



GAZİOSMANPAŞA BİLİMSEL ARAŞTIRMA DERGİSİ (GBAD)
Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research
ISSN: 2146-8168
<http://dergipark.gov.tr/gbad>
Araştırma Makalesi (Research Article)

Cilt/Volume : 6
Sayı/Number: Özel
Sayı (BSM-2017)
Yıl/Year: 2017
Sayı/Pages: 52-60

Alınış tarihi (Received): 21.04.2017
Kabul tarihi (Accepted): 27.12.2017

Baş editor/Editors-in-Chief: Ebubekir ALTUNTAŞ
Alan editörü/Area Editor: Hakan POLATCI

Damla Sulama Sistemlerinin İşletilmesinde Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları; Konya İli Örneği

Deniz ÖZDEDE^{a,*} Belgin ÇAKMAK^a Sertan AVCI^a

^aAnkara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 06110, Ankara-Türkiye
*: Sorumlu yazar, e-posta: bcakmak@ankara.edu.tr

ÖZET: Sulama sistemlerinde enerji masrafları giderek artmaktadır. Son yıllarda hem çevreyi kirletmeyen hem de maliyeti ucuz olan enerji kaynaklarından yararlanmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla pompa birimini fotovoltaik ilkeye göre çalıştıran güneş enerjili sulama sistemleri kurulmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, Konya ilinde güneş enerjisinden yararlanarak fotovoltaik (PV) ilkeye bağlı olarak üretilen elektrik ile çalıştırılan damla sulama sisteminin bazı teknik özellikleri belirlenmiştir. Projelenen bu sistemde 45 adet 180 W'lık güneş pili, 7 adet 200 Ah akü, 1 adet inverter, 1 adet şarj regülatörü, 7.5 kW'lık pompa kullanılmıştır. Ayrıca yöredeki fotovoltaik enerji olanakları araştırılarak, güneş enerjili damla sulama sistemleri için öneriler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Damla sulama, fotovoltaik ilke, güneş enerjisi ile çalışan sulama sistemi

Possibilities of Using Solar Power in Operating Drip Irrigation Systems; Case Study Konya Province

ABSTRACT: Energy costs in irrigation systems are getting increased. In recent years, efforts have been made to utilize energy sources that do not pollute the environment and are inexpensive. For this purpose, solar-powered irrigation systems which are operated the pump unit according to the photo-voltaic principle have been started to establish. In this study, some technical features of the drip irrigation system operated according to photovoltaic (PV) principle by utilizing solar energy in Konya province have been determined. In this projected drip irrigation system 45 solar cells of 180 W, 7 batteries of 200 Ah, 1 inverter, 1 charge regulator, and pump of 7.5 kW are used. In addition, photovoltaic energy possibilities in the region were investigated and suggestions for solar powered drip irrigation systems were given.

Keywords : Drip irrigation, photovoltaic principle, solar powered irrigation systems

1. Giriş

Yaşayan bütün canlılar gibi bitkilerde suya ihtiyaç duymaktadır. Bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun bir çevresel soruna yol açmadan toprağa verilmesine sulama denir. Sulamada esas, suyun alındığı kaynaktan sulanacak alana iletilmesidir. Suyun bu iletimi, bir enerji gerektirir. Su kaynağının sulanacak tarım arazisinden yeterli seviyede yüksek olmaması durumunda, sulama suyunun kaynağından tarım arazilerine iletilmesinde kullanılan mekanik teçhizatların tümü pompaj tesisini oluşturur.

Ülkemiz'de basınçlı sulama uygulamaları; elektrik enerjisi, fosil yakıtlar gibi konvansiyonel enerji kaynaklarıyla çalışan su pompaları yardımı ile yapılmaktadır. Elektrik

enerjisinin olmadığı yapım masraflarının yüksek olduğu tarımsal alanlarda, fosil yakıtlar ile çalışan su pompaları kullanılmaktadır. Bu tip sistemlerin en önemli sorunları günlük bakım istemeleri ve ulaşımı kolay olan yerlere kurulabilmeleridir. Buna karşın güneş enerjisi kullanılan sistemler günlük bakım istememelerinin yanında güneş enerjisinin yeterli olduğu tüm bölgelerde kurulabilirler. Güneş enerjisi kullanılan pompalar ilk yatırım masraflarının yüksek olmasına karşın işletme masraflarının az olmasından dolayı kısa zamanda ekonomik duruma geçebilirler (Yeşilata ve Aktacir, 2001).

