



## YAĞMURLAMA SULAMADA ENERJİ TÜKETİMİ: YER ALTI SU KAYNAKLARI İLE SULAMA ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Ramazan TOPAK<sup>1,2</sup>

Duran YAVUZ<sup>1</sup>

Sinan SÜHERİ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Konya/Türkiye

(Geliş Tarihi: 19.03.2008, Kabul Tarihi:06.05.2008)

### ÖZET

Bu araştırma, yeraltı su kaynaklarından sulama için planlanmış yağmurlama sistemlerinin enerji tüketimini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırma, Konya Çumra ovasında, 2004 ve 2005 yılları sulama sezonunda çiftçi şartlarında gerçekleştirilmiştir. Araştırma, sulamada yeraltı su kaynağını kullanan işletmelerin yağmurlama sistemleri üzerinde yürütülmüştür.

Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre; sulama suyunu traktör kuyruk mili tahrikli düşey milli pompa ile temin eden yağmurlama sistemlerinde birim sulama suyu (1mm/ha) uygulamasının enerji tüketimi 34.3 MJ, elektrik motoru-düşey milli pompa kombinasyonu ile işletilen yağmurlama sistemlerinde 42.9 MJ, dalgıç pompalı kuyulardan işletilen yağmurlama sistemlerinde ise 37.1 MJ olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yağmurlama sulama, Yeraltı su kaynağı, Enerji tüketimi,

### ENERGY CONSUMPTION IN SPRINKLER IRRIGATION: A STUDY FOR IRRIGATION WITH GROUNDWATER SOURCES

#### ABSTRACT

This study was conducted to determine the energy consumption of the sprinkler irrigation system operated with ground water resources. The study was conducted in the local farmer conditions in Konya-Çumra plain in 2004 and 2005 year irrigation season. The research was conducted on sprinkler systems by taking into account this case.

According to results obtained; in sprinkler irrigation systems the vertical axle pumping induced by pto, energy consumption was 34.3 MJha<sup>-1</sup>mm<sup>-1</sup>, in vertical axle pump induced by electric motor and submersible pumping systems, this value were computed as 42.9 and 37.1 MJha<sup>-1</sup>mm<sup>-1</sup>, respectively

**Key Words:** Sprinkler irrigation, Ground water resource, Energy consumption

### GİRİŞ

Kurak ve yarıkurak alanlarda sulama, tarımsal üretimde çeşitlilik, verim artışı ve ürün kalitesini etkileyen en önemli faktördür. Dolayısı ile kurak ve yarı kurak bölgelerde sulama, tarımsal üretim için vazgeçilemez bir zorunluluktur.

İç Anadolu bölgesi Türkiye’de kurak iklim şartlarının en şiddetli yaşandığı bölgelerden biridir. Bu bölgede yer alan Konya ovası, Türkiye’nin tarım yapılabilir arazisinin yaklaşık %10’nu oluşturmaktadır. Konya ovası tarım yapılabilir arazi potansiyeli bakımından değerlendirildiğinde, Türkiye için önemli bir tarımsal üretim merkezi konumundadır. Dolayısı ile Türkiye’nin ilk planlı sulama projesi olan Çumra sulama projesi de ovada yer almaktadır. Fakat havzanın su kaynakları hayli sınırlıdır. Günümüzde Konya Ovasında sulamaya açılmış tarım arazisi 370 bin hektar civarındadır (Anonymous, 2006). Bu değer ovada sulanabilir arazilerin %17’sine tekabül etmektedir. Sulanan alanlarda yağmurlama sulama yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Sayı bakımından değerlendirildiğinde Konya Türkiye’de en çok yağmurlama tesisi bulunduran il konumundadır (Anonymous, 2004).

<sup>2</sup> Sorumlu Yazar: [rtopak@selcuk.edu.tr](mailto:rtopak@selcuk.edu.tr)

Konya ilinde bulunan yağmurlama sulama sistemlerinin %70’den fazlası Çumra Ovasında bulunmaktadır (Topak, 1996; Topak ve ark, 2005a). Ovada sulamaya açılmış bulunan yaklaşık 60 bin hektarlık alanın %25’inde şeker pancarı tarımı yapılmaktadır. Şeker pancarı ekili alanların %70’den fazlası yağmurlama sulama yöntemi ile sulanmaktadır (Akınerdem, 1994; Topak, 1996; Topak ve ark, 2005b). Yapılan bazı araştırma sonuçlarına göre, bölgede uygulanan yağmurlama sulamalarında su uygulama randımanı ortalama olarak %75-80 seviyesinde bulunmuştur (Çakmak, 1994; Topak, 1996; Topak ve ark., 2003; Topak ve ark, 2005a). İyi planlanan ve işletilen yağmurlama sistemlerinde sulama randımanı %80’in üzerinde gerçekleşebilmektedir (Keller ve Bliessner, 1990; Clemmens ve Detric, 1994). Kurak bir iklime ve kısıtlı su kaynaklarına sahip olan Çumra ovasında, sulamada yer altı su kaynakları yoğun bir şekilde kullanılmakta olup, yoğun bir enerji tüketimi söz konusudur.

