

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAĞMURLAMA SULAMANIN
ENERJİ GEREKSİNİMİ

Duran YAVUZ
Yüksek Lisans Tezi
TARIMSAL YAPILAR VE
SULAMA ANABİLİM DALI
KONYA-2006

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAĞMURLAMA SULAMANIN ENERJİ GEREKSİNİMİ

Duran YAVUZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Bu tez 18/01/2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet KARA
(ÜYE)

Yrd. Doç. Dr. Ramazan TOPAK
(DANIŞMAN)

Yrd. Doç. Dr. Bilal ACAR
(ÜYE)

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

YAĞMURLAMA SULAMANIN ENERJİ GEREKSİNİMİ

Duran YAVUZ
Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Ramazan TOPAK
2006, Sayfa : 49
Jüri : Prof. Dr. Mehmet KARA
Yrd. Doç. Dr. Ramazan TOPAK
Yrd. Doç. Dr. Bilal ACAR

Bu çalışma yağmurlama sulama yöntemi ile sulamanın enerji tüketimini tespit etmek amacıyla Konya – Çumra sulama şebekesi alanında yürütülmüştür. Bu amaçla bölgede uygulanan yağmurlama sistemlerinin su kaynağı, basınç kaynağı, sistem elemanları, işletme basınçları, başlık tertip esasları gibi özellikleri yerinde inceleme ve gözlemler yapılmak suretiyle belirlenmiştir. Su kaynağı ve basınç kaynağı dikkate alındığında beş farklı yağmurlama sisteminin planlanıp işletildiği tespit edilmiştir. Araştırma bu beş grup dikkate alınarak toplam 69 yağmurlama tesisi üzerinde yürütülmüştür. Çalışmada, sistemlerin dizel yakıt veya elektrik enerjisi, ekipman üretim enerjisi ve işgücü enerji tüketimi belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre; yüzey su kaynaklarından sulama yapan yağmurlama sistemlerinde birim alana yıllık enerji tüketimi; dizel veya elektrik enerjisi, ekipman üretim enerjisi ve insan işgücü enerjisi olarak sırasıyla motopomplu sistemlerde ortalama 14107, 923 ve 44 MJ/ha-yıl, kuyruk mili ile tahrik edilen santrifüj pompalı sistemlerde 21458, 3700 ve 41 MJ/ha-yıl olarak hesaplanmıştır. Aynı değerler yer altı su kaynaklarından sulama yapan yağmurlama sistemlerinden kuyruk mili ile tahrik edilen düşey milli pompalı sistemlerde; 35748, 3873 ve 40 MJ/ha-yıl, elektrik motoru ile tahrik edilen düşey milli pompalı sistemlerde; 35491, 1164 ve 42 MJ/ha-yıl, dalgıç pompalı sistemlerde ise 47152, 1321 ve 37 MJ/ha-yıl olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Yağmurlama sulama, Sulama girdileri, Enerji kullanımı, MJ/ha.mm.

ABSTRACT
Master's Thesis

THE ENERGY REQUIREMENT OF SPRINKLER IRRIGATION

Duran YAVUZ
Selçuk University
Graduate School of Naturel and Applied Sciences
Department of Agriculture Structures and Irrigation

Supervisor : Yrd. Doç. Dr. Ramazan TOPAK
2006, Page : 49

Jury : Prof. Dr. Mehmet KARA
Yrd. Doç. Dr. Ramazan TOPAK
Yrd . Doç. Dr. Bilal ACAR

This study was conducted to determine the energy requirement of sprinkler irrigation in Konya-Çumra irrigation district. The properties such as water resource, pumping unit, systems equipments, operation pressure, sprinkler's spacing of the sprinkler systems were investigated and determined. The results showed that sprinkler irrigation systems operated and planned in five different form when considered their water resources and pumping units. The research was conducted on totally 69 sprinkler system by taking into account this case. In study, diesel fuel or electricity energy, equipment manufacture energy and labour energy consumption of the sprinkler systems were determined.

According to results obtained; in sprinkler irrigation systems induced motopomp, the annual energy consumptions of per unit area (1 ha) for diesel fuel, equipment energy and labour energy were found as 14107, 923 and 44 MJ/ha-year on average, respectively. In centrifugal pumping systems induced by pto, this values were computed to be 21458, 3700 and 41 MJ/ha-year, respectively. In other type (Düşey milli pompa) system induced by pto, the annual energy consumptions of per unit area (1 ha) for diesel fuel, equipment energy and labour energy were computed as 35748, 3873 and 40 MJ/ha-year. In vertical axle pump induced by electric motor, this values were calculated to be 35941, 1164 and 42 MJ/ha-year and in submersible pumping systems this values were computed as 47152, 1321 and 37 MJ/ha –year, respectively.

Key Words : Sprinkler irrigation, Irrigation inputs, Energy usage, MJ/ha.mm.

TEŞEKKÜR

Tez konumun seçimi ve çalışmalarımın yürütülmesi esnasında her türlü katkı ve desteği ile çalışmalarımı yönlendiren danışman hocam Yrd.Doç. Dr. Ramazan TOPAK'a, bölüm hocalarım Prof. Dr. Mehmet KARA, Prof. Dr. Nizamettin ÇİFTÇİ ve Arş. Gör. Sinan SÜHERİ'ye teşekkür ederim. Ayrıca araştırmanın yürütülmesi esnasında yağmurlama sulama sistemlerinde yaptığım ölçüm ve incelemelerde sağladıkları kolaylıklardan dolayı Çumra yöresi çiftçisine de teşekkür ederim.

Duran YAVUZ
KONYA, 2006

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>	<u>Sayfa No</u>
3.1. Uzun yıllar ortalaması olarak araştırma alanına ilişkin meteorolojik veriler..	11
3.2. Konya ve Türkiye’de mevcut yağmurlama tesisi sayıları.....	14
3.3. Araştırmada kullanılan enerji katsayıları	22
4.1. Sulama Kanalından Su Alan Yağmurlama Tesislerinin Basınç Ünitesi Sistem Ağırlığı ve Ana Hatları İle İlgili Teknik Bilgiler	24
4.2. Sulama Kanalından Motopomp ile Su Alan Yağmurlama Sistemlerinin Lateral Hattına İlişkin Teknik ve İşletme Özellikleri	25
4.3. Sulama Kanalından Kuyruk Mili Tahrikli Santrifüj Pompa Vasıtası ile Su Alan Yağmurlama Sistemlerinin Lateral Hattına İlişkin Teknik ve İşletme Özellikleri.....	27
4.4. Yeraltı Suyundan Su Alan Yağmurlama Sistemlerinin Basınç Ünitesi, Sistem Ekipman Ağırlığı ve Ana Hatları İle İlgili Teknik Bilgiler.....	28
4.5. Yeraltı Suyundan Kuyruk Mili – Milli Pompa Vasıtası ile Su Alan Yağmurlama Sistemlerinin Lateral Hattına İlişkin Teknik ve İşletme Özellikleri.....	30
4.6. Yeraltı Suyundan Elektrik Motoru – Milli Pompa Vasıtası ile Su Alan Yağmurlama Sistemlerinin Lateral Hattına İlişkin Teknik ve İşletme Özellikleri.....	31
4.7. Yeraltı Suyundan Dalgıç Pompa ile Su Alan Yağmurlama Sistemlerinin Lateral Hattına İlişkin Teknik ve İşletme Özellikleri	33
4.8. Sulama Kanalından Su Alan Yağmurlama Sistemlerinde Enerji Kullanımına İlişkin Sonuçlar	35
4.9. Yeraltı Suyundan Su Alan Yağmurlama Sistemlerinde Enerji Kullanımına İlişkin Sonuçlar	37

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
3.1. Araştırma alanının Türkiye ve Konya'daki yeri	9
3.2. Araştırma alanında pilot alanın yeri	16

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGE LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. MATERYAL VE METOD	9
3.1 Materyal	9
3.1.1 Araştırma Alanı Hakkında Genel Bilgiler	9
3.1.1.1. Konum ve İklim Özellikleri	9
3.1.1.2. Toprak ve Su Kaynakları Potansiyeli	10
3.1.1.3. Tarımsal Yapı	12
3.1.2 Bölgede Uygulanan Yağmurlama Sistemleri	12
3.2 Metod	15
3.2.1 Pilot alanın seçilmesi	15
3.2.2 Örnek Yağmurlama Tesislerinin Seçimi	16
3.2.3 Çalışmanın Yürütülmesi	17
3.2.4 Sulamada Enerji Kullanımının Hesaplanması	19
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	23
4.1 Yağmurlama Sistemlerinin Unsurları, Teknik Planlama ve İşletme Özellikleri	23
4.2 Yağmurlama Sulamada Enerji Kullanımı	34
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	42
6. KAYNAKLAR	45

