

## DERİN KUYU SONDAJINDA ÖZGÜL ENERJİ TÜKETİMİNİN BELİRLENMESİ

Sedat ÇALIŞIR\* Tanzer ERYILMAZ\*\* Abdulkadir ERKOL\*\*\*

### ÖZET

Bu çalışmada, Orta Anadolu Bölgesi koşullarında, sulama suyu sağlamak amacıyla Rotari yöntemine göre çalışan yerli yapım sondaj makinesi ile yapılan, sondaj kuyusu çalışmalarında özgül enerji tüketimi belirlenmiştir.

Araştırmada ortalama, makine iş başarısı  $3.84 \pm 0.17 \text{ m h}^{-1}$  ve sondaj su kuyusunun özgül enerji tüketimi  $1767.4 \pm 31.7 \text{ MJ m}^{-1}$  bulunmuştur. Ortama özgül enerji tüketimi, % 69.1 makine yapım, % 16.7 yakıt, % 13.7 malzeme taşıma ve % 0.5 insan iş gücü enerji tüketimlerinden meydana gelmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Özgül enerji tüketimi, sondaj kuyuları, yer altı suyu, derin kuyu pompaj sulama tesisleri.

### DETERMINATION OF SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION ON DRILLING OF DEEP WELL

#### ABSTRACT

In this study, specific energy consumption of home made deep well drilling machines<sup>1</sup> working by rotary method to supply irrigation water in the condition of middle Anatolia region were determined.

The Average drilling velocity and specific energy consumption were found as  $3.84 \pm 0.17 \text{ m h}^{-1}$  and  $1767.4 \pm 31.7 \text{ MJ m}^{-1}$  respectively. The specific energy consumption included machine manufacturing energy of 69.1 % , fuel energy of 16.7 % , materials transporting energy of 13.7 % and labour energy of 0.5 % .

**Key Words:** Specific energy consumption, drilling wells , underground water, deep well pumping irrigation plants.

### GİRİŞ

Su, canlılar için vazgeçilmez bir hayat kaynağıdır. Suyun; içme , endüstriyel ve tarımsal sulamada kullanma amacıyla , yer üstü su kaynaklarının olmadığı, yetersiz olduğu veya iletimin ekonomik olmadığı durumlarda yer altı su kaynaklarından yararlanma yoluna gidilmektedir. Günümüzde, yer altı su kaynaklarından, gelişen teknoloji düzeyine göre açılan sondaj kuyuları sayesinde yararlanılmaktadır.

Türkiye'de yer altı su kaynaklarından yararlanmanın tarihi çok eskiye dayanmakla birlikte, modern sondaj makineleri ile kuyu açma 1949-1952 yıllarından sonra başlamıştır. Bugün, darbeli ve rotari yöntemlerine göre çalışan modern sondaj makineleriyle ,150 mm - 750 mm çaplarında; 100 ile 300 m arası derinliklerde su kuyuları açılmaktadır.

\* Yrd.Doç. Dr. , S.Ü., Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri Bölümü, Konya.

\*\* Arş. Gör. , S.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri ABD, Konya.

\*\*\* Jeomorfoloj, Köy Hizmetleri 2. Bölge Müdürlüğü, Konya.

Türkiye’de yer altı su kaynakları ile 80000 ha’ı halk sulaması olmak üzere toplam 424 965 ha alan sulanmaktadır (Anonymous, 1997). Bu amaçla açılan sondaj kuyularına, Türkiye genelinde toplam 80 398 adet derin kuyu pompası yerleştirilmiştir (Anonymous, 2001). Türkiye’de sondaj su kuyularının açılmasında, Devlet Su İşleri, Köy Hizmetleri bünyesindeki ithal ve özel sektördeki yerli yapım sondaj makineleri kullanılmaktadır. Ülkemizde imal edilen sondaj makineleri, FORD, BMC ve MAN gibi genellikle kullanılmış kamyonlar üzerine, rotari masası, kule, üst motor, güç iletim düzeni, çamur pompası, muhtelif tip ve çapta matkap, tij ve diğer yardımcı donanımların monte edilmesi ile yapılmaktadır (Gümüşay, 1985; Akpınar, 1999).