Yapılan pek çok araştırmanın sonuçları, tarımda fosil enerji gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarının yüksek oranda tüketildiğini, bu enerji kaynaklarının ise en yoğun tüketildiği tarımsal işlemin de kurak alanlar için sulama olduğunu göstermiştir (Mittal ve

ark., 1985; Mrini ve ark., 2001; Topak ve ark., 2005b). Dolayısı ile sulamanın vazgeçilmez bir zorunluluk olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde yapılan tarımsal üretimde, sulamanın enerji tüketimi, enerji üretim randımanını olumsuz yönde etkilemektedir.

Yağmurlama sulama, bitki yetiştirme sezonu boyunca sürekli olarak enerji tüketen bir sulama yöntemidir. Yağmurlama sistemlerinin işletilmesi için dizel yakıtı ve elektrik gibi doğrudan ve ekipman üretim enerjisi gibi dolaylı enerji ile insan işgücü enerjisine gereksinim vardır. Yağmurlama sulamada tüketilen enerjinin büyük bir kısmı dizel veya elektrik gibi direkt enerjiden oluşmaktadır.

Bu araştırma yeraltı su kaynaklarının sulamada kullanıldığı yağmurlama sistemlerinde, enerji tüketiminin belirlenmesi amacı ile yürütülmüştür. Elde edilen veriler, yağmurlama yöntemi ile sulanarak yetiştirilen tarla bitkilerinin enerji bilançolarının çıkarılmasında kılavuz olarak kullanılabilir.

### MATERYAL VE METOD

Çalışma, Konya-Çumra sulama şebekesi alanında, 2004 ve 2005 yıllarında, sulama sezonunda yürütülmüştür. Çalışma alanının denizden ortalama yüksekliği 1013 m olup, 37° 35' N, 32° 47' E enlem ve boylamlarında yer almaktadır.

Çumra ovasında sulama sezonu boyunca uzun yıllara ilişkin ortalama sıcaklıklar 10.6-22.7 °C arasında, ortalama aylık yağış değerleri ise 6.1-45.5 mm arasında değişmektedir. Uzun yıllar ortalamalarına göre yıllık yağış 326 mm olup bunun yaklaşık %35'i bitki gelişme döneminde düşmektedir.

Araştırmada, Çumra sulama şebekesi alanında yeraltı su kaynaklarının sulamada kullanıldığı elle taşınabilen çiftçi yağmurlama sistemleri araştırma materyali olarak kullanılmıştır. Konya il genelinde bulunan toplam yağmurlama tesisi sayısının %72'si Çumra sulama şebekesi alanında bulunmaktadır (Topak 1996). 2004 yılı istatistiklerine göre Konya ilinde 25000 adet yağmurlama tesisi bulunmaktadır (Anonymous 2004).

Çok geniş bir alanı ve çok sayıda yerleşim birimini kapsayan Çumra sulama şebekesi alanında sağlıklı bir araştırmanın yürütülme zorluğu dikkate alınarak, proje alanını temsil edebilecek şekilde ve şekerpancarı ekim alanlarının %70'den fazlasının bulunduğu saha pilot alan olarak seçilmiş ve arazi çalışmaları bu pilot alanda yürütülmüştür.

Pilot alanda ilk olarak, yeraltı su kaynaklarını sulamada kullanan işletmelerdeki yağmurlama sistemlerinin özelliklerini belirlemek için bir ön çalışma yapılmıştır. Ön çalışmada; yeraltı su kaynaklarını sulamada kullanan işletmelerin, kuyularını düşey milli pompa ve dalgıç pompa ile işlettiği, düşey milli pompaların bir kısmının kuyruk mili ile bir kısmının da elektrik motoru ile tahrik edildiği belirlenmiştir. Bu ön inceleme sonuçları araştırma alanında, pompaj üniteleri dikkate alındığında yer altı su kaynakları ile sulama

mada üç farklı tipte yağmurlama sistemi olduğu belirlenmiştir. Yağmurlama sulamada enerji tüketimi'nin araştırılması, bu üç grup yağmurlama tesisleri arasından seçilen yağmurlama sistemleri üzerinde yürütülmüştür.