1. GİRİŞ

İnsan yaşamında su; içme-kullanma, endüstri, sanayi, hidroelektrik güç üretimi, sulama, balıkçılık, rekreasyon gibi çok çeşitli maksatlarla kullanılmaktadır. Su, sahip olduğu özellikleri ve kullanım imkanlarına bağlı olarak ekonomik ve sosyal gelişmeyi etkilemektedir ve gerek küresel gerekse bölgesel ve yöresel düzeylerde arz ve talep ilişkileri yönünden, stratejik öneme sahip olan doğal kaynaklardan birisidir. Özellikle kurak ve yarıkurak alanlarda sulu tarımın yaygınlaştırılması, içme-kullanma suyu ve endüstri suyu talebindeki artış, hidrolojik çevrimdeki suyu nitelik ve nicelik yönlerinden etkilemekte, ülkeleri su kaynaklarının kullanılması ile ilgili ortak kaygılara yönelik politikaların geliştirilmesi ve uygulanmasına zorlamaktadır (Kulga, 1994). Bu bağlamda Türkiye'nin de taraf olduğu bir çok uluslararası toplantılarda, su kaynaklarının kullanımı, geliştirilmesi, korunması ve yönetimi konuları değerlendirilmiştir, dünyada su sektöründe reform yapılması gerekliliği vurgulanarak suyun ekonomik değerinin de dikkate alınması gereken önemli bir husus olduğu belirtilmiştir (Keating, 1993).

Dünyada tarımsal üretim alanları sınırlarının genişletilmesi imkanı bulunmamaktadır. Bu koşullarda tarımsal üretimde verim ve kalitenin artırılması teknolojik üretim faktörlerinin kullanımı ile sağlanabilecektir. Bu kapsamda arazi ıslahı, toprak koruma, arazi toplulaştırma, sulama, gübreleme, kaliteli tohum kullanımı, zirai mücadele, uygun alet-makine ve teknik bilgi gibi verim artırıcı teknolojik üretim faktörlerinden yararlanılabilir. Özellikle kurak ve yarıkurak bölgelerde sulama diğer üretim faktörlerine göre daha fazla önem taşımaktadır. Bu alanlarda gübrelemenin etkinliği de sulamaya bağlı olmaktadır (Kara, 2005).

Tarımsal üretimde, yetiştirme sezonu boyunca bitki kök bölgesinde yeterli seviyede nemin bulunması bitki gelişimi, verimi ve ürün kalitesi açısından son derece önemlidir. Bu nemi sağlayan kaynaklardan ilki doğal yağışlardır. Kurak ve yarıkurak bölgelerde bitkisel üretim sezonu boyunca düşen yağışlar hem miktar hem de dağılım açısından yetersiz kalmaktadır ve bitki su ihtiyacını karşılayamamaktadır. Bu nedenle bitki kök bölgesindeki eksik nem sulama ile tamamlanmaktadır. Coğrafi konumu ve iklim özellikleri yönünden Doğu Karadeniz Bölgesindeki dar bir alan

dışında Türkiye'nin tamamında kurak ve yarıkurak iklim hakimdir. Dolayısı ile Türkiye'de sulama bitkisel üretim için oldukça önemlidir.

Kurak ve yarıkurak alanlarda tarımsal üretimi sınırlandıran en önemli faktör sulamadır. Bu tip alanlarda sulama, tarımsal üretimde çeşitlilik, verim artışı ve ürün kalitesini etkileyen önemli bir faktördür. Kurak ve yarıkurak iklim bölgelerinde kültür bitkilerinin su ihtiyacı karşılanmadığı sürece, tarımsal üretim konusunda yapılan tüm gayretler sonuçsuz kalacaktır. Yani kuraklığın hüküm sürdüğü bölgelerde sulama, tarımsal üretim için vazgeçilemez bir zorunluluktur.

Türkiye'nin tarım yapılabilir arazilerinin yaklaşık %10'u İç Anadolu Bölgesinde yer alan Konya Ovasından oluşmaktadır. Konya Ovası kapalı bir havzada yer almaktadır ve kurak bir iklime sahiptir. Ortalama yıllık yağışı 300 mm civarında seyretmektedir. Tarım yapılabilir arazi potansiyeli bakımından değerlendirildiğinde Konya Ovası Türkiye açısından önemli bir ovadır. Dolayısı ile Türkiye'nin ilk planlı sulama projesi de ovada yer almaktadır. Fakat havzanın su kaynakları hayli sınırlıdır. Günümüzde sulamaya açılmış tarım arazisi 370 bin hektar civarındadır. Bu değer ovada sulanabilir tarım arazilerinin %17'sine tekabül etmektedir.

Türkiye'nin ilk planlı sulama şebekesinin bulunduğu Çumra Ovası sulama kültürünün ve sulama teknolojilerinin en iyi uygulandığı bir tarımsal üretim alanıdır. Konya ilinde bulunan yağmurlama sulama sistemlerinin %70'den fazlası Çumra Ovasında bulunmaktadır (Topak, 1996). Ovada sulamaya açılmış bulunan yaklaşık 60 bin hektarlık alanın %20'sinde şeker pancarı tarımı yapılmaktadır. Şeker pancarı ekili alanların %70'den fazlası yağmurlama sulama yöntemi ile sulanmaktadır (Akınerdem, 1994; Topak, 1996). 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). İyi planlanan ve işletilen yağmurlama sistemlerinde sulama randımanı %80'in üzerinde gerçekleşebilmektedir (Keller ve Bliesner, 1990; Clemmens ve Dedrick, 1994). Kurak bir iklime ve kısıtlı su kaynaklarına sahip olan Çumra Ovasında, tarımsal üretimde sürdürülebilirlik, verim ve kalite artışı sulamaya bağlıdır.

Yağmurlama sulama yetiştirme sezonu boyunca sürekli olarak enerji tüketen bir sulama yöntemidir. Yağmurlama sistemlerinin işletilmesi için dizel yakıtı ve elektrik gibi doğrudan ve ekipman enerjisi gibi dolaylı enerji ile insan işgücü

enerjisine gereksinim vardır. Yağmurlama sulamada, kullanılan enerjinin büyük bir kısmı basınç ünitesinin kuvvet kaynağınca tüketilen dizel yakıtı veya elektrik enerjisinden oluşmaktadır.

Tarımsal üretimde verimliliği analiz etme yöntemlerinden biri de enerji bilançosu yöntemidir. Yani üretim için kullanılan enerji miktarı ile üretilen enerji miktarı arasındaki ilişkinin analiz edilmesidir. Çünkü tarım hem enerjinin tüketicisi hem de üreticisi bir sistemdir (Singh ve ark, 2002). Tarımda toprak işleme, ekim, gübreleme, sulama ve diğer kültürel işlemler, hasat ve harman işlemlerinde dizel yakıtı veya elektrik normunda enerji kaynağı doğrudan ve bunun yanında gübre, kimyasal ilaçlar, makine-teçhizat ve sulama ekipmanları üretiminde kullanılan enerji de dolaylı olarak kullanılır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, son yıllarda tarımsal üretimin çevre üzerine etkileri hakkında yoğun bir tartışma vardır. Tartışmanın en önemli konusu yüksek oranda doğrudan ve dolaylı enerjinin tarımda kullanılmasıdır. Yapılan pek çok araştırmanın sonuçları tarımda fosil enerji gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarının yüksek oranda tüketildiğini, yenilenemeyen enerji kaynaklarının ise en yoğun tüketildiği tarımsal işleminde kurak alanlar için sulama olduğunu göstermiştir.

Sulamanın vazgeçilemez bir zorunluluk olduğu kurak ve yarıkurak alanların tarımsal üretiminde sulamanın enerji tüketimi, enerji üretim verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Tarımsal işlemlerin enerji kullanımına ilişkin olarak yapılan bazı araştırma sonuçları, sulamanın diğer tarımsal işlemlerle karşılaştırıldığında enerjinin büyük bir kısmını tükettiğini göstermektedir (Mittal ve ark., 1985; Mrini ve ark., 2001; Topak ve ark., 2005).

