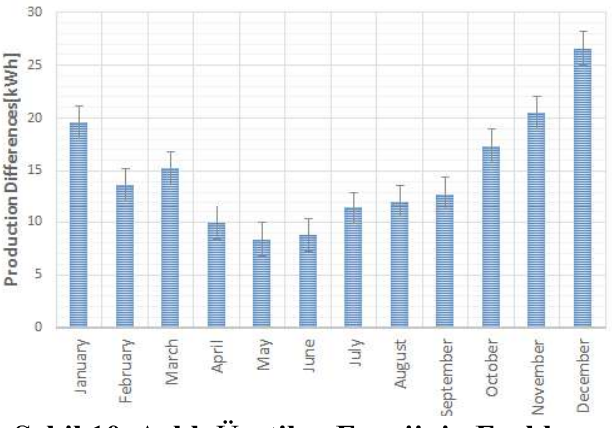
Şekil 8. Bir Yıl İçin Üretilen Enerjinin Dağılımı

3 kW gücündeki fotovoltaik sistemin bir yıl için günlük üretmiş olduğu enerji Şekil 8'de görülmektedir. Thin Film, çoklu kristal silikon panellerden oluşan iki ayrı sistemin üretmiş olduğu enerji bir birine çok yakın değerlerdir. Farklılığı ancak yakın plan incelemede görmekteyiz. Bir yıllık sürede Thin Film panellerden oluşan sistem 5018,6 kWh, çoklu kristal silikon panellerden oluşan sistem 5195,1 kWh enerji üretmiştir. Kahramanmaraş'ın iklim şartlarına göre yılın her günü üretim olduğu görülmektedir. Bütün mevsimlerde üretim olduğu ve kış aylarında bile iyi ışınım değerleri olduğu görülmekte-

dir. Kullanılan sistem güneş izleyici olmayıp, sabit sistem olarak planlanmıştır. Güneş izleyici sistem kullanılarak daha fazla enerji üretilebilirdi (Raugei ve Frankl, 2009; Phuangpornpitak ve Kumar, 2011; Kumar ve Rosen, 2011; Zhao vd., 1999; Shah vd., 1995; Catalano, 1996; Shi ve Green; 1999).



Şekil 9. Aylık Üretilen Enerji Miktarları



Şekil 10. Aylık Üretilen Enerjinin Farkları

Thin Film ve Çoklu kristal silikon panellerden oluşan iki ayrı 3 kW gücündeki fotovoltaik sistemin üretmiş olduğu enerji, bir yıl için aylık olarak şekil 9'da görülmektedir. Kahramanmaraş iklim şartlarında bütün aylarda Çoklu kristal silikon panellerden oluşan sistem daha fazla enerji üretmektedir. Şekil 10'da Thin Film, çoklu kristal silikon panellerden elde edilen enerjinin farklarının aylık değişimi görülmektedir.