Özellikle yenilenemeyen kaynakların her geçen gün masraflarının artması ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle, birçok ülke güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir (Koutroulis ve ark., 2001). Güneş enerjisine dayalı fotovoltaik (PV) sistemler, enerji kaynağı olarak çoğunlukla su pompalama sistemlerinde tercih edilmektedir. Geniş arazilerde yapılan tarımsal çalışmalar sabit bir enerji kaynağından ya da sulama kanallarından arazinin tüm noktalarına su dağıtımını ilave kablo düzeni gerektirmektedir. Özellikle sulama mevsiminde enerji gereksiniminin fazla olduğu dönemlerde klasik yollarla elde edilen elektrik enerjisi beraberinde çok yüksek maliyetler getirmektedir (Short ve Oldach, 2003). PV sulama sistemlerine, pompa sistemi dışında mekanik bir bileşen kullanılmamasından dolayı önemli düzeyde bir bakım onarım gereksinimi duymamaktadır. (Odeh ve ark., 2006).

Türkiye, yer aldığı coğrafi konum nedeni ile güneş enerjisi potansiyeli bakımından bir çok ülkeye göre avantajlı durumdadır. Ülkemizin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7.2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3.6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli açısından 110 gün gibi yüksek bir değere sahiptir. Yeterli yatırımların gerçekleştirilmesi durumunda Türkiye, günde bir metrekareden 1100 kWh'lik güneş enerjisi üretebilir (Çanka, 2011; Çakmak ve Tekiner, 2016). Ülkemizin toplam güneş enerjisi potansiyelinin coğrafi bölgelere göre dağılımı Çizelge 1'de, aylara göre Ülkemizin güneşlenme süresi değerleri ve güneş enerji potansiyeli ise Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 1'de görüldüğü gibi Güneydoğu Anadolu Bölgesi en fazla güneş enerjisi alan bölge olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Çizelge 2'den ortalama güneş enerjisi potansiyelinin Mayıs ve Eylül ayları arasındaki zamanı kapsayan zaman diliminde en yoğun olduğu görülmektedir.

Güneş enerjisi birçok alanda kullanılabilir. Bunlar; sıcak su temini, yüzme havuzu ısıtma, yemek pişirme, bitkisel ürünleri kurutma, deniz suyundan tuz ve tatlı su elde edilmesi, konut ve iş yerlerinin ısıtılması-soğutulması, seraların ısıtılması, su damıtma, sanayi için işlem ısıyı sağlama, güneş pompaları, güneş pilleri, toplu yerleşim ünitelerinde entegre sistemlerle birlikte ısı ve elektrik üretme, ulaşım-iletişim araçlarında sinyalizasyon ve otomasyonda güç kaynağı, otoprodüktör veya şebeke bağlantılı elektrik üretme gibi sıralanabilir.

Bu çalışmada, Konya ili pilot alan seçilerek fotovoltaik (PV) güçle çalışan bir damla sulama sistemi (DSS) projelenmiş ve proje tasarımına yönelik bilgiler verilmiştir.

Çizelge 1. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı (MMO, 2012)**Table 1.** Distribution of Turkey's annual total solar energy potential by region

Bölgeler	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/yıl)
G.Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Çizelge 2. Türkiye'nin yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyeli (EİE Genel Müdürlüğü)**Table 2.** Annual average solar energy potential of Turkey

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi (Saat/ay)
	(Kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	
Ocak	4.45	51.75	103
Şubat	5.44	63.27	115
Mart	8.31	96.65	165
Nisan	10.51	122.23	197
Mayıs	13.23	153.86	273
Haziran	14.51	168.75	325
Temmuz	15.08	175.38	365
Ağustos	13.62	158.40	343
Eylül	10.60	123.28	280
Ekim	7.73	89.90	214
Kasım	5.23	60.82	157
Aralık	4.03	46.87	103
Toplam	112.74	1311.00	2640
Ortalama	308 cal/cm²-gün	3.6 kWh/m²-gün	7.2 saat/gün