Yeraltı su kaynakları ile sulama için planlanan yağmurlama sistemlerinde; kuvvet kaynağı, pompa, ana ve lateral hat ile başlıklara ilişkin teknik bilgiler ile planlanmış bulunan yağmurlama sistemine ilişkin; ana hat uzunluğu, lateral hat uzunluğu ve sayısı ve tertip aralığı, başlık sayısı ve aralığı, ortalama işletme basıncı ve debisi, durakta sulama süresi gibi teknik ve işletmeye ilişkin veriler elde edilmiştir.

Sistemlerin ortalama işletme basınçları Pereira (1990) ve Tarjuelo ve ark(1999) da belirtilen esaslara göre gliserinli manometre ile, ortalama başlık debisi ise Keller ve Bliesner(1990) de belirtilen hususlar göz önüne alınarak ölçülmüş ve tespit edilmiştir. Yağmurlama sulama sistemlerinde birim zamanda tüketilen dizel yakıt miktarı, kuvvet kaynağının yakıt deposunda uygulanan tam doldurma metoduna göre tespit edilmiştir. Elektrik tüketimi ise birim zamanda harcanan elektriğin elektrik panosundan okunması suretiyle belirlenmiştir.

Yağmurlama sulamada enerji tüketimi; birim alana (ha) birim sulama suyu (1mm) uygulaması için kullanılan sulama girdilerinin enerji eşdeğerleri Megajoule (MJ) biriminde hesaplanarak belirlenmiştir (Batty ve Keller,1980; Mittal ve Dhawan,1989; Ercoli ve ark,1999; Mrini ve ark,2001). Yeraltı su kaynaklarından sulama yapmak için planlanan yağmurlama sistemlerinde kullanılan enerji girdileri; dizel, elektrik ve yağmurlama sistemlerini oluşturan ekipmanlardır. Bunlardan dizel yakıtı ve elektrik direkt enerji girdisi, sistem ekipmanlarına indirekt enerji girdisi denilmektedir (Dalgaard ve ark, 2001; Hülsbergen ve ark, 2001; Mrini ve ark, 2001).

Direkt enerji tüketimi, yağmurlama sistemlerinin durakta birim zamanda tükettiği dizel (l/h) veya elektriğin (kWh/h) dönüşüm katsayıları ile çarpımının, durakta sulanan alanın yüzölçümü (ha) ile yağmurlama hızının (mm/h) çarpım değerine bölümünden hesaplanmıştır.

Yağmurlama tesis ekipmanlarından oluşan indirekt enerji tüketimi ise aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$E = \left( \frac{G \times n}{T \times A \times I} \right)$$

Eşitlikte;

E =İndirekt enerji tüketim miktarı (MJ/ha.mm)

G =Ekipman ağırlığı (kg)

n =Ekipman birim ağırlığının üretim enerjisi (MJ/kg)

I =Sistemin birim zamanda uyguladığı sulama suyu miktarı (mm/h)

T =Ekipmanın ekonomik kullanım ömrü (h)

A =Planlanmış yağmurlama sistemleri ile durakta sulanan alanın yüzölçümü (ha)

Dizel yakıtı, basınç ünitesi ve yağmurlama sistemi ekipmanlarının bir biriminin enerji eşdeğerleri literatürlerden elde edilerek Tablo 1’de verilmiştir ve bu değerler enerji tüketim hesaplamalarında kullanılmıştır. Yağmurlama sistemlerinin ekipman faydalı kullanım ömürleri; traktör, elektrik motoru ve pompalar için 10 yıl (Keller ve Bliesner, 1990; Kuesters ve Lammel, 1999; Ercoli ve ark., 1999) üzerinden ortalama Türkiye şartları için 10 bin saat, borular için 15 yıl (Keller ve Bliesner, 1990) üzerinden 10 bin saat olarak hesaba katılmıştır.

