

GÜNEŞ ENERJİSİ İLE TARIMSAL SULAMA

Prof.Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK



© Copyright 2025

Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi AŞ'ne aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.

ISBN	Sayfa ve Kapak Tasarımı
978-625-375-005-3	Akademisyen Dizgi Ünitesi
Kitap Adı	Yayıncı Sertifika No
Güneş Enerjisi ile Tarımsal Sulama	47518
Yazar	Baskı ve Cilt
Hasan Hüseyin ÖZTÜRK ORCID iD: 0000-0001-6904-5539	Vadi Matbaacılık
Yayın Koordinatörü	Bisac Code
Yasin DİLMEN	TEC003080
	DOI
	10.37609/akya.3237

Kütüphane Kimlik Kartı

Öztürk, Hasan Hüseyin.

Güneş Enerjisi ile Tarımsal Sulama / Hasan Hüseyin Öztürk.

Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2025.

334 s. : şekil, çizelge. ; 160x235 mm.

Kaynakça var.

ISBN 9786253750053

1. Tarım--Ziraat.

GENEL DAĞITIM

Akademisyen Kitabevi AŞ

Halk Sokak 5 / A

Yenişehir / Ankara

Tel: 0312 431 16 33

siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

ÖNSÖZ

Sanayi devriminden sonra, esas olarak makinalaşmanın ortaya çıkmasından bu yana ve yeşil devrim sürecinde, insanlar ve makinalar, insanları beslemek için ürün yetiştirmek amacıyla verimli bir şekilde işbirliği yapmaktadır. Ancak, önümüzdeki yıllarda nüfus artışıyla yüzleşmek için, sadece üretkenliği artırarak insanları beslemek değil, aynı zamanda bunu mümkün olan en verimli ve saygılı şekilde yapmak, diğer bir deyişle sürdürülebilir olarak üretmek amacıyla da başarılı olmak için ekstra bir çaba gerekmektedir. Bu zorlukla yüzleşmek için, son on yılda, özellikle güvenilir tarımsal verilere erişim ve bunlardan en uygun anlamı çıkarmak için, gelişmiş bilgisayar teknikleri gibi teknolojide dikkate değer gelişmeler ortaya çıkmaktadır. Dijital teknoloji tarafından yönlendirilen bu yeni yaklaşım, yetiştiricilerin tekrarlayan, fiziksel olarak zorlu ve sıkıcı saha görevlerinden kaçınma girişiminde işçilerden ziyade ürünlerinin denetçisi olarak hareket etmeleri gerektiğini ima etmektedir. Bu durum tarımsal çerçevede, veri çok önemlidir ve bilgi tabanlı yönetim döngüsü, kavram ve görevleri birleştiren pratik bir yaklaşım sağlar.

Tarım 5.0'dan en iyi şekilde yararlanmak için, kullanıcılara, ideal olarak modern teknolojileri öğrenmeye ve tarıma uygulamaya istekli genç çiftçilere derin eğitim verilmesi ve gelecek nesillere bir yenilenme sağlanması gerekmektedir. 21. yüzyılda gıda üretiminin getirdiği zorluklarla yüzleşmek için, veriye dayalı yönetimin tüm gücünü gösterebilen modern ve sürdürülebilir bir tarıma doğru ilerlemek amacıyla doğru zaman gibi görünmektedir. Tarım 5.0'a geçiş, önümüzdeki on yıl için çoğu büyük tarım ekipmanı imalatçısının gündeminde yer almaktadır. Bu nedenle, tarım robotlarının bir sonraki-daha akıllı-nesil tarım makinaları olarak kabul edilmesi durumunda, ekipman imalatçıları kilit bir rol oynayacaktır.

Tarımsal üretimin yaygınlaşması, insanlığın çevre üzerindeki en büyük etkilerinden biri olmuştur. Birçok habitatlar tarımsal üretim için dönüştürülmüştür. Tarımsal üretim, biyoçeşitlilik için en büyük baskılardan birisidir. Tarımsal üretimin, iklim değişikliğini azaltacak şekilde enerji üretme ve kullanma konusunda önemli bir işlevi vardır. Tarımsal üretim işletmelerinde, fosil yakıtlar yerine düşük karbonlu yenilenebilir enerjiler kullanmak, çiftlik sahiplerinin enerji kaynakları üzerindeki kontrolünü artırabilir, maliyetleri azaltabilir ve iklim değişikliği ile mücadele edilebilir. Tarım temelli biyoyakıtların üretimi ve kullanımı konusunda, çevresel ve sosyal sorumluluğun dikkatle değerlendirilmesi ve biyolojik kökenli enerji üretiminden kaynaklanan emisyonların titiz ve kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi gereklidir.

Türkiye Cumhuriyeti'nin 100. kuruluş yılı anısına hazırlamış olduğum bu bilgi seti, başta kurucu lider ve bilge önder Mareşal Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK olmak üzere, kurtuluş savaşı ve kuruluş mücadelesinde büyük bir özveri ile görev alan bütün insanlara ve ülkemizde tarımsal mekanizasyon eğitim ve araştırmalarının öncülerine ithaf olunur. Değerli eserleri ve önemli katkıları için en içten teşekkürlerimi ve sonsuz saygılarımı sunarım.

Prof.Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK

Adana, Ekim-2024

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
1. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE SULAMA	1
1.1. Güneş Enerjisi İle Çalışan Tarımsal Sulama Sistemleri.....	1
1.2. Sürdürülebilir Sulama.....	3
1.3. Güneş Enerjili Sulama Sistemi Tasarımı.....	4
1.4. Güneş Enerjili Sulama Sisteminin Bileşenleri.....	5
1.4.1. Fotovoltaik Modüller.....	8
1.4.1.1. Seri Bağlı Fotovoltaik Modüller.....	9
1.4.1.2. Paralel Bağlı Fotovoltaik Modüller.....	10
1.4.1.3. Seri Ve Paralel Bağlı Fotovoltaik Modüller.....	10
1.4.1.4. Seri Ve Paralel Modüllerin Karşılaştırılması.....	13
1.4.1.5. Dizi İntertör İle Modüllerin Bağlanması.....	14
1.4.1.6. Fotovoltaik Modüllerin Yerleşimi.....	15
1.4.2. Kontrol Ünitesi.....	15
1.4.3. Motor-Pompa Ünitesi.....	16
1.4.3.1. Güneş Enerjili Su Pompası.....	17
1.4.4. Su Depolama Tankı.....	18
1.4.5. Sulama Sistemi.....	18
1.4.5.1. Yüzeş Sulama.....	19
1.4.5.2. Yağmurlama Sulama.....	19
1.4.5.3. Damla Sulama.....	19
2. DAMLA SULAMA	22
2.1. Damla Sulama Sistemi.....	23
2.1.1. Damla Sulama Sistemi Tasarımı.....	24
2.1.1.1. Toprak Altından Damla Sulama.....	24
2.1.1.1.1. Nemli Bölgelerde Damla Sulama...	28
2.1.1.1.1.1. İlk Yatırım Maliyetleri...	30
2.1.1.1.1.2. Su Miktar Ve Kalitesi.....	30
2.1.1.1.1.3. Enerji Kaynağı.....	30
2.1.1.1.1.4. Toprak Kısıtlamaları.....	32
2.1.1.1.1.5. Eğim Kısıtlamaları.....	32
2.1.1.1.1.6. Alan Kısıtlamaları.....	32
2.1.1.1.1.7. Olumsuzlukları.....	33
2.1.1.1.1.8. Tasarım Ve Kurulum.....	33
2.1.1.1.1.9. Yönetim Etmeleri.....	35
2.1.1.2. Yüzeşden Damla Sulama.....	36
3. GÜNEŞ ENERJİLİ SULAMA DÜZENLEMELERİ	44
3.1. Çalışma İlkesi.....	44
3.2. Yüzeş Pompası Düzenlemesi.....	44
3.3. Dalgıç Pompa Düzenlemesi.....	45
3.4. Gelişmiş Teknolojik Uygulamalar.....	46
3.5. Güneş Enerjisiyle Sulamanın Etkileri.....	47