Konu ile literatür gözden geçirildiğinde, özellikle sondaj makinesinin iş başarısı hakkında çok genel bilgilere rastlanılmaktadır. Çünkü, sondaj makinesinin iş başarısı, delinen jeolojik formasyonunun özellikleri, kullanılan matkabin malzemesi, tipi, çapı ve devir sayısı, matkaba uygulanan yük, çamur pompası performansı, çamurun özellikleri ve çalışan personelin tecrübesi gibi faktörlere bağlıdır. Sondaj makinesi iş başarısı için, 2-20 m<sup>1</sup>, 8.4-51 m h<sup>-1</sup>; 100-150 m kuyu derinliği için güç gereksinimi de 50-100 kW aralığında genel değerler verilmiştir (Erguvanlı ve Yüzer,1987; Göktekin,1991).

DSİ ve Köy Hizmetleri tarafından sulama amaçlı sondaj kuyusu açılması sonunda hazırlanan kuyu logu raporlarının incelendiğinde, değişik jeolojik formasyonlarda zaman – matkap ilerleme hızı diyagramlarının yer almadığı görülmüştür. Konu ile ilgili özel ve kamuda çalışan kişi ve kuruluşlar ile yapılan yüz yüze görüşmelerde, düz dolaşım, rotari yöntemine göre çalışan, yerli yapım bir sondaj makinesinin talep olması durumunda yılda 4000-5000 m kuyu açma koşullarında 10 yıl hizmet verebileceği; ancak, yılda ortalama 2000 m kadar çalışılabildiği, bunun yanında özellikle makinenin en aktif organı olan matkapların ömürleri, yerli yapım olanlarında 150-500 m, ithal olanlarında ise 750-2000 m olduğu ifade edilmiştir.

Tarımsal üretimde girdi-çıkı enerji bilançolarının bilinmesi, verimli bir üretimin gerçekleştirilmesi için önemlidir. Sulu tarımda, sulama suyu enerji girdisi toplam enerji girdisi içerisinde önemli bir yere sahiptir. Sulamada, yer altı su kaynaklarından yararlanılması durumunda derin kuyu pompaları kullanılmaktadır. Derin kuyu pompalarının kullanılabilmesi için de sondaj su kuyusunun hazırlanmış olması gerekmektedir. Başka bir ifadeyle, sondaj su kuyusunun hazırlanması için tüketilen enerji, derin kuyu pompası ile sağlanan sulama suyu enerji eşdeğerinin, sabit enerji girdisi içinde yer almaktadır. Türkiye’de sulama suyu özgül enerji eşdeğeri şimdiye kadar, su kaynağı durumu göz önüne alınmadan literatüre dayandırılarak, 0.63 MJm<sup>-3</sup> olarak kabul edilmektedir, Yıldız ve ark. (1990).

Yer altı sulama suyu pompajında, özgül enerji tüketimi eşdeğerinin belirlenmesinde, sondaj su kuyusunun özgül enerji tüketiminin bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Orta Anadolu bölgesi koşullarında, bu eksikliğin giderilmesi amaçlanmıştır.

## **MATERYAL VE METOD**

Çalışmada, Konya kapalı havzasında yer alan, yoğun bir şekilde yer altı sulaması yapılan Konya ilinin Çumra, Karapınar ve Altınekin ilçelerinde sulama amaçlı sondaj kuyusu açılması çalışmalarında kullanılan, yerli yapım bir sondaj makinesinin teknik

özellikleri, iş başarısı, sondaj kuyusunun tamamlanmasına kadar olan temel aşamalarındaki yakıt tüketimi ve işlem süreleri ölçülmüştür.

Çalışmada, 6.8 t kütleli BMC marka kanyon üzerine, toplam kütlesi 10.2 t olan tamamı yerli yapım sondaj üniteleri monte edilmiş bir sondaj makinesi kullanılmıştır. Sondaj ünitelerinin tahrikinde kullanılan üst motor, AS 950 Ti tip olup, gücü 180 BG 'dir. Makinenin delme kapasitesi 200 m olup, 150 m derinliğe kadar kullanılan tij toplam kütlesi 3.5 t'dur. 17.5", 15.0" ve 12.25" çaplarında üç değişik yerli yapım matkap kullanılmış olup, bunların kütleleri sırasıyla 160 kg, 140 kg ve 100 kg olmak üzere toplam 400 kg 'dır.