Tablo 1. Araştırmada Kullanılan Enerji Katsayıları

Girdiler	Birimi	Enerji Eşdeğeri (MJ)	Referanslar
Dizel yakıtı	Litre (l)	41.0	Kuesters ve Lammel, 1999
Elektrik	kWh	11.93	Singh, 2002
Basınç Ünitesi (Traktör, Pompa, Elektrik motoru)	kg	108	Kalk ve Hülsbergen, 1996
Yağmurlama Sistemi	kg	120	Pellizzi, 1992

### ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Yeraltı su kaynaklarının sulamada kullanıldığı yağmurlama sistemlerinde enerji tüketimine ilişkin sonuçlar dizel ve elektrik kullanım durumuna göre Tablo 2,3 ve 4’te verilmiştir.

Derin kuyu pompasının traktör kuyruk mili ile tahrik edildiği yağmurlama sistemlerinden elde edilen verilere göre (Tablo 2), kullanılan traktörlerin güçleri 50 ile 140 BG arasında, yağmurlama sisteminin özelliklerine bağlı olarak traktörlerin yakıt tüketimi ise 5.4 ile 13 l/h arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu gruba giren yağmurlama sistemlerinde planlanan ana hat uzunluğu kısa olup, ortalama 68 m civarındadır. Durakta planlanan lateral sayısı 2 ile 5 arasında olup, ortalama 3 lateral planlanmaktadır. Lateral hatların uzunluğu ise 70 ile 240 m arasında değişken olup ortalama uzunluğun 145 m civarında olduğu tespit edilmiştir. Sistemlerin ortalama işletme basınçları 1.0 ile 2.1 atmosfer arasında değiştiği belirlenmiştir.

Sulama suyunun, traktör kuyruk mili ile tahrik edilen düşey milli pompa aracılığı ile temin edildiği yağmurlama sistemlerinde, direkt enerji tüketimi, sistemlere göre 22.7 ile 45.3 MJ ha<sup>-1</sup>mm<sup>-1</sup> arasında değişmiş olup, ortalama 30.6 MJ ha<sup>-1</sup>mm<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. İndirekt enerji tüketimi ortalaması ise 3.71 MJ ha<sup>-1</sup>mm<sup>-1</sup>’dir (Tablo 2).

Elektrik motoru-düşey milli pompa kombinasyonuna sahip kuyular için planlanmış yağmurlama sistemlerine ilişkin teknik planlama bilgileri ile enerji tüketimine ilişkin sonuçlar Tablo 3’de verilmiştir. Bu gruptaki yağmurlama tesislerinde; lateral sayısı 2-4 adet, lateral ve başlık aralığı ise 10 m olarak uygulan-

maktadır. Lateral üzeri başlık sayısı 11 ile 25 arasındadır. Sistemlerin ortalama işletme basınçları 1.0-2.35 atm arasında ölçülmüştür. Bu yağmurlama sistemlerinin direkt enerji tüketimi 32.3 ile 60.0 MJ ha<sup>-1</sup>mm<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. İndirekt enerji tüketim miktarı ise yağmurlama sistemlerine göre değişiklik göstermiş olup, 0.94 ile 2.54 MJha<sup>-1</sup>mm<sup>-1</sup> arasında değerler olarak hesaplanmıştır. Bu gruptaki yağmurlama sistemlerinin ortalama enerji tüketimi ise 42.9 MJ ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.

Sulama suyunun dalgıç pompa ile temin edildiği yağmurlama sistemlerine ilişkin bazı önemli teknik bilgiler ve enerji tüketimine ilişkin sonuçlar Tablo 4’te verilmiştir. Tablo 4’ten görüldüğü gibi yağmurlama sistemlerinde planlanan lateral sayısı 2 ile 4 adet olup, ortalama 3 lateral tertiplenmektedir. Ortalama lateral uzunluğu ise 165 m’dir. Dalgıç pompalı derin kuyulardan işletilen yağmurlama sistemlerinde başlık ve lateral aralığı genelde 10 m alınmaktadır. Lateral üzeri başlık sayısı ise ortalama 17 adettir. Bu grup yağmurlama sistemlerinin ortalama işletme basıncı 2.0 atm. olarak tespit edilmiştir.

Dalgıç pompalı kuyulardan işletilen yağmurlama sistemlerinde tüketilen elektrik enerjisi, planlanan yağmurlama sistemlerine göre farklılık göstermiş olup, 26.8 ile 49.9 MJ ha<sup>-1</sup>mm<sup>-1</sup> arasında hesaplanmıştır. İndirekt enerji tüketim miktarı ise ortalama bir değer olarak 1.07 MJ ha<sup>-1</sup>mm<sup>-1</sup> hesaplanmıştır. Dalgıç pompa ile işletilen yağmurlama sistemlerinin toplam enerji tüketimi 37.1 MJ ha<sup>-1</sup>mm<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır.