3.5.1. Güneş Enerjili Sulamanın Yönetim Gereksinimi.....	47
3.5.2. Güneş Enerjili Sulama Ekonomik Uygulanabilirlik.....	48
3.5.3. Güneş Enerjili Sulama Sistemlerinin Ekolojik Etkileri...	48
3.5.4. Güneş Enerjili Sulama Sistemlerinin Sürdürülebilirliği..	48
3.5.5. Güneş Enerjili Sulama İçin Potansiyel Ve Engeller.....	48
3.5.6. Güneş Enerjili Sulama İçin SWOT Analizi.....	49
3.5.7. Güneş Enerjili Ve Dizel Yakıtlı Sulama Karşılaştırma...	50
3.5.8. Sulamanın Çevresel Etkileri.....	51
3.5.9. Güneş Enerjili Sulamanın Etkileri.....	51
4. GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA TEKNİK TASARIM.....	53
4.1. Fotovoltaik Ünitelerin Montajı ve Güneş İzleme Sistemleri.....	53
4.1.1. Kuzey-Güney Yönünde Sabit Eğimde Kurulum.....	55
4.1.2. Değişen Doğrultularda Güneşi İzleyen Kurulum.....	58
4.1.3. Doğu-Batı Yönünde Sabit Eğimde Kurulum.....	67
4.1.4. Su Yüzeyinde Sabit Eğimde Kurulum.....	72
4.2. Motor ve Kontrol Ünitesi.....	73
4.2.1. Su Pompası.....	75
4.2.1.1. Santrifüj Pompa.....	76
4.2.1.2. Helisel Rotorlu Pompalar.....	77
4.3. Pompa Kurulumları.....	79
4.4. Dalgıç Elektrik Motorları.....	80
4.5. Motor Ve Pompa Özellikleri.....	85
4.6. Kontrol Panoları.....	86
4.7. Su Depolama Yapıları.....	88
4.8. Ölçme Ve İzleme Sistemi.....	88
5. GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA SİSTEMİ KURULMASI VE İŞLETİLMESİ.....	91
5.1. Güneş Enerjisiyle Sulama Sistemlerinin Değişkenleri.....	91
5.1.1. Güneş Işınımı Değişkenliği.....	91
5.2. Güneş Enerjisiyle Sulama Sistemini Yapılandırma Ve İşletme.	96
5.2.1. Su Kuyusu Ve Su Deposu Sistemi.....	97
5.2.2. Su Kuyusu Ve Doğrudan Sulama Sistemi.....	98
5.2.2.1. Debi Kontrollü Otomatik Sulama.....	100
5.2.2.2. Sulama Alanı Büyüklüğünün Uyarlanması.....	101
5.2.2.3. Güneşin İzlenmesi.....	101
5.2.3. Yüzey Pompası İle Doğrudan Sulama Sistemi.....	102
5.2.4. Yüzey Pompası Ve Su Deposu Sistemi.....	103
5.2.5. Su Kuyusu-Yüzey Pompası Ve Sulama Sistemi.....	103
5.2.6. Şebekeye Bağlı Sulama Sistemi.....	103
5.2.7. Damla Sulamaya Uygunluk.....	104
5.2.8. Damla Sulama Sisteminin Performansı.....	106
5.2.9. Filtre Sistemleri.....	106
5.2.9.1. Basınç Farkı.....	112

5.2.9.2. Hidrosiklon Kum Ayırıcı.....	114
5.2.9.3. Perde Filtre.....	116
5.2.9.4. Disk Filtre.....	119
5.2.9.5. Kum Filtresi.....	122
5.2.10. Toprak Altı Damla Sulama Sistemi.....	125
5.2.11. Gübreleme Sistemleri.....	125
5.2.11.1. Pompa Emme Tarafında Enjeksiyon.....	129
5.2.11.2. Basıncılı Tanklar.....	129
5.2.11.3. Venturi Sistemi.....	133
5.2.11.4. Dozaj Pompaları.....	136
6. GÜNEŞ ENERJİLİ SULAMA SİSTEMİ TASARIMI.....	140
6.1. Tasarım Verilerinin Toplanması.....	140
6.2. Ürün Su Gereksiniminin Modellemesi.....	141
6.3. Enerji Gereksinimi Ve Karbondioksit Emisyonları.....	142
6.4. Dinamik Yükseklik.....	145
6.5. Fotovoltaik Ünite Büyüklüğünün Belirlenmesi.....	147
6.6. EXCEL Tabanlı Sistem Boyutlandırma.....	148
6.7. Bilgisayar Tabanlı Sistem Boyutlandırma Ve Simülasyon.....	148
6.8. Güneş Enerjisiyle Sulama Sistemi İçin Arazi Gereksinimi.....	149
6.9. Güneş Enerjisiyle Sulama İçin Seyyar Fotovoltaik Üniteler....	150
6.9.1. Güneş Enerjisi İle Seyyar Sulama Sistemi.....	150
6.9.1.1. Çalışma İlkesi.....	153
6.9.1.2. Sistem Bileşenleri.....	154
6.9.1.2.1. Bağlantı Kutusu.....	154
6.9.1.2.2. Fotovoltaik Ünite İçin Güç Ünitesi..	155
6.9.1.2.3. Dalgıç Pompa Ve Motor Ünitesi....	156
6.9.1.2.4. Kontrol Ünitesi.....	156
6.9.1.2.5. Koruma Sensörü.....	157
6.9.1.2.6. Gerilim Dalgalanma Koruyucusu...	157
7. GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA YAPILANDIRMA.....	158
7.1. Güneş Enerjisiyle Sulama Sistemi Yapılandırmaları.....	158
7.1.1. Güneşten Üretilen Elektrik İle Çalışan Sulama Sistemi..	158
7.1.2. Güneşten Üretilen Elektrik Depolayan Sulama Sistem..	160
7.1.3. Fotovoltaik Ünite Ve Jeneratörlü Sulama Sistemi.....	160
7.1.4. Fotovoltaik Ünite Ve Şebeke Elektrikini Birlikte Kullanan Sulama Sistemi.....	161
7.2. Güneş İzleme Sistemleri.....	163
7.3. Sistem Kontrol Ünitesi.....	164
7.4. İnvörtör.....	168
7.4.1. İnvörtör Çeşitleri.....	170
7.4.1.1. Şebekeden Bağımsız İnvörtörler.....	171
7.4.1.1.1. Tam Sinüs İnvörtörler.....	171
7.4.1.1.2. Kare Dalga İnvörtörler.....	171