Sondaj su kuyusu, delme, boru teçhiz etme, yıkama-çakıl atma ve geliştirme-deneme olmak üzere toplam dört temel işlem aşamasında değerlendirilmiştir (Gümüüşay, 1985; Akpınar, 1999). Sondajın her işlem aşamasında biri jeoloji mühendisi olmak üzere toplam dört kişi çalışmıştır. İşlem sürelerinin belirlenmesinde, toplam net süre ölçüm esası kullanılmıştır (Göktekin,1991). Temel işlem aşamalarında meydana gelen olağan üstü gelişmeler ve ön hazırlıklar göz önüne alınmamıştır.

Delme işleminde kullanılan her değişik çaptaki matkap ile delinen kuyu derinliği ve delme süresi ayrı ayrı ölçülmüş, daha sonra inilen derinliğin delme süresine oranı makinenin ortalama iş başarısı olarak hesaplanmıştır. Diğer işlem aşamalarında ise, işe başlama ile bitirme anları dikkate alınarak toplam süre belirlenmiştir. Yakıt tüketimi, her işlem aşaması için ölçülen sürede depoya ilave edilen yakıt miktarının hacimsel olarak ölçülmesiyle saptanmıştır.

Özgül enerji tüketimi hesaplanmasında; makine yapım (My), yakıt (Me), iş gücü (Mi) ve malzeme taşıma (Mt) enerji girdileri esas alınmıştır.

Makine yapım enerjileri (My), toplam kütle üzerinden sondaj makinesi, matkap ve teçhiz borusu için aşağıda verilen eşitlik ve katsayılar kullanılarak ayrı ayrı hesaplanmıştır.

$$My = [G*(a+c)*(0.82*0.33*d)] * N^{-1}$$

Burada, sondaj makinesi, matkap ve teçhiz borusu kütlesi (G) kg; Türkiye koşulları için çelik üretim enerji eşdeğeri (a) 35.216 MJ/kg ; fabrikasyon enerji eşdeğeri (c), sondaj makinesi ve matkaplarda 14.76 MJ/kg, teçhiz borusunda 8.64 MJ/kg; yedek parça kullanım oranı (d), sondaj makinesi ve matkaplarda %89.1, teçhiz borusunda %61.2 (Yavuzcan, 1997; Acaroglu, 1998); kullanılan makine donanımlarının faydalı ömrü (N), sondaj makinesinde 50 000 m, matkaplarda 300 m, teçhiz borusu için toplam kuyu derinliği (S) m kullanılmıştır.

Her işlem aşamasında tüketilen toplam yakıt ve iş gücü enerjileri de aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Me = B*t*E_1 * S^{-1} \quad \text{ve} \quad Mi = i*t*E_2 * S^{-1}$$

Burada, ortalama saatlik yakıt tüketimi (B) / h<sup>-1</sup>, işlem süresi (t) h, Türkiye için Diesel yakıtı+yağ enerji eşdeğeri (E<sub>1</sub>) 40.035 MJ/lt, iş gücü sayısı (i) adet ve kişi başına iş gücü enerji eşdeğeri (E<sub>2</sub>) 1.87 MJh<sup>-1</sup> olarak alınmıştır (Smil, 1983; Kaltschmitt & Reinhardt, 1997).

### Derin Kuyu Sondajında Özgül Enerji Tüketiminin Belirlenmesi

Sondaj su kuyusunda çakıl ,kil, çimento gibi belli başlı malzemeler zorunlu olarak kullanılan malzemeler Konya il merkezinden sağlanmıştır. Taşınan malzeme kütlesi ortalama (W) t ve taşıma mesafesi ortalama (L) km ve özgül taşıma enerjisi eşdeğeri ( $E_3$ )  $6.3 \text{ MJ t}^{-1} \text{ km}^{-1}$  , Hülsbergen ve ark. (2001) alınarak, malzeme taşıma enerjisi (Mt) şu şekilde hesaplanmıştır.

$$Mt = W * L * E_3 * S^{-1}$$

Sondaj su kuyusu özgül enerji eşdeğeri ( $E_s$ )  $\text{MJ m}^{-1}$  olarak yukarıda açıklanan dört enerji girdilerinin toplanmasıyla hesaplanmıştır.