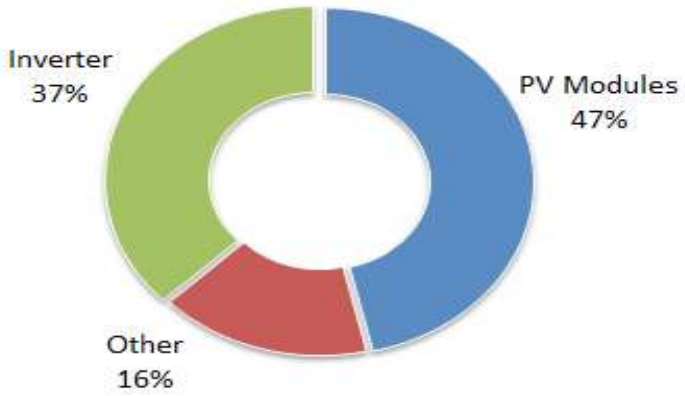
3. Maliyet Analizi

Tablo 3'de Thin Film, Çoklu kristal silikon panellerden oluşan iki ayrı 3 kW gücündeki fotovoltaik sistemin maliyet analizi görülmektedir. Thin Film panellerden oluşan 1.sistemin toplam yatırım maliyeti 9768,6 TL, çoklu kristal silikon panellerden oluşan 2.sistemin toplam yatırım maliyeti 9995,4 TL'dir. İki sistemin toplam maliyeti 19764 TL'dir. Yatırım maliyetinin % 47 si PV Panellere, %37 si Eviriciye, %16 sı diğer donanım için harcanmıştır (Bhattarai vd., 2013; Cañete vd., 2014; Vats vd., 2012; Jelle vd., 2012; Wild-Scholten, 2013; Sabounchi vd., 2013; Bloem, 2008; Vats vd., 2012). Thin Film panellerden oluşan sistemin toplam yatırım maliyeti ve üretilen enerji, Çoklu kristal silikon panellerden daha düşüktür. Çoklu kristal silikon panellerden oluşan sistemin yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen birim enerji maliyeti düşüktür (Padmavathi vd., 2013; Makrides vd., 2010; Peng vd., 2013; Sharma vd., 2013; Wong vd., 2014; Ranjan vd., 2013; Ho vd., 2014; Burns ve Kang, 2012; Senol, 2012; Dong ve Wiser, 2013; Harder ve Gibson, 2011). İki sistemin toplam yatırım oranları şekil 11'de görülmektedir. Sistemin en önemli maliyeti pv modüllerin aldığı görülmektedir. Şekil 12'de her iki sistemin birim enerji maliyeti görülmektedir. Thin film panellerin kurulum maliyetinin daha düşük olmasına rağmen, Polycrystalline Silikon panellerin birim enerji maliyetinin düşük olduğu görülmektedir. Şekil 13'de her iki sistemin bir yıl-

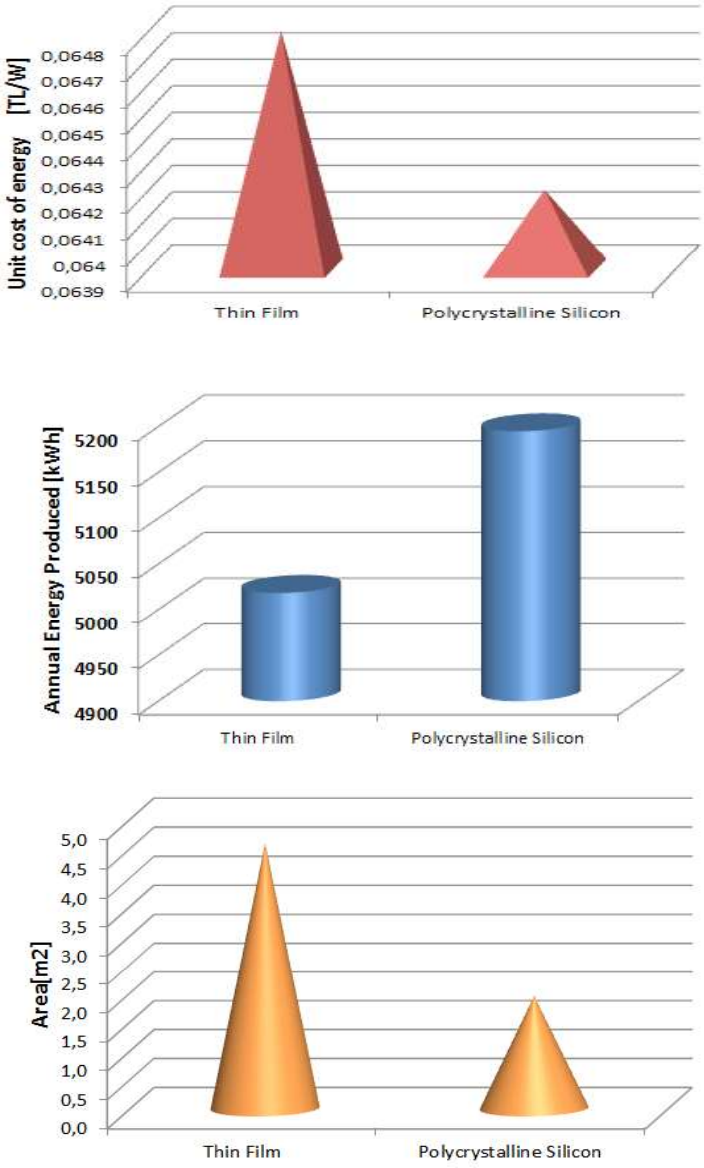
da üretmiş oldukları enerji miktarları görülmektedir. Polycrystalline Silikon panellerin daha fazla enerji ürettiği görülmektedir. Şekil 14'de ise her iki sistemin panellerinin kapladıkları alanlar gösterilmiştir.