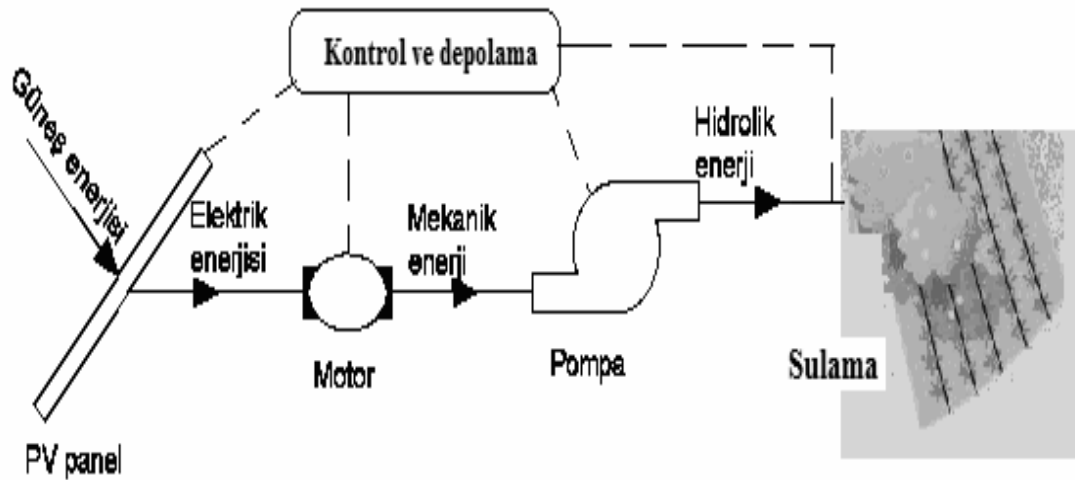
2. Fotovoltaik Güçle Çalışan Sulama Sistemleri

Güneş pilinden sağlanan enerji ile çalışan damla sulama sisteminin tercihinde göz önüne alınması gerekli birçok önemli etken bulunmaktadır. Bu faktörler; sırası ile kullanım, sulama suyunun kalitesi, pompa biriminin statik ve dinamik yükleri, sulanan alandaki günlük su ihtiyacı, kullanım sezonunu kapsayan aylar ve bu aylardaki güneş ışınım şiddeti olarak sıralanabilir (Atay ve ark., 2009). PV güçle çalışan sulama sistemlerinin (SS) tasarımında, sistemin çalıştığı süre boyunca, sistemdeki doğal faktörler de (iklim, hidroloji, kuyu, pompalama sistemi, sulama, tarım ve güç kaynağı) dahil olmak üzere sistemi oluşturan bütün bileşenler dikkate alınır (Şekil 1). Bir PV-pompa ünitesi; aşağıdaki bileşenlerin birkaçını veya hepsini kapsar (Al-Karaghoulı ve Al-Sabounchi, 2000):

➤ **PV PANELLER:** Güneş ışınımını, direkt elektrik enerjisine dönüştüren doğru akım güç kaynakları olup, pompanın çalışması için gerekli enerjiyi üretirler.

- **POMPA - MOTOR İKİLİSİ:** Panel tarafından üretilen elektriksel gücü önce mekanik sonra hidrolik güce dönüştüren elemanlardır.
- **BATARYA:** Gece veya güneşin olmadığı anlarda, sistemin çalışmasını temin etmek amacıyla elektrik enerjisinin depolandığı cihazlardır.
- **SU DEPOSU:** Amaç olarak batarya ile benzer bir görevi görmekle birlikte, bir nevi hidrolik enerjinin depolandığı bir elemandır.
- **MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI İZLEYİCİSİ (MPPT):** Sistemin maksimum noktada çalışmasını sağlayan DC - DC dönüştürücüsüdür.
- **KONTROL ELEMANLARI:** Şarj regülatörü, DC-AC dönüştürücüsü gibi elektrik devre elemanlarıdır.