Sondaj işlemleri sırasında , delinen jeolojik formasyonların tanımlanması, filtreli yada kapalı tip teçhiz borusu uzunluklarının belirlenmesinde jeoloji mühendisinin, söz konusu kuyular için hazırladığı kuyu logları esas alınmıştır.

### ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

İnceleme yapılan sondaj kuyularına ilişkin kuyu logu özetleri ve ölçüm sonuçları Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, su kuyusu sondaj derinlikleri 100 m ile 125 m arasında değiştiği, kuyunun delinmesi için 17.5" , 15.0" ve 12.25" çaplı matkaplar kullanıldığı, delinen jeolojik formasyonların marn ve kireç taşı karakterlerinde ve teçhiz borusu kütlesi ortalama  $2617.9 \pm 83 \text{ kg}$  olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 1, Tablo 2, Tablo 3).

Tablo 1: Karapınar İlçesi Sondaj Su Kuyuları Log Özeti ve Ölçme Sonuçları

İşlem	Kuyu No	(D) "	Derinlik m	(B) $\text{l h}^{-1}$	(t) h	Formasyon*
Sondaj	1	17.5	60	11.5	17.5	1-10-K
		15.0	40	11.0	9.5	10-20-M
		12.25	0	0	0	20-100-M+KT
	2	17.5	80	8	19.5	1-50-M
		15.0	0	0	0	50-100-KT
		12.25	20	12.5	5	
	3	17.5	87	10.0	19.5	1-50-M
		15.0	0	0	0	50-100-M+KT
		12.25	13	10.5	3.5	

\* Formasyonlar kil K, kireç taşı KT ve marn M olarak simgelemiştir. D matkap çapıdır. Sektörde 0-1 m arası nebatî toprak olarak nitelendirilmektedir.

İşlem	Kuyu No:	(D) "	(KB) m	(FB) m	(B) $\text{l h}^{-1}$	(t) h	(G <sub>t</sub> ) *kg
Teçhiz	1	12	31	21			
		10	9	7	3	4	2531.7
		8	17	11			
	2	12	30	22			
		10	14	10	3	5	2570.2
		8	12	8			
	3	12	42	30			
		10	6	6	3	5	2694.6
		8	6	6			

\*  $G_1$  kuyu içine yerleştirilen toplam teçhiz borusu kütlesi olup, 4 mm et kalınlığındaki 12", 10" ve 8" çaplı (D) kapalı sac borular (KB) için birim kütleleri sırasıyla, 32,27 ve 21.  $\text{kg m}^{-1}$ , aynı kalınlık ve çaplı filtreli sac borular (FB) için birim kütleleri de sırasıyla 27, 23.5 ve 18  $\text{kg m}^{-1}$  değerindedir.

İşlem	Kuyu No:	(B) $l h^{-1}$	(t) h	Kullanılan çakıl hacmi* $m^3$
Yıkama ve çakıl akma	1	5		11
	2	5	8	11
	3	5		11

\* 5-12 mm çaplı, yıkanmış, özgül kütlesi 1800  $\text{kg m}^{-3}$ 'dir.

İşlem	Kuyu No:	(B) $l h^{-1}$	(t) h	(H) <sup>a</sup> m	(Q) <sup>b</sup> $m^3 h^{-1}$
Kuyu geliştirme ve deneme	1	6		28	169
	2	6	72	28	147
	3	6		29	147

a: H kuyu dinamik seviyesi DC elektrikli metre ile, b: Q kuyu debisi de orifis metre ile ölçülmüştür.