Planlanan bu araştırma ile Çumra sulama şebekesi alanında yaygın bir kullanımı olan yağmurlama sulama yönteminin enerji tüketiminin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç altında, farklı sulama suyu kaynaklarından sulama yapan yağmurlama sistemlerinde birim alana sulama enerjisi ve birim hacim sulama suyu uygulanması için tüketilen enerjinin tespit edilmesi planlanmıştır.

Beş bölümden oluşan bu çalışmada giriş bölümünden sonra ikinci bölümde konu ile ilgili yapılmış olan çalışmalar gözden geçirilmiştir. Üçüncü bölümde araştırmada kullanılan materyal ve metod açıklanmış, dördüncü bölümde ise araştırmadan elde edilen sonuçlar değerlendirilerek tartışılmış ve beşince bölümde gerekli öneriler yapılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kurak ve yarıkurak alanlarda tarımsal üretim için vazgeçilemez bir üretim faktörü olan su, yeraltı ve yerüstü kaynaklardan temin edilebilmektedir. Sulama işleminde çeşitli enerji kaynaklarına gereksinim duyulmaktadır. Uygulanan sulama yöntemine göre bu enerjinin kaynakları farklılık göstermektedir. Salma sulama yönteminde tarla hazırlığı esnasında yerine göre insan işgücüne yerine göre de diğer fosil enerji kaynaklarına ihtiyaç vardır. Basınçlı sulama yöntemlerinde ise genelde fosil enerji kaynaklarına ve insan işgücüne ihtiyaç duyulur.

Tarımsal üretimde kullanılan enerji doğrudan ve dolaylı şeklinde iki gruba sınıflandırılabilir. Doğrudan enerji; toprak hazırlığı, ekim, sulama, gübreleme, çapalama, ilaçlama, hasat – harman ve kurutma gibi çeşitli çalışmaları icra etmek kullanılan enerjiyi, dolaylı enerji ise tohum, gübre, kimyasal maddeler, makine – ekipman gibi girdilerin üretiminde kullanılan enerjiyi ifade etmektedir. Tarımda kullanılan enerji kaynakları insan ve hayvan gibi canlı kaynaklar ile fosil yakıtlar ve elektrik enerjisinden oluşmaktadır. (Singh, 2002).

Her türlü çalışma ile yapılan iş, günlük hayatımızda ve tarımsal üretimde oldukça önemlidir. Enerji birimleri de iş birimleri ile belirlenmektedir. Çünkü enerji bir sistemin iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanır. O halde enerji büyüklüğü, yapabildiği iş cinsinden belirlenir. Dolayısı ile enerji ve iş birimi aynıdır. Uluslar arası sistemde iş enerji ve aynı zamanda ısı birimi olarak joule kullanılmaktadır (Dinçer, 1981). Bazı iş, enerji ve ısı birimlerinin birbirlerine dönüşümleri aşağıdaki gibidir.

1 Joule : 1 Newton'luk bir kuvvet etki ettiği cisme kendi doğrultusunda 1 m yol aldırıyorsa yapılan iş 1 Joule'dur. 1 Newton (N) : Bir kg kütleyle etki ettiği zaman, ona 1 m/s²'lik ivme kazandıran büyüklüktür (1 N = 1 kg·m/s²). Diğer bir enerji ve iş birimi olan kilowatt saat (kWh) = 3,6 Megajoule'dur.

Kilokalori (kcal) : Normal atmosfer basıncında 1 dm³'lük suyun sıcaklığını 14,5°C'den 15,5°C'ye çıkarmak için gerekli ısı miktarıdır ve 1 kcal = 4,1868 kilojoule'dur.

Son yıllarda tarımsal üretimin çevreye etkisi üzerine yaygın bir tartışma vardır. Tartışmanın ana konusu tarımda enerji kullanımınıdır. Tarımsal üretim büyük ölçüde yenilenemeyen fosil yakıt enerjisi tüketimine dayanmaktadır. Fosil yakıtların tüketimi açığa çıkardığı CO₂ ve diğer gazlar yüzünden çevre üzerine doğrudan negatif etki yapmaktadır. Dolaylı olarak da verim artışı üzerine olumlu etkisi vardır. Büyük miktarlarda fosil enerji kullanımı tarımsal uygulamaları başlıbaşına yoğunlaştırırken ortamdaki tabii çeşitliliği azaltması gibi çevre üzerine indirekt negatif etkiye sahiptir (Pimentel ve ark, 1973).

Çeşitli tarımsal işlemlerin enerji kullanımları birbirleri ile karşılaştırıldığında, kurak ve yarı kurak alanlarda sulama işlemi, toplam enerji tüketimi içinde en büyük paya sahiptir. Sulamada tüketilen enerjinin büyük bir kısmı fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. (Larson ve Fergmeir, 1978).

Bölgesel gelişmede anahtar faktörlerden biri, tarımsal üretimde sulama işleminin önemli bir kullanıcısı olduğu enerjidir. Basınçlı sulama sisteminin işletilmesi için gerekli yıllık enerji miktarı, bu sistemlerin üretimi için gerekli olan enerji miktarından yaklaşık olarak beş kat daha fazladır (Stout ve ark, 1979)

Yağmurlama sulamada, suyun pompalanması ve araziye uygulanması yaklaşık olarak 3.82 MJ/m³ elektrik enerjisine ihtiyaç duyar. Ayrıca kısa ömürlü olan borular ve başlıklar gibi yağmurlama tesisi ekipmanlarının üretimi de büyük bir enerjiye ihtiyaç duymaktadır (Batty ve Keller, 1980).

Schön ve Sourell (1981), basınçlı sulama sistemlerinde su ve enerji tasarrufu imkanlarını araştırdıkları bir çalışmada, geleneksel yağmurlama sisteminin birim alana enerji kullanımını tüketilen elektriğin enerji eşdeğeri olarak 10548 MJ/ha, damla sulamada 1860 MJ/ha olarak belirlemişlerdir.

Bauer (1983), bazı basınçlı sulama sistemlerini enerji kullanımları açısından analiz ettiği araştırmasında, elektrik eşdeğeri olarak enerji tüketimini, bir başlıklı yağmurlama makinesinde 56.1 MJ/ha mm, geleneksel yağmurlama sistemlerinde 34.82 MJ/ha mm ve damla sulamada 23.3 MJ/ha mm şeklinde bildirmiştir.

Barth (1984), Avustralya'da yapmış olduğu bir çalışmada damla sulama yöntemi ile geleneksel yağmurlama sisteminin işgücü, su kullanımı, işletme masrafları, bitkisel verim ve enerji kullanımı açısından değerlendirmiştir.

Araştırmacıya göre sistemlerin enerji tüketimleri elektrik eşdeğeri olarak yağmurlama sulamada 37.23 MJ/ha mm, damla sulamada 18.61 MJ/ha mm olarak hesaplamıştır.

Collins (1984), tarımsal üretimde enerji kullanımına ilişkin olarak gerçekleştirdiği bir araştırmada tarımda enerji kullanımı ve üretim unsurlarının enerji paylarını inceleyerek sulama işleminin enerji kullanım payının en yüksek olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca araştırmacı su kaynağının arazi yüzeyinde olması hali ile derin kuyu olması halinde yağmurlama, salma ve damla sulama sistemlerinin karşılaştırmasını yapmıştır. Buna göre; su kaynağının yüzeyde olması halinde, enerji tüketimlerini, salma sulamada, 3.72 MJ/ha mm, geleneksel yağmurlama sisteminde 21.1 MJ/ha mm ve damla sulama sisteminde 6.2 MJ/ha mm olarak belirlemiştir. Su seviyesinin yüzeyden 50 m derinde olması halinde ise enerji tüketimlerini yağmurlama sulamada 49,64 MJ/ha mm ve damla sulamada 31.02 MJ/ha mm olarak tesbit etmiştir.