### TARTIŞMA

Kullanılan enerji kaynağı ve pompaj ünitesi dikkate alındığında, yağmurlama sulama sistemlerinin enerji tüketiminde farklılık olduğu belirlenmiştir. Sulama suyunu, traktör kuyruk mili ile tahrik edilen pompa vasıtasıyla derin kuyudan temin eden yağmurlama tesisleri, işletilmesinde elektrik motorunun kullanıldığı diğer yağmurlama sistemlerinden daha düşük enerji tükettiği tespit edilmiştir. Ancak, yeraltı su kaynaklarının kullanıldığı yağmurlama sulama sistemleri için ortalama bir enerji tüketim değeri hesaplanmanın daha doğru olacağı düşünülmüş ve çalışmada ele alınan yağmurlama sistemleri için ortalama enerji tüketimi 38.12 MJ ha<sup>-1</sup>mm<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen yağmurlama sulama enerji tüketim değeri ile diğer çalışmalarda verilen yağmurlama sulama enerji tüketim değerleri Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5’den de görüleceği gibi yüzey su kaynaklarından yapılan yağmurlama sulamada enerji tüketimi daha düşük gerçekleşmektedir. Bu çalışmanın sonucu ile yeraltı sularının kullanıldığı diğer çalışmaların sonuçları karşılaştırıldığında, bazı çalışmalarda yağmurlama sulamanın enerji tüketimi, bu çalışmadan elde edilenden daha yüksek gerçekleşmiştir. Bu farklılık; işletme basınç farklılığı, yeraltı su seviye

Tablo 2. Kuyruk Mili-Düşey Milli Pompa İle İşletilen Yağmurlama Sistemlerinin Unsurları, Teknik ve İşletme Özellikleri ile Enerji Tüketimine İlişkin Sonuçlar

Yağmurlama Sistemi													
Basınç Ünitesi			Boru ve Başlık Ağırlığı (kg)	Ana Hat		Lateral Hat					Enerji Tüketimi		
Motor Gücü (BG)	Ağırlığı (Kg)	Yakıt Tüketimi (l/h)		Sayısı (Adet)	Ort. Uzunluğu (m)	Sayısı (adet)	Ort. Uzunluğu (m)	Başlık Ter-tip Aralığı(m)	Ort.Başlık Sayısı (adet)	Ort.Başlık basıncı (atm)	Ort.Başlık Debisi (m <sup>3</sup> /h)	Dizel Normunda (MJ/ha.mm)	Yağ. Sis. Üret.Enerjisi (MJ/ha.mm)
76	3736	5.50	396	2	100	2	70	5x10	14	1.30	2.12	38.00	5.96
65	3300	6.80	496	2	90	2	100	5x10	20	1.40	2.09	33.30	4.33
60	2760	5.80	634	2	50	3	130	10x10	16	1.25	1.93	31.60	3.55
78	2820	6.00	822	2	50	2	240	10x10	25	1.25	1.93	26.60	3.70
76	3736	6.75	206	3	55	3	150	10x10	16	1.65	2.29	26.80	3.99
74	3760	6.80	692	2	15	2	230	10x10	24	1.20	1.89	32.10	4.71
74	2760	5.40	489	2	40	2	115	5x10	24	1.45	2.12	22.70	3.06
76	3736	7.30	1040	3	70	3	175	10x10	19	1.50	2.16	26.40	3.79
70	2900	5.60	488	3	30	3	125	10x10	14	1.70	2.25	27.20	3.43
76	3736	7.20	555	2	40	3	120	10x10	13	1.85	2.35	34.90	4.46
140	1380	10.50	616	2	45	4	100	10x12	11	1.70	2.35	45.30	1.93
130	1330	12.00	1076	2	135	5	130	10x12	12	1.75	2.38	31.80	1.76
130	1330	13.00	1827	2	190	5	170	10x12	18	1.15	1.84	35.50	2.06
64	2354	5.60	926	2	90	4	140	10x12	13	1.00	1.71	24.30	3.67
90	8160	8.50	855	3	10	3	190	10x10	20	2.10	2.47	24.80	5.74
50	2486	5.60	509	1	80	2	130	10-5x10	20	1.60	2.21	28.00	3.26
<b>Ort.</b>	<b>3143</b>	<b>7.40</b>	<b>727</b>	<b>2.2</b>	<b>68</b>	<b>3</b>	<b>145</b>	<b>10x10</b>	<b>17</b>	<b>1.49</b>	<b>2.13</b>	<b>30.60</b>	<b>3.71</b>