7.4.1.1.3. Mikro İnvörtörler.....	172
7.4.1.2. Şebekeye Bağlı İnvörtörler.....	172
7.4.1.2.1. Merkezi İnvörtörler.....	172
7.4.1.2.2. Dizi İnvörtörler.....	173
7.4.1.3. Çift Yönlü İnvörtörler.....	173
7.5. Pompalar ve Elektrik Motorları.....	173
7.6. Değişken Hızlı Sürücüler.....	175
8. MEVCUT SULAMA SİSTEMİNE GÜNEŞE ENERJİSİ SİSTEMİ EKLEMEK.....	180
8.1. Şebekeye Bağlı Ve Şebekeden Bağımsız Sistemler.....	180
8.2. Mevcut Sulama Sistemine Fotovoltaik Sistem Ekleme.....	181
8.2.1. Ürün Su Gereksinimi.....	182
8.2.2. Sulama Sisteminin Elektrik Gereksinimi.....	184
8.2.3. Fotovoltaik Ünite Tasarımı.....	185
8.2.3.1. Şebekeden Bağımsız Fotovoltaik Ünite.....	185
8.2.3.2. Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Ünite.....	186
8.3. Öneriler.....	186
9. FOTOVOLTAİK SİSTEMDE GÜÇ OPTİMİZASYONU.....	187
9.1. Fotovoltaik Ünitenin Gölgelemesinin Güç Çıkışına Etkileri...	187
9.2. Gölgeleme Kayıplarını Azaltma Yöntemleri.....	188
9.2.1. Modül Seviyesi Optimizasyonu.....	188
9.2.1.1. Dizi Düzenlemeleri.....	189
9.2.1.2. Baypas Diyotları.....	191
9.2.1.2.1. Seri Bağlı Fotovoltaik Hücreler.....	195
9.2.1.2.2. Gölgeleme Fotovoltaik Hücre.....	196
9.2.1.2.3. Baypas Diyotları.....	197
9.2.1.2.4. Bypass Diyot Entegrasyonu.....	199
9.2.1.3. Modül Seviyesi Güç Elektronikleri.....	199
9.2.1.3.1. DC Optimizer.....	200
9.2.1.3.1.1. Kullanımı.....	202
9.2.1.3.2. Mikro İnvörtör.....	208
9.2.2. Modül Seviyesi Güç Elektroniklerinin Etkileri.....	210
9.2.3. Modül Seviyesi Güç Elektronikleri Seçimi.....	213
10. GÜNEŞ ENERJİLİ SULAMADA ENERJİ GEREKSİNİMİ...	215
10.1. Hidrolik Enerji Gereksinimi.....	215
10.2. Fotovoltaik Ünitenin Elektrik Gücü.....	215
10.3. Güneş Enerjili Sulama Sisteminin Boyutlandırılması.....	217
10.3.1. Fotovoltaik Ünite Yüzey Alanı.....	217
10.3.2. Akü Kapasitesi Ve Sayısı.....	217
11. GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA SİSTEMİNİN TEKNO-EKONOMİK FİZİBİLİTESİ.....	218
11.1. Sulama İçin Yakıt ve Elektrik Kullanımının Karşılaştırma...	219
11.2. Fotovoltaik Ünite Ve Jeneratör Hibrit Sistemi Tasarımı.....	219

11.2.1. Simülasyon Yaklaşımı.....	220
11.3. Güneş Enerjili Sulama Sisteminin Ekonomik Analizi.....	224
12. GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA YÖNETİMİ.....	228
12.1. Yönetim Gereksinimleri.....	228
12.2. Güneş Enerjisiyle Sulama Yönetiminde Paydaşlar.....	228
12.3. Güneş Enerjisiyle Sulama Yönetimi Etkileri.....	231
12.3.1. Stratejik Çiftlik Yönetimine Olan Etkiler.....	231
12.3.2. Çiftlik Yönetimine Olan Etkiler.....	232
12.3.3. Operasyonel Çiftlik Yönetimine Olan Etkiler.....	233
13. GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMANIN EKONOMİK UYGULANABİLİRLİĞİ.....	235
13.1. Ekonomik Uygulanabilirlik Değişkenleri.....	235
13.1.1. Net Şimdiki Değer.....	235
13.1.2. İç Karlılık Oranı.....	235
13.2. Proje Alternatiflerinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi.....	235
13.3. GESS İçin Örnek Ekonomik Uygulanabilirlik.....	236
13.4. GESS İçin İş Modelleri.....	237
14. GÜNEŞ ENERJİLİ SULAMA SİSTEMLERİNİN EKOLOJİK ETKİLERİ.....	239
14.1. Ekolojik Etkiler.....	239
14.1.1. Fotovoltaik Sistemlerin Karbon Ayak İzi.....	239
14.1.2. Enerji Geri Ödeme Süresi.....	240
14.1.3. Fotovoltaik Modüllerinin Geri Dönüşümü.....	240
14.1.4. Yeraltı Suyu Tükenme Riskini Azaltmak.....	242
14.1.5. Yeraltı Suyunun Kirlenmesini Önlemek.....	245
14.1.6. Toprak Tuzluluğunu Azaltmak.....	245
14.1.7. Gürültü ve Egzoz Gazı Emisyonlarından Kaçınma... ..	245
15. GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA SİSTEMLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ.....	248
15.1. Sistem Bileşenlerinin Teknik Güvenilirliği.....	248
15.1.1. Montaj.....	250
15.1.2. Pompa Kontrol Ünitesi Ve İnvörtör.....	251
15.1.3. Elektrik Motoru.....	252
15.1.4. Su Pompası.....	253
15.2. Arızalar Ve Onarım.....	253
15.2.1. Önemli Arızalara Örnekler.....	254
15.2.2. Hatalı Planlama Ve Tasarım Örnekleri.....	255
15.2.3. Kurulum Hatalarına Örnekler.....	256
15.2.4. Yetersiz Bakım Örnekleri.....	257
15.3. Sistem Bileşenlerinin Yerel Pazarlarda Kullanılabilirliği....	257
15.3.1. Sistem Bileşenlerinin Yerli Üretimi.....	258
15.4. Yedek Parça Ve Satış Sonrası Hizmet.....	259
15.5. Güneş Enerjisiyle Sulama Sisteminin Kabul Görmesi.....	260