Kurak ve yarıkurak alanlarda eğer bitkilerin gereksinim duydukları sulama suyu sağlanamaz ise bitkisel üretimi artırmak için yapılan bütün gayretler boşa olacaktır. Bu nedenle bu tip alanlar için su, tarımsal üretimde vazgeçilemez bir gereksinimdir. Buna mukabil, bitkisel üretimde sulama işleminin tükettiği enerji diğer tarla işlemleriyle kıyaslandığında, enerjinin büyük bir kısmını sulamanın tükettiğini ortaya çıkmaktadır ve sulama işleminde tüketilen enerjinin büyük bir bölümü yenilenemeyen fosil enerji kaynağından temin edilmektedir (Mittal ve ark., 1985).

Mittal ve Dhawan (1989), değişik yüzey sulama uygulamaları altında yetiştirilen bitkilerin enerji parametrelerini inceledikleri bir araştırmada; sulama, tohum yatağı hazırlığı, hasat ve harman işlemlerinde enerji yoğunluğunun fazla olduğunu, farklı yüzey sulama yöntemleri altında bitkisel üretim için toplam enerji gereksiniminin %60'dan fazlasının sulama işleminde tüketildiğini, tüketilen enerjinin büyük bir kısmının yenilemeyen fosil enerji kaynaklarından oluştuğunu, farklı yüzey sulama metodları arasında enerji kullanımı bakımından bir farklılık bulunmadığını bu nedenle de araştırmanın yürütüldüğü Hindistan'da yüzey sulama metodlarının herhangi birinin uygulanabileceğini bildirmişlerdir.

Refsgaard ve ark. (1998), Organik ve geleneksel hayvancılık üretim sistemlerinde mandıracılık ve bitkisel üretimde enerji kullanımını

karşılaştırmışlardır. Araştırmada bitkisel üretimde sulu şartlarda toplam direkt enerji tüketiminin %32'sinin sulama işleminde tüketildiğini, 1 ha'a 1 mm sulama suyu uygulanmasının elektrik eşdeğeri enerji olarak 43.8 MJ olduğunu belirtmişlerdir.

Dalgaard ve ark. (2001), organik ve geleneksel tarımda fosil enerji kullanımını karşılaştırdıkları araştırmalarında; tarımda enerji kullanımı direkt ve indirekt olarak iki grupta incelemişlerdir. Direkt enerji kullanımını, direkt enerji birimlerine dönüştürülebilen (dizel yakıtı, yağlar ve elektrik gibi) üretimde kullanılan enerji girdisi olarak, indirekt enerji kullanımını ise doğrudan enerji birimlerine dönüştürülemeyen üretimde kullanılan girdilerin (ekipman, gübreler ve kimyasal ilaçlar gibi) üretimde kullanılan enerjisi olarak tanımlayarak, birim alana (1 ha) 1 mm sulama suyu uygulanması için elektrik karşılığı olarak 52 MJ'luk enerji harcadığını bildirmişlerdir.

Mrini ve ark. (2001) Morocco'da şeker kamışı üretiminde enerji kullanımını değerlendirmek amacı ile yaptıkları araştırmada, şeker kamışı üretiminde kullanılan toplam enerjinin %50'sinden fazlasının sulama işleminde tüketildiğini ve yağmurlama sulama ile 1 m³ suyu pompalamak ve uygulamak için elektrik eşdeğeri olarak 4.2 MJ, salma sulamanın ise 0.61 MJ enerjiye ihtiyaç duyduğunu belirtmişlerdir.

Singh (2002), Hindistan'da farklı bitki üretim sistemlerinde enerji kullanım düzeylerinin belirlenmesi amacıyla yapmış olduğu bir araştırmada; işletme büyüklüğüne göre değişmekle birlikte, sulama işleminin enerji tüketimini ortalama olarak, tarımsal işlemlerde tüketilen toplam enerjinin içinde buğdayda %38, sorgumda %23, çeltikte %76, hardal yetiştiriciliğinde ise %18'ine tekabül etmekte olduğu bildirilmektedir.

Topak ve ark. (2005)'nin Konya Ovası şartlarında, yağmurlama sulama ile sulanarak yetiştirilen şeker pancarı, tarla fasulyesi ve kışlık buğdayın enerji verimliliğinin araştırılması maksadıyla yaptıkları bir araştırmada; 170 m uzunluğunda tek lateralli bir yağmurlama sistemi 17 Beygir gücünde bir motopomla işletilmiş ve sistem her sulamada 2 atm basınçta çalıştırılmıştır. Bu şartlar altında; tüketilen toplam enerji hektara, şeker pancarında 38100 MJ, tarla fasulyesinde 21977 MJ ve kışlık buğday üretiminde ise 19267 MJ olarak tesbit edilmiştir. Tüketilen enerji toplamı içinde yağmurlama sulama sisteminin payı şeker pancarında 25304

MJ, tarla fasulyesinde 14364 MJ ve kışlık buğdayda 8430 MJ olduğu bildirilmektedir. Araştırmada Konya ovası ve benzer iklim özelliklerini taşıyan kurak ve yarı kurak bölgelerde sulamanın, tarımsal enerji üretimi için vazgeçilemez bir zorunluluk olduğu ve bitkisel üretimi sınırlandıran tek en önemli faktör olduğu vurgulanmaktadır. Bu tip bölgelerde bitkisel enerji üretim verimliliğinin artırılması için sulama enerji girdilerinin azaltılmasının gerekli olduğu, uygulamada Konya ovası koşullarında yağmurlama sulama yerine yüzey sulama yöntemlerinin uygulanması ile sulama için tüketilen enerjinin %78 kadarının tasarruf edilebileceği belirtilmektedir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1 Materyal

3.1.1 Araştırma Alanı Hakkında Genel Bilgiler

3.1.1.1. Konum ve İklim Özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü Çumra ovası, Konya İlinin güneyinde $37^{\circ} 35'$ kuzey enlemi ve $32^{\circ} 47'$ doğu boylamı arasında yer almaktadır. Denizden ortalama yüksekliği 1013 m'dir (Anonymous, 1982). Araştırma alanı, güneydoğusunda Karaman ili, batısında Akören, güneyinde Bozkır, kuzeyinde Konya İli ve Karapınar ile komşudur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Araştırma alanının Türkiye ve Konya'daki yeri

İç Anadolu bölgesi sınırları içerisinde yer alan araştırma alanı yazları kurak ve sıcak, kışları soğuk ve nispeten yağışlı bir iklime sahiptir. Araştırma alanına ait 32 yıllık uzun yıllar ortalamasına ilişkin meteorolojik veriler Çizelge 3.1’de verilmiştir. Çizelge 3.2’ye göre, yıllık ortalama sıcaklık 10.8 °C, en soğuk ay ortalaması -1.1°C ile Ocak., en sıcak ay ise ortalama 22.7°C ile Temmuz ayıdır. Yağışı en çok olan aylar Mayıs, Ekim ve Aralık aylarıdır. Yıllık ortalama nisbi nem %61.3, sulama periyodundaki nisbi nem %43.6 ile %57.1 arasında değişmektedir. Yıllık ortalama rüzgar hızı 2.2 m/sn, hakim rüzgarlar ise kuzey rüzgarlarıdır (Anonymous, 2004). Yıllık ortalama yağış miktarı 326.1 mm olup, bunun bitki gelişme dönemindeki miktarı 132 mm dir. Bu durumda yıllık toplam yağışın ancak %41’i bitki gelişme döneminde düşmektedir.

3.1.1.2. Toprak ve Su Kaynakları Potansiyeli

Araştırma alanı toprakları kalker ve marn kütlelerinden oluşmuş kireç kapsamı fazla killi topraklar olup, genellikle kahverengidir (Anonymous, 1961). Toprak bünyesi genellikle ağır olan sulama alanında orta, hafif ve çok hafif bünyeli topraklar da bulunmaktadır (Anonymous, 1992a). Konya-Çumra sulama alanının topraklarının %70’den fazlası killi bünyeye sahiptir. Araştırma alanı toprakları genellikle orta ve yüksek infiltrasyon hızına sahip topraklardır. İnfiltrasyon hızı 5-150 mm/h arasında değişim göstermektedir (Ertaş, 1979; Kara ve ark, 1990; Topak, 1996).

Brüt alanı 117644 hektar olan sulama alanının %86’sı sulanabilir 1. 2. ve 3. sınıf arazidir (Anonymous, 1978).