Fotovoltaik destekli sulama sistemlerinde su, doğrudan dönüşüm yöntemleri ya da termodinamik yöntemler ile pompalanabilir. Doğrudan dönüştürme yönteminde, güneşten elde edilen enerji klasik bir pompanın motorunu çalıştırmak için kullanılır. Bu yöntemde, fotovoltaik, termoelektrik ve termoyonik işlemlerden yararlanarak doğrudan elektrik akımı üretilebilir. Elde edilen elektrik ile DC motoru çalıştırılabilir veya bir çevirici ile AC akıma çevrilerek daha sonra su pompalarını çalıştırmak için kullanılabilir. Fotovoltaik ilkeye göre çalışan güneş enerjili sulama sistemleri kullanım sürelerinin uzun, bakım gereksinimlerini az olması nedeniyle tercih edilmektedir.



Şekil 1. PV destekli sulama sistemi temel bileşenleri
Figure 1. Basic components of PV supported irrigation system

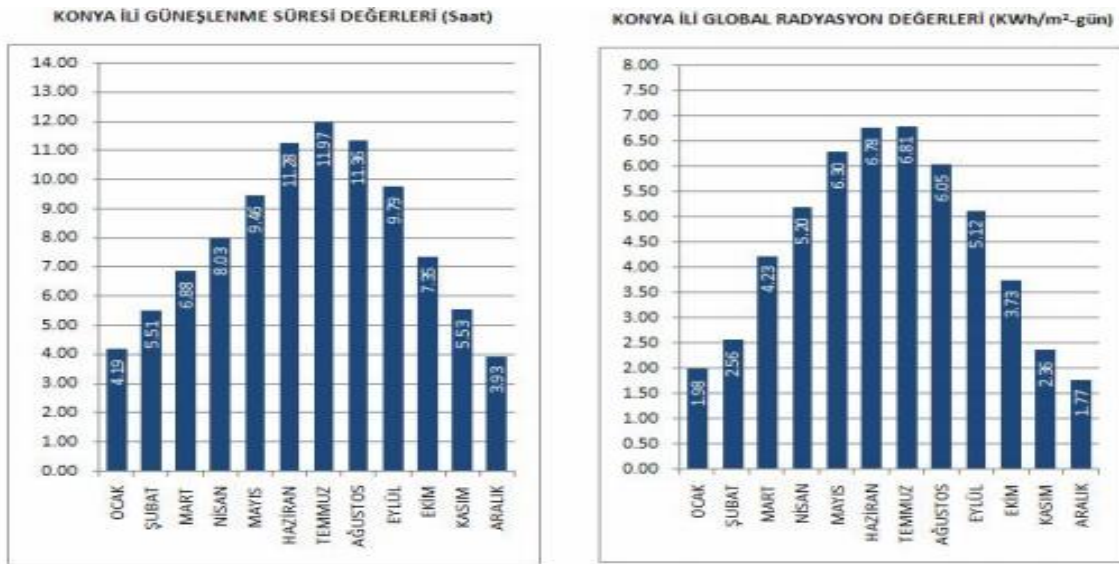
Güneş panelleri, belirli bir dalga boyunda güneşten gelen ışığı belli bir randıman ile elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Güneş panelinde fazla sayıda fotovoltaik yarı iletken silikon levhadan bulunur ve levhalar çeşitli katmanlardan oluşurlar. Levhaların görevi güneşten gelen ışınların belli bir kısmını soğurmaktır. Bu durumda kristalin kutup uçlarından (artı ve eksi) akım oluşur. Elde edilmek istenilen güce ve panellerin boyutlarına göre kristal modüller paralel ve seri olarak birbirlerine bağlanabilirler.

Ülkemizde damla sulama sistemlerinde enerji kaynağı olarak güneş panellerinden yararlanılmaktadır. Damla sulamada su, damlatıcılar aracılığı ile çok küçük damlalar halinde bitki köklerinin yakınındaki toprağa verilir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu araştırmada, Konya yöresi pilot alan olarak seçilmiş ve güneş enerjisi ile çalışan bir damla sulama sistemi projelenmiştir. Konya’da yıllık toplam yağış 440.7 mm, günlük güneşlenme süresi 7.3 saattir. Konya ilinin yıllık ışınım miktarı, 1761 kWh/m²’dir. Konya iline ilişkin aylara göre güneşlenme süresi ve global radyasyon değerleri Şekil 2’de verilmiştir.