15.4.1. Çiftlik Düzeyinde Kabul.....	260
15.4.2. Devlet Düzeyinde Kabul.....	262
15.4.3. Cinsiyet İle İlgili Konular.....	263
16. SU YÖNETİMİ SORUNLARI.....	265
17. GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA SİSTEMLERİ İÇİN FIRSATLAR VE ENGELLER.....	268
17.1. Fırsat Değerlendirme.....	268
17.1.1. Küresel Fotovoltaik Pazarının Büyümesi.....	268
17.1.2. Dizel Güç Ünitesi Değişimi.....	269
17.1.3. Sıfırdan Gelişme.....	271
17.1.4. Küçük Çiftçilerin Teknolojiye Erişimi.....	272
17.1.5. Şebeke Güç Kesintilerini Dengelemek.....	273
17.1.6. İş Yaratma Ve Yerel Üretim.....	274
17.1.7. Yenilik Potansiyeli.....	275
17.1.7.1. Güneş Modüllerinin Doğu/Batı Yerleşimi..	275
17.1.7.2. Tasarım Yazılımı İyileştirme.....	276
17.1.7.3. Güneş Enerjili Pivot Sulama Sistemleri....	276
17.1.7.4. Küçük Çiftçiler İçin Çözümler.....	278
17.1.7.5. Anahtar Teslim Çözümler.....	279
17.2. Engellerin ve Risklerin Değerlendirilmesi.....	280
17.2.1. Yüksek İlk Yatırım Maliyeti.....	280
17.2.2. Pazar Odaklı Finansmanın Eksikliği.....	281
17.2.3. Petrol Fiyatlarının Değişimi.....	282
17.2.4. Pazar Odaklı Politikaların Eksikliği.....	283
17.2.5. Farkındalık Eksikliği ve Etki İzleme.....	284
17.2.6. Kalite Güvencesi ve Hizmet Eksikliği.....	285
17.2.7. Doğal Afetler Ve Hırsızlık.....	285
18. GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA İÇİN SWOT ANALİZİ...	287
18.1. Güneş Enerjisiyle Sulama İçin SWOT Analizi.....	287
18.2. Fırsatlar Ve Riskler.....	288
18.3. Sonuç Ve Öneriler.....	289
19. GÜNEŞ ENERJİLİ DAMLA SULAMA SİSTEMİ İLE ZEYTİN SULAMANIN PROJELENMESİ.....	295
19.1. Zeytin Yetiştiriciliğinde Sulamanın Önemi.....	295
19.2. Zeytin Ağaçlarının Su Gereksinimi.....	295
19.3. Zeytinde Su-Verim İlişkisi.....	296
19.4. Zeytinde Kök Gelişimi ve Su Alımı.....	297
19.5. Zeytin İçin Sulama Programı.....	297
19.6. Verim ve Kalite.....	297
19.7. Damla Sulama Yöntemi.....	298
19.8. Zeytin İçin Su Gereksiniminin Belirlenmesi.....	301
19.8.1. Evapotranspirasyonun Belirlenmesi.....	301
19.8.2. Topraktaki Su Rezervinin Belirlenmesi.....	304

19.8.3. Zeytin İçin Su Gereksiniminin Belirlenmesi.	305
19.9. Damla Sulama Uygulama Değişkenleri.....	306
19.9.1. Damlatıcı Seçimi.....	306
19.9.2. Damlatıcı Sayısı.....	306
19.9.3. Uygulanacak Su Miktarı.....	307
19.9.4. Sulama Aralığı.....	307
19.9.5. Sulama Süresi.....	308
19.10. Damla Sulama Tasarım Değişkenleri.....	308
19.10.1. Yük Kaybı.....	308
19.10.2. Lateral Boru Üzerindeki Damlatıcı Sayısı.....	308
19.10.3. Lateral Boru Debisi.....	308
19.10.4. Elektrik Motoru-Pompa Ünitesinin Gücü.....	308
19.11. Fotovoltaik Sistem İçin Tasarım Değişkenleri.....	309
19.11.1. Gerekli Hidrolik Enerji.....	309
19.11.2. Fotovoltaik Sistemin Üretmesi Gereken Elektrik...	309
19.11.3. Elektrığı Üretecek Fotovoltaik Sistemin Gücü.....	310
19.11.4. Elektrığı Üretecek Fotovoltaik Dizi Yüzey Alanı.	310
19.10.5. Gerekli Fotovoltaik Modül Adedi.....	311
19.10.6. Fotovoltaik Sistemin Verimi.....	311
19.12. Fotovoltaik Sistemin Ekonomik Analizi.....	312
19.12.1. Fotovoltaik Sistemin Yatırım Maliyeti.....	312
19.12.2. Fotovoltaik Sistemin Maliyet Analizi.....	313
19.12.3. Fotovoltaik Sistemde Üretilen Elektrik Miktarı...	313
19.12.4. Fotovoltaik Sistemde Üretilen Elektrığın Maliyeti	313
19.13. Fotovoltaik Sistemin Çevresel Etki Analizi.....	313
19.13.1. Karbondioksit Salımındaki Azalma Miktarı.....	313
KAYNAKLAR	314

CO₂ gazı salım faktörleri dikkate alınmıştır. Çizelge 19.3’de verilen CO₂ salım faktörleri, sadece yakıtın yanması sonucunda açığa çıkan CO₂ değerlerini yansıtmaktadır.

Tarımsal sulama amacıyla güneş enerjisinden üretilen elektrik kullanılması durumunda, elektrik üretiminde kullanılan yakıt türlerine bağlı olarak CO₂ salımındaki azalma aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$M_{CO_2} = \frac{\dot{U}EM \times S_{CO_2}}{1000} \dots\dots\dots(19.36)$$

Burada;

M_{CO_2} = Toplam CO₂ salımı (kg),

$\dot{U}EM$ = PV sistemin ömrü süresince üretilen elektrik miktarı (kWh),

S_{CO_2} = Birim kWh enerji üretimi için CO₂ salımıdır (g/kWh).

Çizelge 19.3. Yakıtlardan Elektrik Üretimi İçin CO₂ Salımı (Özcan ve Erol, 2013)

Yakıt Çeşidi	CO ₂ Salımı (g/kWh)
Taş kömürü	800
Linyit	800
Doğalgaz	350
Biyokütle	25

KAYNAKLAR

- ABU-ALIGAH, M., 2011. Design of photovoltaic water pumping system and compare it with diesel powered pump. Jordan Journal Mechanical & Industrial Engineering, 5(3), 273–280.
- AKAR, M., SİLAY, A.E., AKKAYA, H., TOMAR, A. 2010. Sulama Araç, Yöntem Ve Organizasyonlarının Geliştirilmesi. Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildirileri.
- ALIYU, M., HASSAN, G., SAID, S.A., SIDDIQUI, M.U., ALAWAMI, A.T., ELAMIN, I.M., 2018. A review of solar-powered water pumping systems. Renewable Sustainable Energy Reviews, 87, 61–76.
- ALLEN, R.G., JENSEN, M.E., WRIGHT, J.L., BURMAN, R.D. 1989. Operational estimate of reference evapotranspiration. Agron.J.81:650-662.
- ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M., 2006. Evapotranspiración del Cultivo Guías Para la Determinación de los Requerimientos de Agua de los Cultivos, FAO: Rome, Italy, pp. 1–322. 24. CNR. Boletín N° 6: Coeficiente de Cultivo, CNR: Santiago, Chile, pp. 1–7.
- AMOUCHE, B., GUESSOUM, A., BELHAMEL, M., 2012. A simple behavioral model for solar module electric characteristics based on the first order system step response for MPPT study and comparison.