Çumra Ovasında yer altı ve yer üstü su kaynaklarından yararlanılmaktadır. Yerüstü su kaynağı Apa Barajıdır. Apa Barajının suyunu ise Beyşehir ve Suğla Gölleri ile Çarşamba çayı sağlamaktadır. Apa Barajının sulamada kullanılan yıllık ortalama su potansiyeli $335 \times 10^6 \text{ m}^3$ ’tür (Anonymous, 1991). Ayrıca proje alanında $323 \times 10^6 \text{ m}^3$ yer altı suyu potansiyeli bulunmaktadır (Anonymous, 1978).

Çizelge 3.1. Uzun Yıllar Ortalaması Olarak Araştırma Alanına İlişkin Meteorolojik Veriler (1971-2003)(Anonymous, 2004).

Meteorolojik Değerler	AYLAR												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ort. Sıcaklık (°C)	-1.1	0.4	5.0	10.6	15.3	19.5	22.7	21.8	17.4	11.9	5.4	0.6	10.8
Ort. Nisbi nem (%)	76.9	70.8	63.1	58.3	57.1	50.0	43.6	45.3	50.7	64.2	73.6	81.4	61.3
Yağış (mm)	32.2	22.9	28.0	38.4	45.5	26.6	7.0	6.1	8.4	36.8	33.1	41.2	326.1
Rüzgar hızı (m/sn)	2.0	2.5	2.7	2.7	2.2	2.3	2.6	2.3	1.8	1.7	2.0	2.1	2.2
Buharlaşma (mm)	0.0	0.0	0.0	11.6	151.6	190.6	236.4	220.6	152.4	81.2	0.0	0.0	1144.4

3.1.1.3. Tarımsal Yapı

Araştırma alanında yaygın olarak hububat tarımı yapılmaktadır. Günümüzde bitki desenine bakıldığında sulama alanının %90'lık bir bölümünde hububat, şeker pancarı, baklagil ve yembitkileri tarımı yapılmaktadır.

Araştırma alanında işletme adedi yaklaşık 23000, ortalama işletme büyüklüğü ise yaklaşık 80 dekar civarındadır (Tekeli ve Ergün, 1985). Çumra sulama şebekesi alanında parsel büyüklüğü genelde küçük olup sulama alanının %96'sında 50 dekardan daha küçüktür.

3.1.2 Bölgede Uygulanan Yağmurlama Sistemleri

Yağmurlama sistemlerinin başlıca 10 tipi ve her tipin de çeşitli versiyonları mevcuttur. Bu sistem tiplerini iki temel gruba sınıflandırmak mümkündür. Bunlar :

1. Geleneksel sistemler
2. Modern sulama sistemleri

Geleneksel yağmurlama sistemleri, sabit bir pozisyonda belirli bir sayıdaki yağmurlayıcılar ile işletilen sistemlerdir; sabit ya da periyodik olarak taşınabilecek şekilde planlanabilirler. Sabit sistemlerde sulama alanını kaplayacak şekilde yeterli boru ve başlığa ihtiyaç vardır. Sulama sezonu boyunca yerinde sabit kalır. Periyodik hareket eden yağmurlama sistemleri bir konumda tarlanın belirli bir bölümünü sulayacak sayıda lateral ve başlıktan oluşur. Tarlanın tümünün sulanabilmesi için lateral ve başlıklar bir konumdan başka bir konuma taşınır. Modern yağmurlama sulama sistemleri sulama esnasında sürekli şekilde doğrusal veya dairesel yörüngede hareket eden geniş alanları sulayabilen sistemlerdir. (Kara, 1983; Yazar ve ark, 1990; Keller ve Bliesner, 1990; Pereira, 1990).

Doğrusal veya dairesel hareketli yağmurlama sistemleri tek parçalı ve büyük yüzölçüme sahip parsellerde planlanabilmekte ve randımanlı bir şekilde işletilebilmektedir (Keller ve Bliesner, 1990; Pereira, 1990).

Türkiye genelde parçalı ve küçük yüzölçümlü parsellere sahip işletmelerden oluşmaktadır. Mevcut tarım işletmelerinin; %30.6'sının arazisi 20 dekardan küçük, %31.6'sının arazisi 20 ile 50 dekar arasında; %22'sinin arazisi ise 50 ile 100 dekar arasındadır. Türkiye'de ortalama işletme büyüklüğü yaklaşık 57 dekar, işletme başına ortalama parsel sayısı ise yaklaşık 6 ve ortalama parsel büyüklüğü 10 dekar civarındadır (Kara, 1980; Ataman, 2001). Bu durum, modern yağmurlama sistemlerinin Türkiye'deki işletmelerde kullanımına imkan vermemektedir. Parçalı ve küçük alanlı parsel yapısına sahip olan Türkiye'deki tarım işletmelerinde geleneksel elle taşınabilen yağmurlama sistemleri yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Günümüzde Türkiye'de bu tesislerin sayısı 185 bin civarındadır (Anonymous, 2002).

Türkiye genelinde olduğu gibi araştırma alanında da işletme parselleri genelde küçük olup, sulamaya açılmış alanlarda parsellerin %50'si 10 dekardan küçük, %38'i 10 ile 30 dekar arasında, %8.5'i ise 30 ile 50 dekar büyüklüğündeki yüzölçümlere sahiptir (Anonymous, 1992b). Bu duruma paralel olarak, Türkiye'nin genelinde olduğu gibi araştırma bölgesinde de geleneksel taşınabilen yağmurlama sistemleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kısmen de havuç üretiminde tüm unsurları sezon boyunca sabit olan yağmurlama sistemlerine rastlamak da mümkündür.

Araştırma bölgesinde hemen her çiftçinin yağmurlama sistemine sahip olduğu gözlenmiştir. Başta şeker pancarı, tarla fasulyesi, havuç, hububat ve bölgede tarımı yapılan bitkilerin hemen hemen tamamında yağmurlama sulama uygulanmaktadır. (Çiftçi ve ark, 1994; Topak, 1996) Bu durum bölgede yapılan ön incelemeler esnasında da gözlemlenmiştir. Araştırma alanında yağmurlama sulamanın öneminin anlaşılması bakımından Türkiye ve Konya genelinde mevcut yağmurlama tesislerinin sayısı (Anonymous, 2002), Çizelge 3.2'de verilmiştir. Araştırma alanı çiftçilerinin yağmurlama sulamayı tercih etme nedenlerini Topak (1996)'ın yapmış olduğu araştırmada; çiftçilerin %62'si sulamanın kolay, işçiliğin az olması ve toprağı sıkıştırmadığı için, %38'nin ise, verim artışı sağladığı için tercih ettiği bildirilmektedir.

Çizelge 3.2. Konya ve Türkiye’de Mevcut Yağmurlama Tesisi Sayıları
(Anonymous, 2002)

	Konya	Türkiye
Yağmurlama tesisi sayısı (adet)	23379	185570
Türkiye geneline oranı (%)	12,6	100

Araştırma alanında yapılan ön inceleme ve gözlemlere göre; bölgede uygulanan yağmurlama sistemlerinin su kaynağını derin kuyular ve sulama kanalları oluşturmaktadır. Kısmen de drenaj kanallarından su temin edilmektedir. Sistemlerin basınç ünitesi motopomplar, kuyruk mili – santrifüj pompa, kuyruk mili – düşey milli pompa, elektrik motoru – düşey milli pompa ve elektrik motoru – dalgıç pompa kombinasyonlarından oluşmaktadır. Sistemler genellikle plastik sistemli borulardan oluşmakta, ana hatlarda 110 mm’lik borular, lateral hatlarda 75 ve 90 mm’lik borular kullanılmaktadır. Motopompla işletilen yağmurlama sistemlerinde genelde tek lateral tertiplenirken diğer grup yağmurlama tesislerinde iki ve daha fazla lateral bulunmaktadır. Sistemlerde başlık aralığı ve lateral aralığı yaygın olarak 10 m şeklinde uygulanmaktadır. Kullanımı yaygın olan başlık meme çapları 4.5/4.8 ve 4.2/5.0 mm’dir. Sistemlerin başlık sayıları su kaynağı ve basınç ünitesine bağlı olarak 15 ile 80 arasında değişmektedir. Sistemlerin ortalama işletme basınç değerleri su kaynağı ve basınç ünitesine göre değişmekle birlikte genelde düşük olup 1.5 ile 2.0 atm arasındadır.