Tablo 2: Çumra İlçesi Sondaj Su Kuyuları Log Özeti ve Ölçme Sonuçları

İşlem	Kuyu No	(D) <sup>a</sup>	Derinlik m	(B) $l h^{-1}$	(t) h	Formasyon*
Sondaj	1	17.5	40	11.5	6.0	1-45-AKK
		15.0	22	11.0	6.5	45-73-KT
		12.25	38	12.5	14.0	73-100-K+KT
	2	17.5	40	8	7.0	1-44-AKK
		15.0	20	10.5	6.5	44-72-KT
		12.25	40	12.5	13.5	72-100-K+KT
	3	17.5	50	10.0	15.0	1-108-KT
		15.0	30	10.5	7.5	108-114-M
		12.25	45	10.5	13.0	114-125-KT

\* Formasyonlar kil K, az kumlu kil AKK, kireç taşı KT ve marn M olarak simgelenmiştir. D matkap çapıdır. Sektörde 0-1 m arası nebati toprak olarak nitelendirilmektedir.

İşlem	Kuyu No:	(D) <sup>a</sup>	(KB) m	(FB) m	(B) $l h^{-1}$	(t) h	(G <sub>1</sub> ) *kg
Teçhiz	1	12	22	14			
		10	10	14	3	5	2393.8
		8	18	18			
	2	12	16	12			
		10	14	10	3	6	2118.6
		8	26	18			
3	12	39	12				
	10	15	10	3	4	2917.6	
		8	16	20			

\*  $G_1$  kuyu içine yerleştirilen toplam teçhiz borusu kütlesi olup, 4 mm et kalınlığındaki 12", 10" ve 8" çaplı (D) kapalı sac borular (KB) için birim kütleleri sırasıyla, 32,27 ve 21.  $\text{kg m}^{-1}$ , aynı kalınlık ve çaplı filtreli sac borular (FB) için birim kütleleri de sırasıyla 27, 23.5 ve 18  $\text{kg m}^{-1}$  değerindedir.

İşlem	Kuyu No:	(B) $l h^{-1}$	(t) h	Kullanılan çakıl hacmi* $m^3$
Yıkama ve çakıl akma	1	5		10
	2	4	8	10
	3	4		10

\* 5-12 mm çaplı, yıkanmış, özgül kütlesi 1800  $\text{kg m}^{-3}$ 'dir.

Derin Kuyu Sondajında Özgül Enerji Tüketiminin Belirlenmesi

İşlem	Kuyu No:	(B) l h <sup>-1</sup>	(t) h	(H) <sup>a</sup> m	(Q) <sup>b</sup> m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>
Kuyu	1	6		28	180
geliştirme ve	2	6	72	17	180
deneme	3	6		14	223

a: H kuyu dinamik seviyesi DC elektrikli metre ile, b: Q kuyu debisi de orifis metre ile ölçülmüştür.

Tablo 3: Altunekin İlçesi Sondaj Su Kuyuları Log Özeti ve Ölçme Sonuçları

İşlem	Kuyu No:	(D) "	Derinlik m	(B) l h <sup>-1</sup>	(t) h	Formasyon*
Sondaj	1	17.5	50	9.5	12.5	1-8-A
		15.0	30	11.0	8.5	8-103-KT
		12.25	23	10.0	6.5	
	2	17.5	50	8	13.0	1-6-A
		15.0	30	10.5	8.5	6-110-KT
		12.25	30	12.5	8.5	
	3	17.5	50	10.0	13.5	1-5-A
		15.0	30	10.5	9.0	5-102-KT
		12.25	22	10.5	6.0	

\* Formasyonlar, altıvyon A ve kireç taşı KT olarak simgelenmiştir. D matkap çapıdır. Sektörde 0-1 m arası nebati toprak olarak nitelendirilmektedir.

İşlem	Kuyu No:	(D) "	(KB) m	(FB) m	(B) l h <sup>-1</sup>	(t) h	(G) <sup>c</sup> *kg
Teçhiz	1	12	41	8			
		10	13	16	3	6	2715.8
		8	8	16			
	2	12	41	8			
		10	13	16	3	6	2874.2
		8	12	20			
	3	12	41	8			
		10	13	16	3	5	2744.6
		8	16	8			

\* G, kuyu içine yerleştirilen toplam teçhiz borusu kütlesi olup, 4 mm et kalınlığındaki 12", 10" ve 8" çaplı (D) kapalı sac borular (KB) için birim kütleleri sırasıyla, 32,27 ve 21. kg m<sup>-1</sup>, aynı kalınlık ve çaplı filtreli sac borular (FB) için birim kütleleri de sırasıyla 27, 23.5 ve 18 kg m<sup>-1</sup> değerindedir.