- ANIS, W.R., NOURZ, M.A., 1994. Optimum design of a photovoltaic powered pumping system. *Energy Conversion and Management*, 35(12), 1123–1130.
- ANONIM, 2013. Monocrystalline PV-Modules, LCS M200-JA/SI, Solarstrom AG Renewable Energy Solutions.
- ARCE A. et al. 2012. A simulation of the economic impact of renewable energy development in Morocco. *Energy Policy* 46.
- ARJYADHARA, P., ALI S.M., CHITRALEKHA, J. 2013. Analysis of solar PV cell performance with changing irradiance and temperature. *International Journal of Engineering and Computer*, 2 (1), 214–220.
- ARORA, N.D., HAUSER, J.R., 1982. Temperature dependence of silicon solar cell characteristics. *Solar Energy Materials*, 6(2) 151–158.
- ASCOUGH, G.W., KIKER, G.A., 2002. The effect of irrigation uniformity on irrigation water requirements. *Water Sa*, 28(2), 235–242.
- BAGNALL, D. M., BORELAND M., 2008. Photovoltaic technologies. *Energy Policy*, 36: 4390-4396.
- BELGACEM, B.G., 2012. Performance of submersible PV water pumping systems in Tunisia. *Energy Sustainable Development*, 16(4), 415–420.
- BENGHANEM, M., DAFFALLAH, K.O., JORAID, A.A., ALAMRI, S.N., JABER, A. 2013. Performances of solar water pumping system using helical pump for a deep well: A case study for Madinah, Saudi Arabia. *Energy Conversion and Management* 65: 50–56.
- BETKA, A., ATTALI, A. 2010. Optimization of a photovoltaic pumping system based on the optimal control theory. *Solar Energy* 84(7): 1273–1283.
- BOUTELHIG, A., HADJARAB, A., BAKELLI, Y. 2011. Comparison study to select an optimum photovoltaic pumping system (PVPS) configuration upon experimental performances data of two different dc pumps tested at Ghardaïa site. *Energy Procedia* (6): 769–776.
- BOUTELHIG, A., BAKELLI, Y., HADJ MAHAMMED, I., HADJ ARAB, A. 2012. Performances study of different PV powered DC pump configurations for an optimum energy rating at different heads under the outdoor conditions of a desert area. *Energy* 39(1): 33–39.
- BROUWER, C., PRINS, K., HEIBLOEM, M., 1989. *Irrigation Water Management: Irrigation Scheduling* (Rome: FAO)
- CÁCERES, G., ANRIQUE, N., GIRARD, A., DEGRÈVE, J., BAEYENS, J., ZHANG, H.L., 2013. Performance of molten salt solar power towers in Chile. *Journal of Renewable Sustainable Energy*, 5(5), 053142.
- CAI, F., CHAO, W., LONG, T.J., XIONG, L.D., FU, H.S., GANG, X.Z., 2012. The influence of environment temperatures on single crystalline and polycrystalline silicon solar cell performance. *Science China Physics, Mechanics and Astronomy*, 55(2): 235–241.
- ÇALLI İ., YİĞİT K.S., KORKMAZ Y., TOKLU E., 1994. “Santrifüj Pompalarda Optimum Devir Sayısının Teorik ve Deneysel İncelenmesi”, 8. Mühendislik Haftası, Isparta, Türkiye, Mayıs 26-28.
- CAMPANA, P.E., ZHU, Y., BRUGIATI, E., LI, H., YAN, J., 2014. PV water pumping for irrigation equipped with a novel control system for water savings. *Energy Procedia*, 61, 949-952.
- CAMPANA, P.E., LI, H., YAN, J. 2013. Dynamic modelling of a PV pumping system with special consideration on water demand. *Applied Energy* 112: 635–645.

- CARROQUINO, J., DUFO-LÓPEZ, R., BERNAL-AGUSTIN, J.L., 2015. Sizing of off-grid renewable energy systems for drip irrigation in Mediterranean crops. *Renewable Energy*, 76, 566–574.
- CHEGAAR, M., HAMZAOU, A., NAMODA, A., PETIT, P., AILLERIE, M., HERGUTH, A. 2013. Effect of illumination intensity on solar cells parameters. *Energy Procedia*, 36, 722–729.
- CHOI, P., KIM, H., BAEK, D., CHOI, B., 2012. A study on the electrical characteristic analysis of c-Si solar cell diodes. *Journal of Semiconductor Technology and Science*, 12(1), 59–65.
- COELLO, J., CASTRO, M., ANTON, I., SALA, G., VAZQUEZ, M.A., 2004. Conversion of commercial Si solar cells to keep their efficient performance at 15 suns. *Progress in Photovoltaics Research and Application*, 12(5), 323–331.
- COOPER, M., 2012. *Energías Renovables no Convencionales en la Agricultura*, Ministerio De Agricultura, Gobierno De Chile: Santiago, Chile.
- CUADROS, F., LÓPEZ-RODRIGUEZ, F., MARCOS, A., COELLO, J., 2004. A procedure to size solar-powered irrigation (photoirrigation) schemes. *Solar Energy*, 76(4), 465–473.
- CUCE, E., CUCE, P.M., BALI, T. 2013. An experimental analysis of illumination intensity and temperature dependency of photovoltaic cell parameters. *Applied Energy*, 111, 374–382.
- ÇAKMAK, B. 2010. Sulama Suyu Gereksinimi; Bitki Su Tüketimi, Tahmin Yöntemleri.
- ÇAKMAK, B., YILDIRIM, M., AKÜZÜM, T. Türkiye’de Tarımsal Sulama Yönetimi, Sorunlar Ve Çözüm Önerileri. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi 215-224.
- ÇETİN, Ö. 2004. Tarımsal Sulama Yöntemleri. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayın Dairesi Başkanlığı Çiftçi Eğitim Serisi Yayınları, No: 2004/7, Ankara.
- DACCACHE, A., CIURANA, J.S., RODRIGUEZ DIAZ, J.A., KNOX, J.W., 2014. Water and energy footprint of irrigated agriculture in the Mediterranean region. *Environmental Research Letter* 9 (12), 124014.
- DE FRAITURE, C., GIORDANO, M., 2014. Small private irrigation: A thriving but overlooked sector. *Agricultural Water Management*, 131, 167–174.
- DEKKER, T. D. 2015. Solarizing Indian agriculture by deploying solar irrigation pumps.
- DOORENBOS, J., PRUITT, W.O., 1977. Guidelines for Predicting Crop. Water Requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper, FAO: Rome, Italy, Volume 24, ISBN 92-5-100279-7.
- DOORENBOS, J., 1975. Crop water requirements. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- DOORENBOS, J., PRUITT, W.O., 1997. Guideline for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage. Paper 24, Rome.
- DUBEY, S., SARVAIYA, J.N., SESHADRI, B. 2013. Temperature dependent photovoltaic (PV) efficiency and its effect on PV production in the world a review. *Energy Procedia*, 33, 311–321.
- EBAID, M.S.Y., QANDIL, H., HAMMAD, M., 2013. A unified approach for designing a photovoltaic solar system for the underground water pumping well-34 at Disi aquifer. *Energy Conversion and Management*, 75, 780–795.
- EMERY, K., OSTERWALD, C., 1987. Measurement of photovoltaic device current as a function of voltage, temperature, intensity and spectrum Solar Cells, 21, 313–327.
- ERTÖZ, A.Ö., 2003. “Pompalarda Enerji Verimliliği”, 6. Ulusal Tesisat Mühendisliği ve Kongresi, *Tesisat Dergisi*, TES-22, İstanbul.