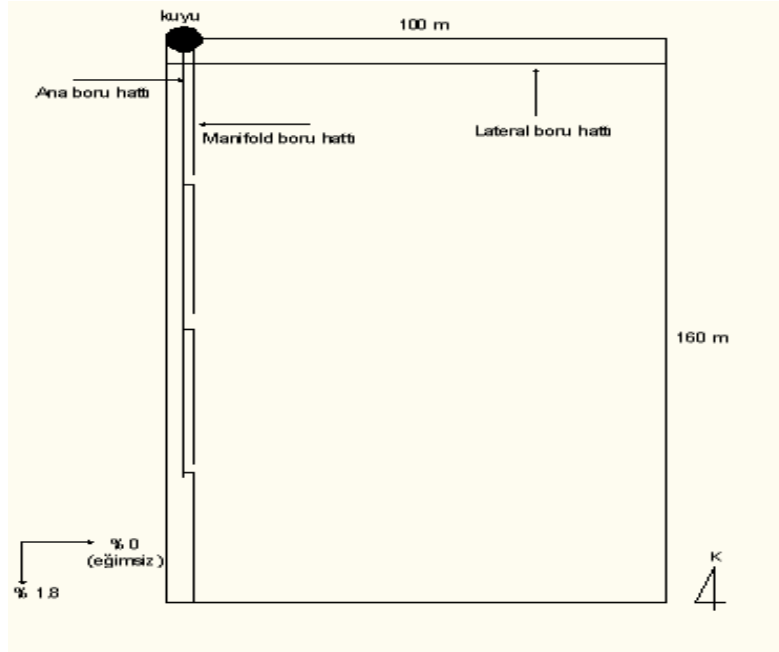
Konya ilinde; İç Anadolu bölgesi genelinde olduğu gibi karasal iklim şartları etkilidir. Konya ilini temsil eden ilçelerden alınan meteorolojik bilgilere göre yıllık yağış toplamının 294.9 mm (Karapınar) ile 764.0 mm (Seydişehir) arasında büyük bir değişim gösterdiği belirlenmiştir. Konya ilinde tarım yapılan arazilerin %61.97’si sulanabilir özelliktedir. Ancak sulanabilir arazilerin çok az bir kısmı (%20.70) sulamaya açılmış durumdadır. Başka bir ifade ile toplam tarım alanlarının %12.83 ‘luk kısmını sulamaya açılan araziler oluşturmaktadır.



Şekil 2. Konya ili güneşlenme süresi ve global radyasyon değerleri
Figure 2. Konya province sunshine duration and global radiation values

Konya ilinde özellikle son yıllarda sulama uygulamaları artmış bununla beraber tesis edilen pompaj tesislerinde de bir artış meydana gelmiştir. 2002 yılı verilerine göre sulama amacı ile kurulan 279 kooperatifte 2459 adet pompa ve 85632 kW tesis edilmiş motor gücü bulunmaktadır. Tesis edilmiş bu motor gücünden elde edilen debi ise yaklaşık saatte 380 304 m³’dir. Bölgeden elde edilen istatistik verilerine göre mevcut durumda bölgede 9661 adet derin kuyu pompaj tesisi bulunmaktadır. Bu pompaj tesislerinin yaklaşık %75 ‘i halk sulamalarında kullanılmakta ve yıllık kullanım süreleri yaklaşık 100-200 saat arasında değişmektedir. Buna karşın kooperatif tesislerinde bu süre yaklaşık 10 katına çıkmakta ve 1000-2000 saat arasında değişmektedir. Bir başka ifadeyle, kooperatiflerde ortalama 500 da alan için bir pompaj tesisi esas alınırken, halk bazında bu alan 100-200 da düzeyinde kalmaktadır.

Araştırmada Konya ili pilot alan olarak seçilmiş ve pilot alan koşullarına göre bir damla sulama sistemi projelenmiştir. Planı Şekil 3'de verilen 100×160 m boyutlarındaki, 16 da domates tarlasına fotovoltaiik damla sulama sistemi (DSS) projelenmiştir. Damla sulama sisteminin projelendirilmesi yapılırken, sulama için olması gereken debi referans alınmış ve su kaynağından itibaren son damlatıcıya kadar hattaki tüm elemanlardaki basınç kayıpları belirlenmiştir. Hesaplamalar sonucunda pompanın sağlaması gereken toplam basınç (ΔP) bulunmuştur. Bu hesaplamaların yapılabilmesi için, sulanacak arazi ve sulama hatlarına yönelik tüm boyutlar ve elemanlar belirlenmiştir.