İşlem	Kuyu No:	(B) l h <sup>-1</sup>	(t) h	Kullanılan çakıl hacmi* m <sup>3</sup>
Yıkama ve çakıl akma	1	5		9
	2	6	8	9
	3	4		9

\* 5-12 mm çaplı, yıkanmış, özgül kütlesi 1800 kg m<sup>-3</sup>'dir.

İşlem	Kuyu No:	(B) l h <sup>-1</sup>	(t) h	(H) <sup>a</sup> m	(Q) <sup>b</sup> m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>
Kuyu	1	6		46	126
geliştirme ve	2	6	72	67	65
deneme	3	6		46	166

a: H kuyu dinamik seviyesi DC elektrikli metre ile, b: Q kuyu debisi de orifis metre ile ölçülmüştür.

Ortalama makine iş başarısı, ilçelere göre Karapınar'da 4.02±0.12 m h<sup>-1</sup>, Çunra'da 3.92±0.45 m h<sup>-1</sup> ve Altunekin'de 3.63±0.07 m h<sup>-1</sup> olarak gerçekleşirken, bölge genel ortalaması 3.84±0.17 m h<sup>-1</sup> bulunmuştur (Tablo 4). Bulunan sonuçlar, çalışılan jeolojik

formasyonun özelliği ve kalınlığı, matkap tipi ve sondörün tecrübesi gibi faktörlere bağlı olduğundan; makine iş başarısına jeolojik formasyonun doğrudan etki düzeyi hakkında kesin bir yargı getirilememektedir. Bulunan sonuçlar literatürlerle uygunluk göstermiştir (Erguvanlı ve Yüzer, 1987; Göktekin, 1991; Akpınar, 1999).

Tablo 4: Sondaj Su Kuyularında Makine İş Başarısı Ortalaması  $m\ h^{-1}$ .

Kuyu No:	Karapınar	Çumra	Altnekin
1	3.93±0.28	4.26±1.22	3.69±0.16
2	4.05±0.05	3.92±0.90	3.63±0.11
3	4.09±0.37	3.60±0.20	3.57±0.12
İlçe Ortalaması	4.02±0.12	3.92±0.45	3.63±0.07
Bölge Ortalaması		<b>3.84±0.17</b>	

Sondaj su kuyularında ortalama özgül enerji tüketimi (Es), ilçelere göre Karapınar'da  $1822.6±19.3\ MJm^{-1}$ , Çumra'da  $1656.8±48.6\ MJm^{-1}$  ve Altnekin'de  $1822.8±10.9\ MJ\ m^{-1}$  olarak gerçekleşirken, bölge genel ortalaması  $1767.4±31.7\ MJ\ m^{-1}$  bulunmuştur (Tablo 5). Bulunan bu ortalama özgül enerji tüketimi içerisinde çakıl, su, kil, çimento ve bentonit gibi malzemelerin satın alma bedelleri ile kar marjları yer almamaktadır. Bölgede açılan sondaj su kuyularının ortalama özgül enerji tüketiminin, enerji girdi bileşenlerinin oransal dağılımına bakıldığında, makine yapım enerjisi %69.1, yakıt enerjisi %16.7, malzeme taşıma enerjisi %13.7 ve iş gücü enerjisi de % 0.5 'lik kısmını oluşturduğu görülmektedir (Tablo 5). Makine yapım enerji girdisinin yaklaşık % 92'lik kısmını kuyu teçhiz borusu yapım enerjisi oluşturmaktadır. Bir başka deyişle, makine yapım enerjisinin içinde, sondaj makinesinin  $22.8\ MJ\ m^{-1}$ , matkapların ise  $74.2\ MJ\ m^{-1}$  düzeyinde etkisi bulunmaktadır (Tablo 5).