Tablo 3. Elektrik Motoru-Düşey Milli Pompa ile İşletilen Yağmurlama Sistemlerinin Unsurları, Teknik ve İşletme Özellikleri ile Enerji Tüketimine İlişkin Sonuçlar

Yağmurlama Sistemi													
Basınç Ünitesi			Boru ve Başlık Ağırlığı (kg)	Ana Hat		Lateral Hat					Enerji Tüketimi		
Motor Gücü (BG)	Ağırlığı (Kg)	Elektrik Tüketimi (kWh/h)		Sayısı (Adet)	Ort. Uzunluğu (m)	Sayısı (adet)	Ort. Uzunluğu (m)	Başlık Ter-tip Aralığı(m)	Ort.Başlık Sayısı (adet)	Ort.Başlık basıncı (atm)	Ort.Başlık Debisi (m <sup>3</sup> /h)	Elektrik Normunda (MJ/ha.mm)	Yağ. Sis. Üret.Enerjisi (MJ/ha.mm)
50	350	32.16	786	2	75	4	115	10x10	13	1.55	2.19	38.10	1.11
50	350	31.70	839	2	60	3	165	10x10	17	1.50	2.16	35.40	1.21
50	350	31.38	638	1	130	2	185	10x10	20	1.30	2.00	50.60	1.36
50	350	31.80	936	2	70	3	165	10x10	18	1.45	2.12	36.10	1.26
60	350	44.16	1382	2	250	4	135	10x10	14	1.50	2.16	45.10	1.64
50	350	41.53	1100	2	85	6	100	10x10	11	1.30	2.00	41.20	1.24
60	350	25.80	493	1	80	2	155	10x10	17	1.95	2.39	41.50	1.12
50	350	36.56	930	2	120	4	120	10x10	13	1.30	2.00	45.40	1.38
60	350	24.82	642	2	30	4	100	10x10	11	1.10	1.80	41.10	1.38
50	350	37.20	755	2	75	4	110	10x10	12	2.35	2.63	38.30	0.97
50	350	32.60	735	2	25	2	235	10x10	25	2.25	2.56	32.30	0.94
60	350	49.81	1913	1	750	2	240	10x10	25	1.35	2.06	60.00	2.54
60	350	36.72	1029	2	140	4	130	10x10	14	1.00	1.71	49.20	1.62
50	350	34.20	978	2	135	4	120	10x10	13	1.85	2.50	34.00	1.15
50	350	36.24	821	2	70	3	160	10x10	17	1.80	2.44	36.90	1.04
75	350	48.20	1254	2	120	4	192	12x12	17	1.50	2.27	40.20	1.18
<b>Ort.</b>	<b>350</b>	<b>35.93</b>	<b>952</b>	<b>1.80</b>	<b>138</b>	<b>3.44</b>	<b>152</b>	<b>10x10</b>	<b>16</b>	<b>1.56</b>	<b>2.18</b>	<b>41.60</b>	<b>1.32</b>

Tablo 4. Dalgıç Pompalı Kuyulardan İşletilen Yağmurlama Sistemlerinin Unsurları. Teknik ve İşletme Özellikleri ile Enerji Tüketimine İlişkin Sonuçlar

Yağmurlama Sistemi													
Basınç Ünitesi			Boru ve Başlık Ağırlığı (kg)	Ana Hat		Lateral Hat					Enerji Tüketimi		
Motor Gücü (BG)	Ağırlığı (Kg)	Elektrik Tüketimi (kWh/h)		Sayısı (Adet)	Ort. Uzunluğu (m)	Sayısı (adet)	Ort. Uzunluğu (m)	Başlık Ter-tip Aralığı(m)	Ort.Başlık Sayısı (adet)	Ort.Başlık basıncı (atm)	Ort.Başlık Debisi (m <sup>3</sup> /h)	Elektrik Normunda (MJ/ha.mm)	Yağ. Sis. Üret.Enerjisi (MJ/ha.mm)
50	115	28.50	1030	2	65	4	150	10x10	15	1.20	1.89	30.00	1.18
20	66	15.55	442	1	100	1	210	10x10	22	2.20	2.52	35.00	1.07
50	115	48.30	820	2	35	2	255	10x10	26	3.40	3.13	36.10	0.67
50	115	46.70	1593	2	275	3	190	10x10	20	2.00	2.42	40.40	1.39
50	115	40.20	947	2	110	2	220	10x10	23	2.50	2.77	39.30	0.97
40	100	34.61	628	2	15	4	120	10x10	13	2.50	2.77	31.10	0.58
50	115	44.20	1028	2	40	3	210	10x10	22	1.90	2.36	35.40	0.86
60	159	52.20	1377	2	210	4	240	10x10	25	1.40	2.09	31.20	1.72
50	115	52.00	818	2	80	4	120	10x10	13	2.30	2.59	49.90	0.81
30	79	25.20	803	1	250	3	120	10x10	13	1.05	1.74	48.00	1.53
12.5	53	6.50	332	1	160	2	70	10x10	8	1.25	2.00	27.70	1.40
60	159	55.43	1483	3	110	7	115	12x12	10	2.50	2.64	37.30	1.04
60	159	53.64	1422	2	140	4	204	12x12	18	2.25	2.57	36.60	1.00
7.5	28	9.20	263	1	36	2	90	10x10	10	1.75	2.27	26.80	0.75
<b>Ort.</b>	<b>107</b>	<b>36.60</b>	<b>928</b>	<b>1.80</b>	<b>116</b>	<b>3.1</b>	<b>165</b>	<b>10x10</b>	<b>17</b>	<b>2.01</b>	<b>2.41</b>	<b>36.00</b>	<b>1.07</b>