Şekil 3. Damla sulama sistem tasarımına örnek domates tarlası planı

Figure 3. Tomato field plan for drip irrigation system design

Arazinin ana eğimi kuzey - güney doğrultusunda ve bayır aşağı (uzun kenar), kısa kenarın (doğu - batı) kısmen eğimsiz olduğu belirlenmiştir.

- Ortalama topografik eğim, kuzey - güney doğrultusunda (uzun kenar boyunca) % 1,8 ve doğu- batı doğrultusunda (kısa kenar boyunca) % 0' dır (eğimsiz).

Alanın toprak özellikleri;

- Toprak bünye sınıfı: L (tın, orta bünye),
- Kullanılabilir su tutma kapasitesi: $d_k = 143.7$ mm/m,
- Su alma hızı: $I = 8.3$ mm/h değerleri alınmıştır. Herhangi bir tuzluluk, sodyumluk ve drenaj sorunu bulunmamaktadır.

Domates bitkisine ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

- Etkili kök derinliği: $D_{rz} = 0.90$ m,
- Sıra aralığı: $S_s = 1.00$ m,
- Bitki su tüketimi: $ET = 6.2$ mm/gün,
- Mevsimlik toplam sulama suyu gereksinimi: $d_t = 517.3$ mm/gün.

Alana su, tarlanın kuzey - batı köşesinde bulunan kuyudan alınacaktır. Kuyuya ilişkin bilgiler şöyledir.

- Kuyu emniyetli debisi: $Q = 20$ L/ s,
- Statik su seviyesi: $H_d = 60$ m' dir.
- İşletme sahibi, günde en çok 12 h sulama yapmak istemektedir.

Bölgede yıllık toplam yağış 440.7 mm' dir.

3. Bulgular ve Tartışma

Araştırmada; pilot alanda, 160 × 100 metre boyutlarında ve 16 dekar alanda bir tarla parselinde domatesin sulanması amacıyla PV destekli damla sulama sistemi (DSS) tasarlanmıştır. Damla sulama sistemi için gerekli işletme basıncı pompa birimi ile sağlanacağından, işletme basıncı; $h_0 = 1 \text{ atm} = 10 \text{ m}$ seçilmiştir. Damlatıcı debileri, tarla bitkileri ve sebzeler için 2-4 L/h arasında olmalıdır. Ön görülen damlatıcı debileri için damlatıcı aralıkları ve ıslatılan alan oranları belirlenmiştir. Elde edilen bu veriler incelendiğinde; Konya ilinde yıllık toplam yağış 440.7 mm olduğu için yarı kurak bölgedir(Kaynak verilmeli). Bu nedenle $P \geq 30$ olmalıdır. Bu koşulu tüm damlatıcı debileri için hepsi sağlamıştır. Bu durumda en küçük değer seçilir ($P=0.44$). Standart damlatıcı aralığına göre $P = 0.45$ alınır. Proje alanında, topraklar derin olduğundan, sulama ile ıslatılacak toprak derinliği olarak, etkili kök derinliği dikkate alınmıştır. Domates bitkisinin etkili kök derinliği, $D_{rz} = 0.90 \text{ m}$ 'dir. Her sulamada uygulanacak maksimum net sulama suyu miktarı, $d_{nmax} = 17.45 \text{ mm}$; damla sulama yöntemi altında bitki su tüketimi, $T = 5.8 \text{ mm/gün}$; maksimum sulama aralığı, $SA_{max} = 3 \text{ gün}$; her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı, $d_t = 20.47 \cong 20.5 \text{ mm}$; birim alandaki damlatıcı sayısı, $N_d = 2223 \text{ adet/da}$; sulama süresi, $Ta = 4.6 \cong 5 \text{ h}$; maksimum işletme birim sayısı, $N_{max} = 7 \text{ adet}$; proje işletme birimi sayısı, $N_{max} = 7$ alınırsa manifold boyu, $160 \div 7 = 22.85 \text{ m} \cong 23 \text{ m}$ olacaktır. Su kaynağının yeterli olduğu koşullarda manifold boru uzunluğunun 40-50 m'nin altında alınmaması önerilir (Yıldırım,2005). Bu nedenle işletme birim sayısı $N = 4 \text{ adet}$ ve manifold boru uzunluğu $L_m = 40 \text{ m}$ alınmıştır.