Topak (1996)’ın bölgede yapmış olduğu bir araştırmaya göre bölgede uygulanan yağmurlama sistemlerinin unsurlarına ilişkin veriler şu şekilde bildirilmektedir : Sistemlerin %90’ında su kaynağını yer altı suyu oluşturmakta, yer altı suyu %68.5 oranında keson kuyulardan temin edilmektedir. Sistemlerin %93’ünde basınç ünitesi motopomplardan oluşmakta, %7’si kuyruk mili – pompa kombinasyonundan oluşmaktadır. Yağmurlama sistemlerinin tamamı plastik borulardan oluşmaktadır. Sistemlerin %92’sinde 4.5/4.8 mm çapında başlıklar kullanılmaktadır. Sistemlerde planlanan lateral uzunluğu 35 ile 200 m arasında değişmektedir. Tesislerin %80’inde tek lateral planlanmakta başlık tertip aralığı 10 × 10 m şeklinde uygulanmaktadır. Ortalama işletme basıncı sistemlerin %72.6’sında 1.0 ile 2.0 atm arasındadır.

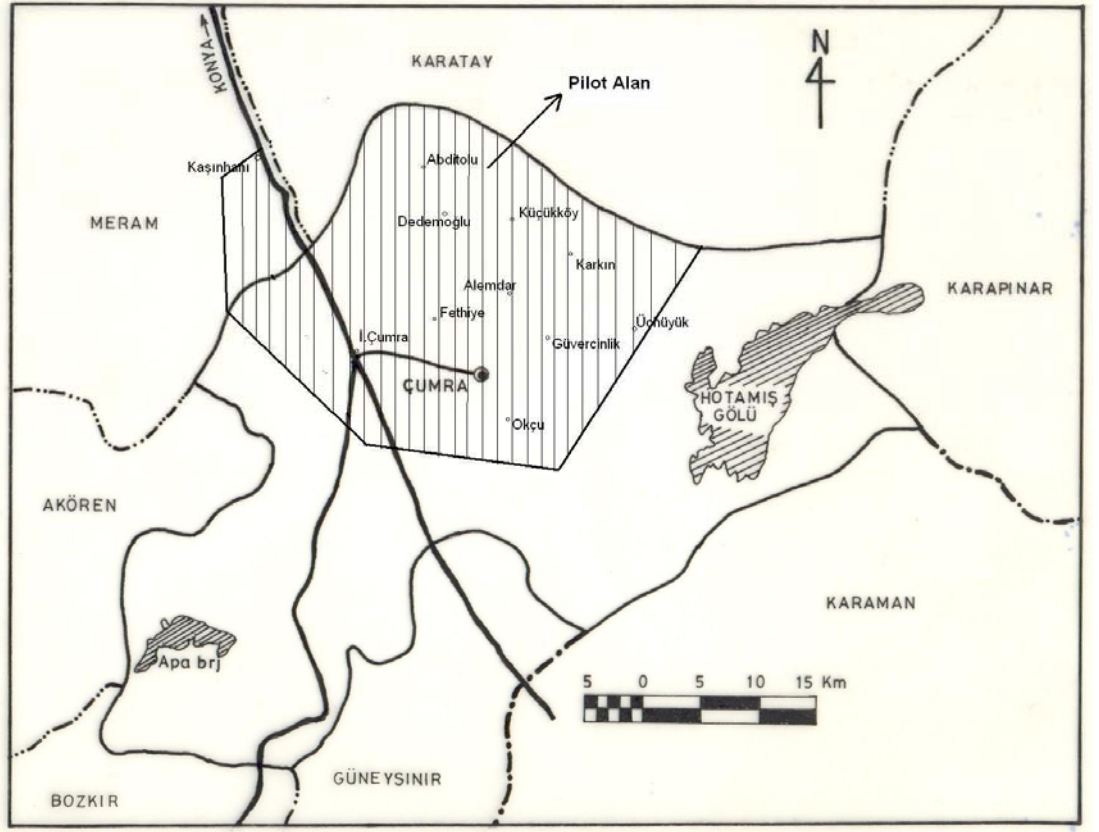
Bölgede uygulanan yağmurlama sistemlerinin unsurları, planlanması ve işletilmesi hususunda Topak (1996)'ın bildirdikleri ile bu araştırmada yapılan inceleme ve gözlem sonuçları karşılaştırıldığında aralarında bazı önemli farklılıklar olduğu açıkça anlaşılmaktadır. Özellikle yer altı sularının temininde motopompların yerini derin kuyulardan su temin eden basınç ünitelerinin aldığı anlaşılmaktadır. Bunun nedeni son 10 yıldır yer altı su seviyelerinin gittikçe düşmesidir. Su seviyelerinin düşmesinin en önemli sebebi bölgenin yeterince yağış almamış olmasıdır. Bunun dışında yer altı su seviyesinin azalmasının diğer bir sebebi de ihtiyaca cevap veremeyen yer üstü su kaynaklarının yerine daha çok yer altı suyunun kullanımına yönelmiş olmasıdır.

3.2 Metod

3.2.1 Pilot alanın seçilmesi

Araştırmanın çok değişik yerleşim yerinde ve çok geniş bir alanda yapılmasının zorluğu dikkate alınarak araştırma alanını temsil edebilecek tarzda bir pilot alan seçilmiştir. Bu pilot alanın seçiminde Topak (1996)'ın Çumra ovasında yapmış olduğu araştırmanın sonuçları dikkate alınmıştır. Bu araştırmada; Konya İlinde bulunan yağmurlama tesislerinin %72.7'sinin Çumra'da bulunduğu, şeker pancarı ekim alanlarının %70'den fazlasının yağmurlama yöntemi ile sulandığı ve Çumra ovasında pancar ekili alanların %70'den fazlasının ise Çumra (Merkez), İçeri Çumra, Alemdar, Karkın, Küçükköy, Güvercinlik, Okçu, Kaşınhanı, Üçhüyük, Dedemoğlu, Abditolu, Fethiye'de bulunduğu bildirilmektedir.

Bu nedenle adı geçen yerleşim birimlerinin tarım arazilerini kapsayan alan pilot saha olarak seçilmiştir. Pilot sahanın yeri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Araştırma Alanında Pilot Alanın Yeri

3.2.2 Örnek Yağmurlama Tesislerinin Seçimi

Çumra ovasında yağmurlama sulama yönteminin yaygın olarak kullanıldığı pilot sahada inceleme ve gözlemler yapılmıştır. Araştırma alanına ait bu sahada yapılan inceleme ve gözlemlere göre, “bölgede uygulanan yağmurlama tesisleri”, başlığı altındaki çiftçiler tarafından kullanılan yağmurlama tesislerinin teknik, planlama ve işletme özellikleri genel hatları ile tesbit edilmiştir. Yapılan tesbitlere göre; projenin temel amacı olan yağmurlama sulamada enerji kullanımına ilişkin araştırmanın yürütülmesi için örnek yağmurlama tesislerinin seçimi yapılmıştır. Araştırma alanında yapılan tespitlere göre; su kaynağı, pompaj ünitesi ve enerji kaynağı dikkate alındığı zaman 5 (beş) grup yağmurlama tesisi planlanmakta ve işletilmektedir. Örnek yağmurlama tesisleri bu beş grup dikkate alınarak seçilmiş ve her bir gruptan 11 – 16 adet olmak üzere toplam 69 adet yağmurlama tesisinde

araştırma yrtlmştir. Araştırmanın yürütüldüğü örnek yağmurlama sistemleri aşağıdaki gruplardan oluşmaktadır;

- I. grup : Sulama suyunu kanaldan motopomp ile temin eden yağmurlama sistemleri
- II. grup : Sulama suyunu kanaldan kuyruk mili tahrikli pompa ile temin eden yağmurlama sistemleri
- III. grup : Sulama suyunu kuyruk mili ile tahrik edilen düşey milli pompalar ile sağlayan yağmurlama tesisleri
- IV. grup : Sulama suyunu elektrik motoru ile tahrik edilen düşey milli pompa aracılığı ile alan yağmurlama tesisleri
- V. grup : Sulama suyunu dalęiç pompa birimi ile temin eden yağmurlama sulama sistemleri

3.2.3 Çalışmanın Yürütülmesi

rnek olarak seçilen yağmurlama tesislerinde; su kaynağı, kuvvet kaynağı, pompa derinliği, pompaj ünitesinin toplam ağırlığı, ana ve lateral boru çap ve uzunlukları, yağmurlama başlığı sayısı, lateral aralığı, lateral sayısı, başlık aralığı, başlık tipi, başlık meme çapı, ortalama başlık debisi, ortalama işletme basıncı, durakta sulama süresi, sezonluk sulama sayısına ilişkin veriler elde edilmiştir.