- FERON, S., 2016. Sustainability of Off-Grid Photovoltaic Systems for Rural Electrification in Developing Countries: A Review. *Sustainability*, 8, 1326.
- FERON, S., CORDERO, R.R., LABBE, F., 2017. Rural Electrification Efforts Based on Off-Grid Photovoltaic Systems in the Andean Region: Comparative Assessment of Their Sustainability. *Sustainability*, 9(10), 1825.
- FERON, S., HEINRICH, H., CORDERO, R.R., 2016. Are the Rural Electrification Efforts in the Ecuadorian Amazon Sustainable? *Sustainability*, 8(5), 443.
- FESHARAKI, V.J., DEGHANI, M., FESHARAKI, J.J., 2011. The effect of temperature on photovoltaic cell efficiency. In: *Proceedings of the 1st International Conference on Emerging Trends in Energy Conservation- ETEC*, Tehran, Iran, November 20–22.
- FIASCHI, D., GRANIGLIA, R., MANFRIDA, G. 2005. Improving the effectiveness of solar pumping systems by using modular centrifugal pumps with variable rotational speed. *Solar Energy* 79: 234–244.
- FOSTER R.E. 2015. *Solar Water Pumping: Kenya and Nepal Market Acceleration*. ISES Solar World Congress.
- GANDIA, J.J., CARABE, J., FABERO, F., JIMENEZE, R., RIVERO, J.M., 2001. A new procedure for the accurate in door measurements of solar cell I–V characteristics. *J. Solar Energy*, 21, 243–256.
- GARCIA, A.M., GARCIA, I.F., POYATO, E.C., BARRIOS, P.M., DIAZ, J.R., 2018. Coupling irrigation scheduling with solar energy production in a smart irrigation management system. *Journal of Cleaner Production*, 175, 670–682.
- GHONEIM, A.A. 2006. Design optimization of photovoltaic powered water pumping systems. *Energy Conversion and Management*, 47(11–12): 1449–1463.
- GIZ India. *Solar water pumping for irrigation: Opportunities in Bihar, India*. Indo-German Energy Programme.
- GIZ. *Frequently Asked Questions on solar powered irrigation pumps*, Indo-German Energy Programme – Access to Energy in Rural Areas.
- GLASNOVIC, Z., MARGETA, J., 2007. A model for optimal sizing of photovoltaic irrigation water pumping systems. *Solar Energy* 81, 904–916.
- GOETZBERGER, A., HEBLING C., SCHOCK H.W., 2003. Photovoltaic materials, history, status and Outlook. *Materials Science and Engineering*, 40, 1-46.
- GOETZBERGER, A., SHOCKLEY, W., 1960. Metal precipitates in silicon p-n junctions. *Journal of Applied Physics*, 31(10), 1821-1824.
- GÖKALP, Y. 2013. Güneş Enerjisinden Yararlanarak Santrifüj Pompa İle Su Pompalama Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana.
- GREEN, M. A., EMERY K., HISHIKAWA Y., WARTA W., 2010. Solar cell efficiency tables (version 36). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 18: 346-352.
- GREEN, M.A. 2009. The path to 25% silicon solar cell efficiency: History of silicon cell evolution. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 17: 183-189.
- GÜVEN, S., TERZİOĞLU, R.G., <http://www.eeb.hacettepe.edu.tr>.
- GÜLEÇ, M., “Pnömatik Sistemlerde Tasarruf Önlemleri Ve Yöntemleri”, I. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi Ve Sergisi.
- HILL, N., WALKER, H., CHOUDRIE, S., JAMES, K., 2012. *Guidelines to Defra/DECC’s GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors*. Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). PB 13792 July 2012.

- HOLDSWORTH, J., 1997. "Conserving Energy in Compressed Air Systems", *Plant Engineering*, 51 (13):103-104.
- IEA, 2012. CO₂ emissions from fuel combustion highlights (www.iea.org/statistics)
- IDB, 2011. Inter-American Development Bank EVALUATION OF WATER PUMPING SYSTEMS Energy Efficiency Assessment Manual First Edition. Water and Sanitation Initiative Sustainable Energy and Climate Change Initiative Washington, D.C.
- ITDG, 2007. Intermediate Technology Development Group. Solar (photovoltaic) water pumping.
- ISO 9905, "Radyal (Santrifüj) Pompa Teknik Özellikleri", Sınıf I, POMSAD Yayınları, No: 7, 2000.
- ISO 9908, "Radyal (Santrifüj) Pompa Teknik Özellikleri", Sınıf III, POMSAD Yayınları, No: 8, 2000.
- ISO 3555, "Radyal, Karışık Akımlı ve Eksenel Pompalar Kabul Deneyi Esasları", B Sınıfı, POMSAD Yayınları, No: 3, 1998.
- ISO 2548, "Radyal, Karışık Akımlı ve Eksenel Pompalar Kabul Deneyi Esasları", C Sınıfı, POMSAD Yayınları, No: 4, 1998.
- IRENA. 2016. Solar pumping for irrigation: Improving livelihoods and sustainability.
- IRMAK, S., ODHIAMBO, L., KRANZ, W.L., EISENHAUER, D., 2011. Irrigation Efficiency and Uniformity, and Crop Water Use Efficiency. *Biological Systems Engineering Papers*, 451: 1-8.
- JOSHI, A., DINCER, I., REDDY, B.V., 2009. Thermodynamic assessment of photovoltaic systems, *Solar Energy*, Vol. 83, No. 8, pp. 1139–1149.
- KALDELLIS, J.K., MEIDANIS, E., ZAFIRAKIS, D., 2011. Experimental energy analysis of a stand-alone photovoltaic-based water pumping installation. *Applied Energy* 88(12): 4556–4562.
- KANSAKAR, D.R. 2011. Regulating common pool groundwater under fugitive surface water law, limitation in laws and regulations in Nepal. *Global Water Partnership, Nepal*.
- KARAKOÇ, T.H., KARAKOÇ, N., ERBAY, B., ARAS, H., "Enerji Analizi", T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2486, Açık Öğretim Fakültesi Yayını No: 1457.
- KARIMI, H.J., SAIDI, M.H., "Heat Transfer and Energy Analysis of a Pusher Type Reheating Furnace Using Oxygen Enhanced Air for Combustion", *International Journal of Iron and Steel Research*, 17 (4): 12-17, 2010.
- KAYA, D., 2001. "Eksenel Pompalarda Çark Kanat Konstrüksiyonunun Pompa Genel Verimine Etkisi", Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya,
- KAYA, D., 2002. "Açık ve Kapalı Eksenel Akışlı Pompa Çarklarının Pompa Performansına Etkisinin Deneysel Etüdü", *Mühendis ve Makina*, 508:47-53,
- KAYA, D., YAGMUR E.A., YIGIT K.S., KILIC F.C., EREN A.S., CELIK C, 2008. "Energy Efficiency in Pumps", *Energy Conversion and Management*, 49 (6): 1662-1673.
- KAYA, D., ÖZTÜRK, H.H., 2014. "Sanayide Enerji Yönetimi ve Enerji Verimliliği", Umuttepe Yayınları, ISBN: 9786055100179.
- KHAN F., SINGH, S.N., HUSAIN, M., 2010. Effect of illumination intensity on cell parameters of silicon solar cell *Solar Energy Materials Solar Cells*, 94, 1473–1476.
- KIM, H., PARK, S., KANG, B., KIM, S., TARK, S.J., KIM, D., DAHIWALE, S.S., 2013. Effect of text Turing process involving saw-damage etching on crystalline silicon solar cells *Applied Surface Science*, 284, 133–137.
- KING, D.L., BOYSON, W.E., KRATOCHVIL, J.A., 2004. Photovoltaic Array Performance Model. Department of Energy, United States.