Projede ana boru bayır aşağı dönecektir. Ana boru hattında oluşacak yük kayıpları, manifold girişlerinde basınç farklılıklarına neden olabilir. Bu durumda, basınç düzenleyicilerinin manifold girişlerine yerleştirilmesi daha yararlı olur. Basınç düzenleyicilerin çıkış basınçları standart olduğundan ve 5 m'nin katları şeklinde değiştiğinden ana boru basıncı ve regülatör çıkış basıncı 15 m olarak alınmıştır. Bu hesaplamada basınç değeri $\Delta h = 1.00$ (en az) yersel kayıplarda eklenir. $H_A = 15 + 1 = 16 \text{ m}$ 'dir (Ana boru hattında istenen basınç). Sistem debisi, $Q = Q_m = 4.95 \text{ L/s}$; ana boru uzunluğu, $L_A = 120 \text{ m}$; ekonomik ana boru dış çapı 75 mm'dir. $h_g = S_a \times L_A = 0.018 \times 120$ ve $h_g = 2.16 \text{ m}$ (bayır aşağı) olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu özellikler kapsamında; sistem debisi $18 \text{ m}^3/\text{h}$ ve $H_M = 75.84 \text{ m}$ için; motor gücü 7.5 kW olan S6S-18/12 model (Firma bilgisi) pompa birimi seçilmiştir.

Belirlenen pompa gücünü karşılaya bilmek amacı ile saatte 7.5 KW verecek güneş paneli sistemi tasarlanmıştır. Yapılan işlemler sonucu saat başı 1 KW için toplam 6 panel gerekmektedir ve paneller için gerekli toplam 7.7 m^2 lik panel yüzey alanına ihtiyaç vardır (Kaynak). Projede; saat başı 7.5 kW için toplam 45 panel gerekmektedir. Konya bölgesinin ortalama güneşlenme süresi 7.3 saattir. Bu durumda paneller ortalama olarak yılda 19984 kWh elektrik üretimi sağlayacaktır.

Elektrik fiyatı, 0.36 TL kuruştan tarımsal amaçlı verilmekte ve ilerleyen zamanda daha da yükseleceği tahmin edilmektedir (enerjiatlası, 2017). Bu fiyat yaklaşık olarak 0.16 Euro cent kabul edilirse; yıllık paneller enerji üretimindeki kazanç 3197.4 Euro olarak belirlenir.

Saatte 1 kW'lık bir sistem için panel ve gerekli malzemelerin teslim fiyatı 2000 Euro 1 kW enerji için 250 Euro işçilik ve 200 Euro envanter masrafı eklenmektedir. 1 kW'lık sistem için ortalama 450 Euro döşeme ve regülatör masrafı eklenmektedir. Bu durumda sistemin yapılabilmesi için toplam masraf; 20062.5 Euro olacaktır.

Masrafların amorti süresi= $20062.5/3197.4=6.3$ yıldır. Panel sistemi malzemelerin alımı, döşenmesi ve çalıştırılması için yapılan masrafı ortalama 6.3 yılda amorti edebilir. Hesaplamalarda, 2013 yılına ilişkin fiyatlar kullanılmıştır.

4. Sonuç

Günümüzde dünyada enerji sağlamamak için çoğunlukla yenilenemeyen enerji kaynakları kullanılmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynakları çevreye verdikleri zarar ve gün geçtikçe azalan bir kaynak olmasından dolayı yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Enerji üretiminde meydana gelen çevre kirliliği ve gün geçtikçe var olan enerji kaynakları maliyetinin artmasından dolayı hem yenilenebilir hem de çevreyle uyumlu alternatif kaynakların geliştirilmesine yönelik çalışmalar hızla artmaktadır. Bu enerji kaynaklarından en önemlisi güneş enerjisidir. İlk başlarda güneş enerjisi ısınma amaçlı kullanılırken gelişen teknoloji ile güneş pilleri üretilmeye başlanmış ve artık güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi yapılmaya başlanmıştır. Özellikle güneş pillerinin performansı ve maliyetlerinin her geçen gün azalması ile kullanımları da yaygınlaşmaya başlamıştır.