Araştırma alanında uygulanan yağmurlama sulama sistemlerinin özelliklerinden bazıları yağmurlama sistemi üzerinde yapılan inceleme ile, bazıları işletme sahibine sorulmak suretiyle, bazıları da ölçülerek, bazıları da ilgili firma kataloglarından elde edilmiştir.

Araştırma alanında örnek yağmurlama sistemlerinde, sulama suyu kaynağı ve su kaynağı derin kuyu olanlarda, pompanın derinliği işletmeciye sorularak kaydedilmiştir.

Pompa nitesinde ise; pompanın tipi, kuvvet kaynağının cinsi (motopomp, traktör, elektrik motoru), kuvvet kaynağının gücü ve modeli, pompaj ünitesinin toplam ağırlığı tespit edilmiştir. Pompaj nitesine ilişkin bu değerler ya ifiden veya katalog bilgilerinde elde edilmiştir.

Araştırma alanında incelenen 69 adet örnek yağmurlama sisteminin her birinin; boru hatları, ana hat uzunluğu, ana borunun cinsi ve çapı, standart ana boru uzunluğu, lateral hat uzunluğu, lateral boru cinsi ve çapı, lateral sayısı, lateral aralığı, lateral hat üzerindeki başlık sayısı, yağmurlama sisteminin toplam başlık sayısı, başlık aralığı gibi bilgiler çiftçiye sorularak, sistem üzerinde sayılarak veya ölçülerek; başlık meme çapları meme üzerindeki kayıttan ya da kumpasla ölçülerek belirlenmiştir.

Sistemin işletme basıncı bilinen metodlar dikkate alınarak gliserinli manometre ile başlık memesinden ölçülerek tespit edilmiştir. Sistemi temsil edecek ortalama işletme basıncının belirlenmesi için, önce lateral üzerinde ortalama işletme basıncının olduğu yer tespit edilmiştir. Bu yer lateralın başlangıcından itibaren lateral uzunluğunun yaklaşık %40 lık kısmında bir yerde seçilmiştir. Çünkü burada yaklaşık olarak ortalama işletme basıncı gerçekleşmektedir (Pereira, 1990; Tarjuelo ve ark. 1999). Ayrıca lateral hatta lateralın ilk ve sonundaki başlık basınçları ölçülmüştür.

Sistemin ortalama başlık debisi önceden hazırlanmış plastik hortumlu başlık, 20 litrelik su toplama kabı ve kronometre yardımı ile ölçülmüştür. Kap hacmi dolma süresine bölünerek başlığın debisi hesaplanmıştır. Ortalama başlık debisi toplam başlık sayısı ile çarpılarak yağmurlama sisteminin debisi hesaplanmıştır (Merriam ve Keller, 1978; Keller ve Bliesner, 1990).

Örnek yağmurlama sistemlerinde; durakta sulama süresi, lateral değiştirme süresi, günlük lateral durak sayısı ve sezonluk sulama sayısı işletmeci bilgilerinden derlenmiştir.

Yağmurlama sulamanın birim zamanda (1 saat) tükettiği direkt enerji, dizel motorlarda yakıt tankının dizel yakıtı ile tam doldurulması ve birim zaman sonunda tekrar tam doldurularak eksilen yakıtın hesaplanması yoluyla l/saat cinsinden, elektrik motorlu pompaj ünitelerinde ise, birim zamanda (1 saat) harcanan elektriğin elektrik panosundan okunması sureti ile kWh cinsinden belirlenmiştir.

3.2.4 Sulamada Enerji Kullanımının Hesaplanması

Yağmurlama sulama işleminde kullanılan enerji girdilerinin tümü dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Yağmurlama sulama işleminde kullanılan enerji girdileri, dizel yakıtı (yağlar dahil), elektrik, insan işgücü ve sistem ekipman girdilerinden oluşmaktadır. Bunlardan dizel yakıtı ve elektrik girdilerine direkt enerji, ekipman girdisine indirekt enerji girdisi ismi verilmektedir (Dalgaard ve ark, 2001; Hülsbergen ve ark, 2001; Mrini ve ark, 2001).

Yağmurlama sulamanın enerji kullanımı, birim alana (1 ha) megajoule (MJ) biriminden hesaplanmıştır. Yani, 1 ha'lık alanın sezon boyunca yağmurlama ile sulanması için kullanılan girdilerin toplam enerji eşdeğerleri megajoule biriminde ifade edilmiştir. Tarımda enerji kullanımına ilişkin olarak yapılan pek çok araştırmada tarımsal aktivitelerde kullanılan enerji miktarı birim alana (1 ha) megajoule (MJ) (MJ/ha) olarak hesaplanmıştır (Mittal ve Dhawan, 1989; Refsgaard ve ark., 1998; Ercoli ve ark., 1999; Dalgaard ve ark., 2001; Bailey ve ark., 2003; Singh ve ark., 2002; Tzilivakis ve ark., 2004; Kuesters ve Lammel, 1999; Hülsbergen ve ark., 2001; Mrini ve ark. 2001).

Ayrıca tarımsal sulamada enerji kullanımının değerlendirilmesine ilişkin hesaplamalarda birim alan (1 ha) üzerinden yapılmıştır. (Batty ve ark., 1975, Batty ve Keller, 1980, Larson ve Fergmeir, 1978; Malik ve Rao, 1982, Mittal ve Dhawan, 1989; Mrini ve ark., 2001).

Bu hususlar dikkate alınarak yağmurlama sulamada kullanılan enerji, her bir girdi ayrı ayrı dikkate alınarak aşağıda verilen eşitlikler yardımı ile hesaplanmıştır.

Dizel normunda kullanılan enerjinin hesaplanması;

$$E_D = N \times D_n \times D_e \quad (\text{MJ/ha - yıl})$$

E_D = Kullanılan dizel yakıtının enerji eşdeğeri (MJ/ha – yıl)

N = Birim alana (1 ha) sulama sayısı (adet/yıl)

D_n = Her sulamada birim alana tüketilen dizel yakıtı miktarı (litre/ha.adet)

D_e = Birim hacim dizel yakıtının megajoule biriminde enerji değeri (MJ/litre)

Tüketilen elektrik enerjisinin hesaplanması;

$$E_E = N \times E_n \times E_e \quad (\text{MJ/ha - yıl})$$

E_E = Kullanılan elektriğin enerji eşdeğeri (MJ/ha – yıl)

N = Birim alana (1 ha) sulama sayısı (adet/yıl)

E_n = Her sulamada birim alana tüketilen elektrik miktarı(kWh/ha.adet)

E_e = Bir birim elektriğin enerji değeri (MJ/kWh)

İşgücü enerjisinin hesaplanması;

$$E_I = N \times \dot{I} \times \dot{I}_e \quad (\text{MJ/ha - yıl})$$

E_I = Erkek insan işgücü enerjisi (MJ/ha – yıl)

N = Birim alana (1 ha) sulama sayısı (adet/yıl)

\dot{I} = Her sulamada birim alana erkek işgücü kullanım süresi (saat/ha.adet)

\dot{I}_e = Kullanılan erkek-iş gücünün birim zaman enerji eşdeğeri (MJ/saat)

Yağmurlama tesisi ekipman enerjisi hesabı;

$$E_s = \left(\frac{G \times n}{T_t} \right) \times T_y \quad (\text{MJ/ha - yıl})$$

E_s = Yağmurlama sistemi unsurlarının enerjisi (MJ/ha – yıl)

G = Ekipman ağırlığı (kg)

n = Ekipmanın bir biriminin üretim enerji değeri (MJ/kg)

T_t = Ekipmanın ekonomik kullanım ömrü (saat)

T_y = Ekipmanın birim alana yıllık kullanım süresi (saat/ha – yıl)

Yağmurlama sulamada dizel normunda enerji kullanımı, 1 saatte tüketilen litre cinsinden dizel miktarı, yağmurlama sisteminin durakta sulama süresi (h), 1 ha için gerekli durak sayısı ve yıllık sulama sayısı dikkate alınarak 1 ha'a litre biriminden

belirlenmiş (l/ha) ve dizel yakıtın 1 litresinin (l) enerji eşdeğeri (MJ/l) ile çarpılarak 1 ha'a yıllık dizel normunda enerji tüketimi ($MJ/ha-yıl$) hesaplanmıştır.