Tablo 5. Yağmurlama Sulamanın Enerji Tüketimi ile İlgili Diğer Bazı Çalışmaların Özeti

Literatür	Yağmurlama sulamanın enerji tüketimi (MJha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )	Su kaynağı
Bizim Çalışma	38.12	Yeraltı suyu
Batty and Keller 1980	38.20	Yeraltı suyu
Bauer, 1983	34.80	*
Barth, 1984	37.20	*
Collins, 1984	21.10	Yüzey su kaynağı
Collins, 1984	49.60	Yeraltı suyu
Refsgaard ve ark, 1998	43.80	*
Dalgard ve ark, 2001	52.00	Yeraltı suyu
Mrini ve ark, 2001	42.00	Yeraltı suyu
Topak ve ark, 2005a	26.00	Yüzey su kaynağı
Yavuz ve ark, 2007	19.20	Yüzey su kaynağı

\* Bilgi yok

farklılığı, dizel ve elektrik için farklı dönüşüm katsayılarının kullanılıyor olmasından kaynaklanabilir.

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, yağmurlama sulama yönteminin enerji tüketiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu maksatla derin kuyulardan işletilen toplam 46 adet çiftçi yağmurlama tesisinden gerekli veriler toplanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, yer altı su kaynaklarının kullanıldığı yağmurlama yöntemi sulamanın enerji tüketimi ortalama  $38.12 \text{ MJha}^{-1}\text{mm}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Bu değer, yağmurlama sulamanın enerji tüketim katsayısıdır. Bu katsayı, özellikle kurak ve yarı-kurak bölgelerde, yer altı su kaynakları ile sulanarak yetiştirilen tarla bitkilerinde, üretim enerji girdilerinin önemli bir kısmını oluşturan sulamada toplam enerji tüketiminin hesaplanmasında kullanılabilir bir veridir.