- KISHORE A. ve ark. 2014. Solar irrigation pumps: Farmers' experience and state policy in Rajasthan. *Economic and Political Weekly*.
- KÖKSAL, M.A. 2012. Güneş Enerjisiyle Su Pompalama Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana.
- KUMAR, B., CHAUHAN, Y.K., SHRIVASTAVA, V. 2013. A comparative study of maximum power point tracking methods for a photovoltaic-based water pumping system. *International Journal of Sustainable Energy*, DOI: 10.1080/14786451.2013.769990.
- LAMMERT, M. D., SCHWARTS, R.J., 1997. The integrated back contact solar cell: A silicon solar cell for use in concentrated sunlight *IEEE Trans. Electron Devices*, ED-24, 337–342.
- JENSEN, M.E., BURMAN, R.D., ALLEN, R.G. 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASCE Manual and Reports on Engineering Practice No.70.
- MALEKI, A., ASKARZADEH, A., 2014. Optimal sizing of a PV/wind/diesel system with battery storage for electrification to an off-grid remote region: A case study of Rafsanjan, Iran. *Sustainable Energy Technology Assessments*, 7, 147–153.
- MEAH, K., ULA, S., BARRETT, S. 2008a. Solar photovoltaic water pumping—opportunities and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12: 1162–1175.
- MEAH, K., FLETCHER, S., ULA, S. 2008b. Solar photovoltaic water pumping for remote locations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12(2): 472–487.
- MECHAM, B.Q. 1996. Scheduling turfgrass irrigation by various ET equations. *Proceeding of the International Conference*. (Eds. C.R.Camp, E.J.Sadler, and R.E.Yoder). 3-6 November, San Antonio, TX. 245-249.
- MILIVOJEVIC, J., NEDIC, M., STOJANOVIC, Z., BOSNJAKOVIC. 1996. Supplement to adapted Blaney-Criddle method for determining evapotranspiration. *Proceeding of the International Conference*. (Eds. C.R.Camp, E.J.Sadler, and R.E.Yoder). San Antonio, TX. 1046-1052.
- MOKEDDEM, A., MIDOUN, A., KADRI, D., HIADSI, S., RAJA, I.A., 2011. Performance of a directly coupled PV water pumping system. *Energy Conversion Management*, 52(10), 3089–3095.
- MOLINA, A., FALVEY, M., RONDANELLI, R., 2017. A solar radiation database for Chile. *Scientific Reports*, 7(1), 1-11.
- MONTEITH, J.L. 1965. Evaporation and the environment. In the state and movement of water in living organism. XIXth Symposium Soc. for Exp. Biol. Swansea, Cambridge University Press. pp. 205-234.
- MUKHERJI, A. et al. 2017a. Solar powered irrigation pumps in South Asia: Challenges, opportunities and the way forward.
- MUKHERJI, A. et al. 2017b. Sustainable financial solutions for the adoption of solar powered irrigation pumps in Nepal's Terai. *ICIMOD Research Highlight*, Available at: lib.icimod.org/record/32565.
- NADEL, S., SHEPARD, M., GRENBERG, S., KATZ, G., ALMEIDA, A., 1991. "Energy Efficient Motor Systems", *A Handbook on Technology, Program, and Policy Opportunities*. Washington D.C.
- NARVARTE, L., LORENZO, E., CAMANO, E., 2000. PV pumping analytical design and characteristics of boreholes. *Solar Energy* 68 (1), 49–56.
- NAVRUZ, T.S., 2008. Arabant yapılı güneş pillerinde verim optimizasyonu. Doktora, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-143.
- NOTARO J. 2016. California continues to make big strides on solar. *The American Prospect*.

- NDUNGA S. N. et al. 2016. Solar-powered Irrigation: Study of Ingotse Village, Kakamega County, Kenya. CTA Working Paper 16/10.
- ÖZCAN, E.C., EROL, S. 2013. Türkiye’de elektrik üretim planlaması için çok amaçlı bir karışık tam sayılı doğrusal programlama modeli. S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg., c.1, s.1, 2013 Selcuk Univ. J. Eng. Sci. Tech., v.1, n.1, 2013 ISSN: 2147-9364.
- ÖZKAYA, M.T., KAYNAŞ, N., ÖZKAN, A. 2015. Zeytin Yetiştiriciliği. S (192), Hasad Yayıncılık, İstanbul, ISBN: 978-975-8377-22-0.
- ÖZTÜRK, H.H. 2010. Güneş pili ile çalışan tarımsal sulama sistemleri için tasarım ölçütlerinin belirlenmesi. 4. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, Bildiri Kitabı: 58–73, 6-7 Kasım 2009, Mersin.
- ÖZTÜRK, H.H., EREN, Ö., ÖZSAVRAN, M., ARSLAN, M. 2011. Güneş enerjisiyle termomekanik dönüşüm ilkesine göre çalışan su pompalama uygulamalarının değerlendirilmesi. 5. Güneş enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı: 277–294, MMO Yayın No: E/2011/562, 6-7 Ekim 2011, Mersin.
- ÖZTÜRK, H.H. 2008. Bitkisel Üretimde Enerji Yönetimi. Hasad Yayınları.
- ÖZTÜRK, H.H., Kaya, D., 2012. “İkincil Enerji Üretimi Ve Elektrik Motorları”, Ufuktepe Yayınları, Yayın No: 73, ISBN:978-605-5936.
- ÖZTÜRK, H.H., 2013. “İklim Bilgisi Ve İklimsel Ölçme Tekniği”, BİRSEN Yayınevi Kod No: Y.0028, ISBN:978-975-511-590-0.
- PAGLIETTI L., MACHADO D. 2016. Senegal: Irrigation market brief.
- PARAJULI, R., POKHAREL, G.J., ØSTERGAARD, P.A. 2013. A comparison of diesel, biodiesel and solar PV-based water pumping systems in the context of rural Nepal.
- PETELA, R. 2003. Exergy of undiluted thermal radiation. Solar Energy, 74(6), 469–488.
- PRADHAN P. 2012. Revitalizing irrigation systems for food security: vision and approaches in Nepal irrigation systems. Hydro Nepal.
- PILLAI, U., CRUZ, K., 2013. Source of Cost Reduction in Solar Photovoltaics.
- PUROHIT, A., SHARMA, A., ARVIND, C., NEHRA, S.P., DHAKA, M.S., 2015. A study on photovoltaic parameters of monocrystalline silicon solar cell with cell temperature. Energy Reports, 1 (2015), 104–109.
- RADZIEMSKA, E., 2003. The effect of temperature on the power drop in crystalline silicon solar cells. Renew. Energy, 28, 1–12.
- RANA,G., KATERJI,N., MASTRORILLI, M. 1996. Evapotranspiration measurement of crops underwater stres. Proceeding of the International Conference.(Eds. C.R.Camp, E.J.Sadler, and R.E.Yoder). 3-6 November,San Antonio,TX.691-696.
- RAZYKOV, T.M., FERKIDES, C.S., MOREL, D., STEFANAKOS, E., ULLAL, H.S., UPADHYAYA, H.M. 2010. Solar photovoltaic electricity: current status and future prospects. Solar Energy 85, 1580–1608.
- RECA, J., TORRENTE, C., LÓPEZ-LUQUE, R., MARTINEZ, J., 2016. Feasibility analysis of a standalone direct pumping photovoltaic system for irrigation in Mediterranean greenhouses. Renewable Energy, 85, 1143–1154.
- REHMAN, S., ŞAHİN, A.Z. 2012. Wind-solar pv hybrid power system with battery backup for water pumping in remote localities. *International Journal of Green Energy*, DOI:10.1080/15435075.2012.729169.
- REICH, N.H., SARK, W. G. J. H. M. V., ALSEMA, E.A., LOF, R.W., SCHROPP, R.E.I., SINKE, W.C., TURKENBURG, W.C., 2009. Crystalline silicon cell performance at low light intensity. Solar Energy Materials and Solar Cells, 93, 1471–1481.