Güneş pillerinin kullanımlarının artması; başka bir ifade ile ticari anlamda satışının yaygınlaşması sonucu sistem maliyetlerinde de önemli oranlarda azalma sağlanmıştır. Ülkemizde de ilerleyen yıllarda güneş pillerinin üretilmesi beklenmektedir. Bunun sonucunda maliyetlerin azalması ile güneş pilleri daha kolay ulaşılan ve daha ekonomik bir kaynak haline gelecektir.

PV sulama sistemlerine, Türkiye enerji politikalarında uygulamaya dönük olarak yer verilmesiyle enerji dış alımlarını azaltabileceği gibi fosil yakıtlardan kaynaklanan çevre kirliliğinin azaltılmasında da fayda sağlayabilecektir. Ayrıca bu sistemlerin birim alan için uygun şekilde tasarlandığında, AC sulama sistemine alternatif olabildiği belirlenmiştir. Bu çalışmada Konya yöresinde sunulan güneş enerjili sulama sistemlerin ilk yatırım masraflarının yüksek olmasına karşın işletme masrafları yok denecek düzeydedir. Büyük bir tarım arazisi potansiyeline sahip ülkemizde özellikle elektrik tesislerinin yeterli olmadığı kırsal alanlarda PV sulama sistemleri daha ekonomik olması nedeni ile iyi bir alternatif olmaktadır.

Kaynaklar

- Al-Karaghoulı A, Al-Sabounchi AM, 2000. A PV Pumping System, Applied Energy, 65 (4): 145-151.
- Atay Ü., Y. Işiker, B. Yeşilata, A. S. Nacar, A. Çıkman, U. Rastgeldi, (2009). "Güneş Pili Enerjisiyle Çalışan Damla Sulama Sistemlerinin Kurulumu ve Yaygınlaştırılması" 1.GAP Organik Tarım Kongresi Bildiriler Kitabı, Şanlıurfa. 210-217
- Çakmak, B., Tekiner, M. (2016). Solar Energy Utilization in Irrigation Networks: The Case of Beypazari. The Journal of Agricultural Faculty of Uludag University, Volume:30, Number: Special issue; 27th International Scientific-Expert Congress of Agriculture and Food Industry 26-28 September 2016, p. 364-373, Bursa-Turkey.
- Çanka, Kılıç, F. (2011). "Türkiye'deki Yenilenebilir Enerjilerde Mevcut Durum ve Teşviklerdeki Son Gelişmeler," Mühendis ve Makina Dergisi, cilt: 52, sayı : 614, s.103- 115.
- Enerjiatlası. (2017). <http://www.enerjiatlası.com/elektrik-fiyatlari/#sulama>
- Koutroulis, E., Kalaitzakis, K., Voulgaris, N.C. (2001). Development of a microcontroller-based, photovoltaic maximum power point tracking control system. IEEE Transactions on power electronics. No: 1. P:46-54
- MMO, 2012. Türkiye'nin Enerji Görünümü, Yayın No:MMO/588, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara.

- Odeh A.I., Yohanis, Y.G., Norton, B. (2006). Economic viability of photovoltaic water pumping systems. *Solar Energy* 80(7): 850–860
- Short, T. D., Oldach, R. (2003). Solar Powered Water Pumps: The Past, the Present—and the Future?. *J. Sol. Energy Eng* 125(1), 76-82
- Yıldırım, O., (2005). Sulama sistemlerinin tasarımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 1565
- Yeşilata, B., Aktacir, A. (2001). “Fotovoltaik Güç Sistemli Su Pompalarının Dizayn Esaslarının Araştırılması,”TMMOB MMO Mühendis ve Makine Dergisi, cilt: 42, sayı: 493, s.29-34.