Tablo 3.Sistemlerin Maliyet Analizi

	Thin Film			Poly crystalline		
PV Modules	414 TL	10	4140 TL	435 TL	10	4350 TL
Supports	150 TL	10	1500 TL	150 TL	10	1500 TL
Inverter	3405 TL	1	3405 TL	3405 TL	1	3405 TL
Total			9045 TL			9255 TL
Taxes			1628,1 TL			1665,9 TL
Net investment			10673,1 TL			10920,9 TL
PV costs (TL/W)			1,628 TL			1,711 TL
System costs (TL/W)			3,557 TL			3,640 TL
Production Time (Year)			2874 saat			2874 saat
Production [kWh] (1 Year)			5018,6			5195,1
Production [kWh] (30 Year)			150558			155853
Fixed feeding tariff			0,292 TL			0,292 TL
Total yearly income			1 465,431 TL			1 516,969 TL
Total income			43 962,930 TL			45 509,076 TL
Unit cost of energy			0,0648 TL			0,0642 TL
Breakeven point [Year]			6,6652			6,5883



Şekil 11. Yatırım Oranları



Şekil 14. Panellerin Alanları

SONUÇ

Her iki sistemin 30 yıllık çalışması sonucunda üreteceği enerji miktarları göz önüne alınarak hesaplanan birim enerji maliyetleri; Thin Film panellerden oluşan 1.sistemin birim enerji maliyeti 0,0648 TL, Çoklu kristal silikon panellerden oluşan 2.sistemin birim enerji maliyeti 0,0642 TL dır. Aylara göre üretim farklılık göstermesine rağmen, ortalama olarak Çoklu kristal silikon oluşan 2.sistem, Thin Film panellerden oluşan 1.sistemden %3,5 daha fazla gelir getirmektedir. Panellerin kapladığı toplam alanlar karşılaştırıldığında Thin Film panellerin dezavantajlı olduğu görülür. Sistemlerin büyüklüğü göz önüne alındığında arazi maliyetleri sistemlerin maliyet analizini önemli ölçüde etkileyecektir.

Panellerin ağırlıkları karşılaştırıldığında Çoklu kristal silikon panellerin dezavantajlı olduğu görülür. Ancak ağırlık özel durumlar hariç çok fazla maliyeti etkilememektedir. Yatırımcı acısından en önemli kıstas yeri dönüş noktasıdır. Çoklu kristal silikon panellerden oluşan 2.sistem enflasyon göz önüne alınarak yapılan hesaplamada 6,5883 yılda amorti etmektedir. Thin Film panellerden oluşan 1.sistem enflasyon göz önüne alınarak yapılan hesaplamada 6,6652 yılda amorti etmektedir. Sonuç olarak, Kahramanmaraş şartlarında 3 kW'lık Thin Film, Çoklu kristal silikon panellerden oluşan iki ayrı sistem karşılaştırılarak, Çoklu kristal silikon panellerden oluşan sistemin avantajlı olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

"Anonim" (2014) http://www.eie.gov.tr, **10.06.2014**

"Anonim" (2014) http://www.pvsyst.com/en/, **12.06.2014**

BURNS, J. E., KANG, J. S., (2012). Comparative economic analysis of supporting policies for residential solar PV in the United States: Solar Renewable Energy Credit (SREC) potential, Energy Policy 44, 217–225

BHATTARAI, S., KAFLE, G.K., EUH, S.H., OH, J.H., KIM, D. H., (2013). Comparative study of photovoltaic and thermal solar systems with different storage capacities: Performance evaluation and economic analysis, Energy 61, 272-282

BLOEM J.J., (2008). Evaluation of a PV-integrated building application in a well-controlled outdoor test environment. Build Environ;43:205–16

CATALANO A., (1996). Sol.Energy Mater. Sol.Cells 41-42, 205

CAÑETE, C., CARRETERO, J., CARDONA, M.S., (2014). Energy performance of different photovoltaic module Technologies under outdoor conditions, Energy 65, 295-302

DONG, C., WISER, R., (2013). The impact of city-level permitting processes on residential photovoltaic installation prices and development times: An empirical analysis of solar systems in California cities ,Energy Policy 63, 531–542

FTHENAKIS, V.M., KIM, H.C., (2011). Photovoltaics: Life-cycle analyses, Solar Energy 85, 1609–1628

HARDER, E., GIBSON, J. M. D., (2011). The costs and benefits of large-scale solar photovoltaic power production in Abu Dhabi, United Arab Emirates. Renewable Energy 36, 789-796

HO, W. S., MOHD, M. Z. W, HASHIM, H., MUIS, Z. A., (2014). Electric System Cascade Analysis (ESCA): Solar PV system", Electrical Power and Energy Systems 54, 481–486

JELLE, B. P., BREIVIK, C., RØKENES, H.D., (2012). Building integrated photovoltaic products: A state-of-the-art review and future research opportunities, So-

lar Energy Materials & Solar Cells 100, 69–96.