- ROY, S., SHARMIN, R.S., FERDOUS, T., 2014. Performance analysis of mono-crystalline and poly-crystalline silicon solar cells under different climatic conditions: A comparative study. Dept. of Electrical & Electronic Engineering, BRAC University.
- QOAIER, L., STEINBRECHT, D. 2010. Photovoltaic systems: A cost competitive option to supply energy to off-grid agricultural communities in arid regions. *Applied Energy* 87(2): 427–435.
- SABRY, M., GHITAS, A.E., 2008. Influence of temperature on methods for determining Silicon solar cell series resistance. *Journal of Solar Energy Engineering*, 129 (2008), 331–335.
- SALOUX, E., TEYSSEDOU, A., SORIN, M., 2011. Explicit model of photovoltaic panels to determine voltages and currents at the maximum power point. *Solar Energy* 85(5): 713–722.
- SARAN, A., PRASAD, B., CHANDRIL, S., SINGH, S.P., SAXENA, A.K., PATHAK, M., CHAHAR, N., BHATTACHARYA, S., 2013. Study of temperature on performance of c-Si homo junction and a-Si/c-Si heterojunction solar cells. *International Journal of Renewable Energy Research*, 3 (3), 707–710.
- SASS, J. HAHN, A., 2020. Solar Powered Irrigation Systems (SPIS) Technology, Economy, Impacts. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Bonn, August 2020.
- SHAH T. 2014. Groundwater Governance and Irrigated Agriculture, Global Water Partnership Technical Committee. TEC background paper No.19.
- SHARMA, S.K., IM, H., KIM, D.Y., MEHRA, R.M., 2015. Review on Se-and S-doped hydrogenated amorphous silicon films. *Indian Journal of Pure&Applied Physics*, 52, 293–313.
- SHERWANI, A.F., USMANI, J.A., VARUN. 2011. Life cycle assessment of solar PV based electricity generation systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 540–544.
- SHIMY, M.E. 2013. Sizing optimisation of stand-alone photovoltaic generators for irrigation water pumping systems. *International Journal of Sustainable Energy* 32(5): 333–350.
- SHOEB, M.A., SHAFIULLAH, G., 2018. Renewable Energy Integrated Islanded Microgrid for Sustainable Irrigation A-Bangladesh Perspective. *Energies*, 11(5), 1283.
- SMITH, M., ALLEN, R., PEREIRA, L., 1996. Revised FAO methodology for crop water requirements. Paper presented to ASAE International Conference on Evapotranspiration and Irrigation, San Antonio, USA.
- SINGH, P., RAVINDRA, N. M., 2012. Temperature dependence of solar cell performance-an analysis. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 101, 36–45.
- SKOPLAKI, E., PALYVOS J.A., 2009. On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review of efficiency/powercorrelations. *Solar Energy*, 83, 614–624.
- SOLAR ENERGY FOUNDATION. 2017. Solar-powered irrigation: Food security in Kenya's drought areas.
- SOLANKI, C. S., 2013. Solar photovoltaics: Fundamentals technologies and applications. PHI Learning Private Limited, New Delhi.
- SULTAN L. New solar pumping technology with efficient irrigation advisory system.
- SUNPOWER, 2016. Powering a Brighter Tomorrow, Our progress toward a circular economy in 2015-2016.
- ŞENOL, R., 2012. An analysis of solar energy and irrigation systems in Turkey. *Energy Policy* 47: 478–486.

- TEWARI N.P. 2012. Solar Irrigation Pumps, The Rajasthan Experience. IWMI-TATA Water Policy Program.
- TEZER, E. 1978. Sulamada Pompaj Tesisleri. T.C. Köy Hizmetleri Genel Müd.
- THE EARTH INSTITUTE. 2015. Columbia University, Sustainable Engineering Lab. qsel.columbia.edu/acacia-irrigation-project/
- TOKLU, E., KILIÇASLAN, İ., YİĞİT, K.S., 1996. "Pompa Dizaynında Optimum Karakteristiklerin Seçimi", 2. Pompa Kongresi, İstanbul, Türkiye, Nisan 3-5.
- TOPAK, A. 2017. Güç ve Güç Katsayısının Düzeltilmesi. 157-167.
- TSUNO, Y., HISHIKAWA, Y., KUROKAWA, K., 2005. Temperature and irradiance dependence of the I–V curves of various kinds of solar cells. 15th International Photovoltaic Science&Engineering Conference, PVSEC-15, Shanghai, 422–423.
- TÜİK, 2015. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara, <http://www.tuik.gov.tr>
- VELASCO-MUÑOZ, J.F., AZNAR-SÁNCHEZ, J.A., BELMONTE-UREÑA, L.J., ROMÁN-SÁNCHEZ, I.M., 2018. Sustainable Water Use in Agriculture: A Review of Worldwide Research. *Sustainability*, 10(4): 1084.
- VICK, B.D., NEAL, B.A., 2012. Analysis of off-grid hybrid wind turbine/solar PV water pumping systems. *Solar Energy*, 86(5), 1197–1207.
- VICK, B.D., CLARK, R. N. 2011. Experimental investigation of solar powered diaphragm and helical pumps. *Solar Energy* 85(5): 945–954.
- WADE, N.S., SHORT, T.D. 2012. Optimization of a linear actuator for use in a solar powered water pump. *Solar Energy* 86(3): 867–876.
- YAMAGUCHI, M., TAKAMOTO, T., ARAK, K., EKINS-DAUKES, N. 2005. Multijunction III–V solar cells: Current status and future potential, *Solar Energy*, 79 (1), 78–85.
- YEGM, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- YEŞİLATA, B., FIRATOĞLU, Z.A. 2008. Effect of solar radiation correlations on system sizing: PV pumping case. *Renewable Energy* 33: 155–161.
- YİĞİT, K.S., ÇALLI İ., SÖZBİR N., SARAÇ H.İ., BRAUN D.M., 1995. "Experimental Investigation of Optimum Centrifugal Pumps Speeds", Second International Conference on Pumps and Fans, Vol – II, Beijing Chine, Oct.
- YİĞİT, K.S., KAYA D., YAĞMUR A., EREN A.S., 2009. "Sanayi Tipi Santrifüj Pompalarda Enerji Verimliliği", *Tesisat Dergisi*, 164: 96-102,
- YİĞİT, K.S., YAĞMUR A., KAYA D., EREN A.S., EREN A.S., ÇELİK C., 2009. "Yüksek Kapasiteli Su Pompalarında Enerji Verimliliği", *Tesisat Dergisi*, 157: 104-110.
- YİĞİT, K.S., KAYA D., EREN A.S., YAĞMUR A., ÇELİK C., 2007. "Buhar Türbin Tahrikli Pompalarda Enerji Verimliliği", Enerji Verimliliği Kongresi Bildiriler Kitabı, Sayfa 223-231, 1-2 Haziran / İzmit-Kocaeli.
- ZHI, YP, 2006. Determining Economic Pipe Diameter of Irrigation and Drainage Pumping Station With Kinetic Energy Economy Method.
- ZULEHNER, W. 1989. Status and future of silicon crystal growth. *Materials Science and Engineering B*, 4:1-10.