### KAYNAKLAR

- Akmerdem, F. 1994. Konya Şeker Fabrikası Bazı Bölgelerinde Gübreleme-Sulama ile Verim Kalite İlişkisi. Şeker Pancarı Yetiştirme Tekniği Sempozyumu, II. Gübreleme ve Sulama, Konya.
- Anonymous, 2004. Tarımsal Yapı ve Üretim. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enst. Yayını. Ankara.
- Anonymous, 2006. www.dsi.gov.tr
- Barth, S. 1984. Entwicklungsstand der Tropfenbewässerung in Australien. der Tropenlandwird, Beiheft 20, Witzhausen.
- Batty, J. C., Keller, J. 1980. Energy Requirements for Irrigation. In Handbook of Energy Utilization In Agriculture, ed. D. Pimentel, 35-42. Boca Raton, Fla : CRC Press.
- Bauer, W. 1983. Verfahrenstechnischer Vergleich Energiesparender Berechnungsverfahren. Diplomarbeit, Landtechnik-Weihenstephan.
- Clemmens, A. J., Dedrick, A. R. 1994. Irrigation Techniques and Evaluation, Tanji, K. K., Yanon, B. (Eds.), Advances in series in Agricultural Sciences, Springer, Berlin, 64-103.
- Collins, H. J. 1984. Energiebedarf in der Bewässerung. DVWK-Fortbildung. Darmstadt.
- Çakmak, B. 1994. Konya-Çumra Sulamasında Su Dağıtım ve Kullanım Etkinliği. Ankara Üniv. , Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Dalgaard, T., Halberg, N., Porter, R. F. 2001. A Model for Fossil Energy Use in Danish Agriculture Used to Compare Organic and Conventional Farming. Agriculture, Eco-systems and Environment, 87:51-65.
- Ercoli, L., Mariotti, M., Masoni, A., Bonari, E. 1999. Effect of Irrigation and Nitrogen Fertilization on Biomass Yield and Efficiency of Energy Use in Crop Production of Miscanthus. Field Crops Research. 63(1):3-11.
- Hülsbergen, K. J., Feil, B., Bierman, S., Rathke, G. W., Kalk, W. D., Diepenbrock, W. 2001. A Method of Energy Balancing in Crop Production and Its Application in a Long-term Fertilizer Trial, 86:303-321.
- Kalk, W. D., Hülsbergen, K.J., 1996. Methodik zur Einbeziehung des indirekten Energieverbrauchs mit Investitionsgütern in Energiebilanzen von Landwirtschaftsbetrieben. Kühn-Arch. 90:41-56.
- Keller, J., Bliesner, R. D. 1990. Sprinkle and Trickle Irrigation. AVI Book. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Kuesters, J., Lammel, J. 1999. Investigations of the Energy Efficiency of the Production of Winter Wheat and Sugarbeet In Europe. European Journal of Agronomy, 11(1):35-43.
- Mittal, V. K., Mittal, J. P., Dhawan, K. C. 1985. Research Digest on Energy Requirements in Agriculture Sector (1971, 1982). Coordinating Cell, All India Coordinated Research Project on Energy Requirements in Agricultural Sector, Punjab Agricultural University. Ludhiana.
- Mittal, V. K., Dhawan, K. C. 1989. Energy Parameters for Raising Crops Under Various Irrigation Treatment in Indian Agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment, 25(1):11-25.
- Mrini, M., Senhaji, F., Pimentel, D. 2001. energy Analysis of Sugarcane Production in Morocco. Environment, Development and Sustainability, 3:109-126.
- Pellizzi, G. 1992. Use of Energy and Labour in Italian agriculture. J. Agricultural Engineering Res. 52:111-119.
- Pereira, L. S. 1990. Sprinkler and Trickle Irrigation Systems, Design and Evaluation. Notes for Students. Dept. Agricultural Engineering of Technical University of Lisbon, Bari.
- Refsgaard, K., Halberg, N., Kristensen, E.S. 1998. Energy Utilization in Crop and Dairy Production in Organic and Conventional Livestock Production Systems. Agricultural Systems, 57; 599-630
- Singh, J.M. 2002. On Farm Energy Use Pattern in Different Cropping Systems in Haryana, India. Germany Int. Inst. Of Management University of Flensburg, Sustainable Energy Systems and Management, Master of Science.
- Tarjuelo, J. M., Montero, J., Honrubia, F. T., Ortiz, J. J., Ortega, J. F. 1999. Analysis of Uniformity of Sprinkle Irrigation in a Semi-arid Area. Agricultural Water Management, 40(2-3):315-331.
- Topak, R. 1996. Konya-Çumra Ovasındaki Yağmurlama Sulamalarında Uygulama Sorunları. Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Enst. Doktora Tezi, Konya
- Topak, R., Acar, B., Kara, M., Çiftçi, N., Şahin, M. 2003. Çumra ve Çumra Ova Sulama Birlikleri Sulama Şebekelerinde Yeni İşletme Şeklinin Perfor-

- mans Göstergelerine Etkileri. II. Ulusal Sulama Kongresi, Aydın.
- Topak, R., Süheri S., Çiftçi, N and Acar, B. 2005a. Performance Evaluation of Sıprinkler Irrigation in a Semi-arid Area. *Pakistan Journal of Biological Science*. 8 (1): 97-103, 2005.
- Topak, R., Süheri, S., Kara, M., Çalışır, S. 2005b. Investigation of the Energy Efficiency for Raising Crops Under Sprinkler Irrigation in Semi-Arid Area. *Applied Engineering in Agriculture*, 21(5): 761-768
- Yavuz, D., Topak, R. ve Süheri, S. 2007. Yüzey Su Kaynaklarının Kullanıldığı Yağmurlama Sulama Sistemlerinde Enerji Kullanımının Belirlenmesi. *S.Ü. Ziraat Fak.* 21 (41): (2007) 51-57.