Tablo 5: Sondaj Su Kuyularının Ortalama Özgül Enerji Tüketimi ve % Dağılımları

İlçe	Kuyu No	My* $MJ\ m^{-1}$	Me $MJ\ m^{-1}$	Mi $MJ\ m^{-1}$	Mt $MJ\ m^{-1}$	Es $MJ\ m^{-1}$
Karapınar	1	1231.7	309.0	8.3	252	1801.0
	2	1248.9	296.6	8.2	252	1805.7
	3	1304.7	296.4	8.1	252	1861.2
İlçe ortalaması		1261±22.0	300.7±4.2	8.2±0.1	252±0.0	1822.6±19.3
Çumra	1	1169.9	322.8	8.3	252.0	1753.0
	2	1046.5	313.5	8.5	252.0	1620.5
	3	1147.7	244.9	7.2	201.6	1596.8
İlçe ortalaması		1119.8±37.5	293.7±24.6	8.0±0.4	235±16.8	1656.8±48.6
Altnekin	1	1278.7	301.5	8.2	244.7	1833.1
	2	1268.1	296.0	7.9	229.1	1801.0
	3	1303.0	276.0	8.3	247.1	1834.4
İlçe ortalaması		1283.3±10.3	291.2±7.7	8.2±0.1	240.3±5.6	1822.8±10.9
Bölge ortalaması		1221.6±28.7	295.2±7.7	8.1±0.1	242.5±5.7	1767.4±31.7
Oransal dağılım (%)		69.1	16.7	0.5	13.7	100

\* Sondaj makinesinin yapım enerjisi  $22.8\ MJ\ m^{-1}$ , matkapların yapım enerjisi  $74.2\ MJ\ m^{-1}$  düzeyinde olup, geri kalan değer tamamen teçhiz borusu yapım enerjisine aittir.

Özgül enerji tüketimi (Es), uzun ömürlü, daha kaliteli ve yüksek kapasiteli sondaj ekipmanları kullanmak, iyi bir organizasyon ve tecrübeli elemanlarla çalışmaya ile önemli düzeyde azaltılabilecektir.

*Derin Kuyu Sondajında Özgül Enerji Tüketiminin Belirlenmesi*

Sonuç olarak, Orta Anadolu koşullarında yer altı sulama suyu pompajında kullanılan sondaj kuyusunun, ortalama özgül enerji tüketimi  $1767.4 \pm 31.7 \text{ MJ m}^{-1}$  olarak alınabileceği söylenebilir.

**KAYNAKLAR**

- Acaroğlu, M., 1998, Biyokütle Enerjisi Üretimi ve Uygulamaları, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı Lisans Üstü Yayınlanmamış Ders Notları, Konya.
- Akpınar, K. 1999, Su Sondaj Kuyularının Açılması ve İşletilmesi Sırasında Çıkan Sorunlar ve Çözümler. ISBN 975-94033-0-7. Ankara.
- Anonymous, 1997, Haritalı İstatistik Bülteni, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous, 2001, 1999 Yılı Tarımsal Üretim ve Yapı. DİE. Ankara.
- Erguvanlı, K., Yüzer E., 1987, Yer altı Suları Jeolojisi. İTÜ Maden Fakültesi, Ofset Atölyesi, İstanbul.
- Göktekin, A., 1991, Sondaj Tekniği, İTÜ Maden Fakültesi, Ofset Atölyesi, İstanbul.
- Gümüşay, E., 1985, Su Sondörü Kurs Notları, DSİ Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara.
- Hülsbergen, K.J., Feil, B., Biernan, S., Rathke, G.W., Kalk, W.D. and Diepenbrock, W., 2001, A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 86:303-321.
- Kaltschmitt, M. und Reinhardt, A., 1997, *Nachwachsende Energieträger, Grundlagen Verfahren, Ökologische Bilanzierung*, Vieweg Verlag, Braunschweig.
- Smil, V., 1983, *Energy analysis and agriculture, An Application to US, Corn Production*, Westview Press Boulder, Colorado.
- Yaldız, O., Öztürk, H.H., Zeren, Y. Ve Başçetinçelik, A., 1990, Türkiye'de Tarla Bitkilerinin Üretiminde Enerji Kullanımı, *Akdeniz Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1-2), s. 51-62, Antalya.
- Yavuzcan, G., 1994, *Enerji Teknolojisi*, Ankara Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No. 1324. Ankara.