JU-YOUNG, K., GYU-YEOB, J., WON-HWA, H., (2009). The performance and economic analysis of grid-connected photovoltaic systems in Daegu, Korea, Applied Energy 86, 265–272

KUMAR, R., ROSEN, M.A., (2011). A critical review of photovoltaic–thermal solar collectors for air heating, Applied Energy 88, 3603–3614

MAKRIDES, G. , ZINSSER, B., NORTON, M., GEORGHIOU, G. E., SCHUBERT, WERNER M. J. H., (2010). Potential of photovoltaic systems in countries with high solar irradiation, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, 754–762

MOHAMMAD, H.M., TOUSI, S.M.R, MILAD, N., SAADAT, BASIR N., SHALAVI, N., (2013). A robust hybrid method for maximum power point tracking in photovoltaic systems, Solar Energy 94 266–276

PADMAVATHI, K., ARUL, D.S., (2013). Performance analysis of a 3 MWp grid connected solar photovoltaic power plant in India, Energy for Sustainable Development 17, 615–625

PENG, J., LU, L., YANG, H., (2013). Review on life cycle assessment of energy payback and greenhouse gas emission of solar photovoltaic systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews 19, 255–274

PHUANGPORNPITAK, N., KUMAR, S. (2011). User acceptance of diesel/PV hybrid system in an island community, Renew Energy; 36(1):125–31

RAZYKOV, T.M, FEREKIDES, C.S., MOREL, D., STEFANAKOS, E., ULLAL, H.S., UPADHYAYA, H.M., (2011). Solar photovoltaic electricity: Current status and future prospects, Solar Energy 85, 1580–1608

RANJAN, K.R., KAUSHIK, S.C., (2013). Energy, exergy and thermo-economic analysis of solar distillation systems: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews 27, 709–723

SABOUNCHI, A. M., YALYALI ,S.A., ALTHANI, H.A., (2013). Design and performance evaluation of a photovoltaic grid-connected system in hot weather conditions, Renewable Energy 53, 71-78

RAUGEI, M., FRANKL, P., (2009). Life cycle impacts and costs of photovoltaic systems: current state of the art and future outlooks, Energy; 34:392–9

SHAH, A.V., R., KEPPNER, H., (1995). Sol. Energy Mater. Sol. Cells 38-501

SHI, Z., GREEN, M.A., (1998). Prog. Photovoltaic Res. Appl. 6 , 247

SENOL, R., (2012). An analysis of solar energy and irrigation systems in Turkey, Energy Policy47, 478–486

SHARMA, V., CHANDEL, S., (2013). Performance and degradation analysis for

long term reliability of solar photovoltaic systems: A review , Renewable and Sustainable Energy Reviews 27, 753–767

VATS, K., TOMAR, V., TIWARI, G.N., (2012). Effect of packing factor on the performance of a building integrated semitransparent photovoltaic thermal (BISPVT) system with air duct, Energy and Buildings 53, 159–165

VATS, K., TIWARI, G.N., (2012). Energy and exergy analysis of a building integrated semitransparent photovoltaic thermal (BISPVT) system, Applied Energy 96, 409–416

YAN, S., LAI-CHEONG, C., LIANJIE, S., KWOK-LEUNG, T., (2012). Real-time prediction models for output power and efficiency of grid-connected solar photovoltaic systems, Applied Energy 93, 319–326

ZHAO, J., WANG, A., GREEN, M.A., (1999). Prog.Photovoltaic Res. Appl.7,471

WONG, J., LIM, Y. S., TANG, J. H., MORRIS, E., (2014). Grid-connected photovoltaic system in Malaysia: A review on voltage issues, Renewable and Sustainable Energy Reviews 29, 535–545

WILD-SCHOLTEN, M.J., (2013). Energy payback time and carbon foot print of commercial photovoltaic systems", Solar Energy Materials & Solar Cells 119, 296–305