Elektropompaj ünitesine sahip yağmurlama sulama sistemlerinde enerji kullanımı; birim zamanda (1 saat) tüketilen kWh cinsinden elektrik miktarı, sistemin durakta sulama süresi (h), 1 ha'a gerekli olan durak sayısı ve yıllık sulama sayısı göz önünde bulundurularak 1 ha'lık alanın sulanması için yıllık tüketilen elektrik kWh olarak hesaplanmış ve megajoule'e dönüştürülmüştür.

Yağmurlama sistemlerinde laterallerin değiştirilmesi için ihtiyaç duyulan insan işgücünün enerji eşdeğerinin hesaplanması; 1 kişi tarafından 1 lateralın bir konumdan diğer konuma değiştirilmesi için geçen süre (h), 1 ha için gerekli lateral durak sayısı, sezonluk sulama sayısı ve 1 kişinin 1 saatte harcadığı enerji miktarı (MJ/h) dikkate alınarak yapılmıştır.

Yağmurlama sistemlerinde birim alana tekabül eden ekipman enerjisi (MJ/ha) ekipmanın bir biriminin üretim enerjisi (MJ/kg), ekipman ağırlığı (kg), ekipmanın ekonomik kullanım ömrü (h) ve sezonluk bir hektarlık alanın sulanması için gerekli çalışma süresi (h) göz önüne alınarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

Ayrıca daha da vurgulayıcı olması açısından yağmurlama sistemi ile 1 ha'a 1 mm sulama suyu uygulanması halinde tüketilen dizel ve elektriğin enerji eşdeğerleri ($MJ/ha \cdot mm$)'de hesaplanmıştır. Bunun için sulama sezonu boyunca toplam olarak ha'a tüketilen dizel veya elektriğin toplam enerji eşdeğeri 1 ha uygulanan mm cinsinden toplam sulama suyuna oranlanarak hesaplanmıştır.

Dizel yakıtı, elektrik, insan işgücü ve yağmurlama sistemi ekipmanlarının bir biriminin enerji eşdeğerleri literatürlerden elde edilerek Çizelge 3.3'de verilmiştir ve bu literatür değerlerin ortalaması alınarak elde edilen değer enerji tüketim hesaplamalarında kullanılmıştır.

Yağmurlama sistemlerinin ekipman enerjisi hesaplamasına esas teşkil eden "ekipman faydalı kullanım ömürleri" literatürden derlenerek elde edilmiştir. Bu değerler Traktör ve pompalar için 10 yıl (Keller ve Bliesner, 1990; Kuesters ve Lamel, 1999; Ercoli ve ark., 1999) üzerinden ortalama Türkiye şartları için 10 bin saat, borular için 15 yıl (Keller ve Bliesner, 1990) üzerinden Türkiye şartları için 10 bin saat olarak hesaba katılmıştır.

Çizelge 3.3. Araştırmada Kullanılan Enerji Katsayıları

Girdiler	Birimi	Enerji Eşdeğeri (MJ)	Referanslar
Dizel yakıtı	Litre (l)	56,31 37,0 35,9 45,8 47,7 39,6 41,0 Ort. = 43,33	Singh, 2002 Bailey ve ark, 2003 Dalgaard ve ark, 2001 Ercoli ve ark, 1999 Cervinka, 1980 Hulsbergen ve ark., 2001 Kuesters ve Lammel, 1999
Elektrik	kWh	11,93 12,70 12,70 Ort. = 12.44	Singh, 2002 Fluck, 1992 Bonnie, 1987
Erkek iş gücü	Saat (h)	1,96 1,87 Ort. = 1,91	Singh, 2002 Smil, 1983
Mekanik aksam (Traktör, Pompalar, elektrik, motorları dahil)	kg	108 75,36 Ort. = 91,68	Kalk ve Hulsbergen, 1996 Ercoli ve ark, 1999
Plastik ekipmanlar	kg	120	Pellizzi, 1992

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde çalışmanın yürütüldüğü yağmurlama tesislerinin unsurları, teknik ve planlama özellikleri ile işletme özellikleri ve yağmurlama sulamada enerji kullanımına ilişkin araştırma sonuçları verilmiş ve tartışılmıştır.

4.1 Yağmurlama Sistemlerinin Unsurları, Teknik Planlama ve İşletme Özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü toplam 69 adet yağmurlama sisteminin unsurları, planlama ve işletme tekniklerine ilişkin bilgiler çizelgeler halinde verilmiştir. Araştırma alanında, planlanan yağmurlama sulama sistemleri sulama suyunu sulama şebekesinden, yeraltı sularından ve bazı durumlarda da drenaj kanalı sularından temin etmektedirler. Bu nedenle araştırmaya konu olan yağmurlama tesisleri sulama suyu kaynağı dikkate alınarak iki grup altında analize tabi tutulmuştur.

Sulama kanalından su alan yağmurlama tesislerinin basınç kaynağı, yağmurlama sisteminin boru ve başlık ağırlıkları ve ana hatlarına ilişkin teknik bilgiler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1’den görüldüğü gibi araştırmanın yürütülmesi için 12 adet motopompa ve 11 adet de traktör kuyruk mili – santrifüj pompa kombinasyonuna sahip ve su kanalından su alan yağmurlama sistemi seçilmiştir. Motopomp ünitelerinin motor güçleri 9-17 BG arasında değişmektedir. Basınç ünitesinde kullanılan traktörlerin güçleri ise muhtelif olup 54-82 BG arasındadır. Motopomp ile işletilen yağmurlama tesislerinde 1 saatlik sulamanın yakıt tüketimi 1,2 ile 2,6 litre arasında, kuyruk mili ile tahrik edilen santrifüj pompalar aracılığı ile su temin edilen yağmurlama sistemlerinde ise traktörlerin yakıt tüketimi 4 – 5.8 litre arasında değişmektedir.

Sulama suyunu sulama kanalından motopomp ile alan yağmurlama sistemlerinde planlanan ana hat boru hat çapları genelde birbirine benzer olup 110 mm’dir. Bu sistemlerde genelde tek ana hat planlanmakta ve hat uzunluğu da şartlara göre değişmekte olup 20 – 250 m arasında değiştiği Çizelge 4.1’den görülmektedir. Yine Çizelge 4.1’den görüleceği gibi kuyruk mili ile tahrikli santrifüj pompa ile

işletilen sistemlerde ana hat çapı 110 mm olup, sistemlerin yarısında 2 ana hat planlanmış bulunmaktadır. Bu yağmurlama sistemlerinde bir ana hat uzunluğu değişken olup 40 – 210 m arasında değişmektedir

Çizelge 4.1. Sulama Kanalından Su Alan Yağmurlama Tesislerinin Basınç Ünitesi Sistem Ağırlığı ve Ana Hatları İle İlgili Teknik Bilgiler

Su Kaynağı	Basınç Birimi				Sistem Boru ve Başlık Ağırlığı (kg)	Ana Hat	
	Pompaj Ünitesi	Motor Gücü (BG)	Dizel Tüketimi (l/saat)	Ağırlık (kg)		Çapı (mm)	Uzunluğu (m)
Sulama Kanalı	Motopomp (12 adet)	17	2.6	175	388	90	60
		9	1.2	110	523	110	250
		16	2.05	170	604	110	200
		11.5	1.5	125	292	110	75
		13	2.1	160	366	110	40
		17	1.95	175	355	110	50
		13	1.6	160	157	90	30
		11.5	1.85	125	446	110	200
		13	2.5	160	346	110	20
		13	2	160	311	110	50
		17	2.3	175	449	110	80
		11.5	1.85	125	425	110	120
	Kuyruk Mili - S Pompa (11 adet)	54	4	2244	497	110	125
		65	5	3100	835	110	80+10
		65	4.5	3100	873	110	280
		70	5.5	2910	676	110	90+80
		74	5	3700	592	110	80+60
		65	5.8	2690	650	90	50
		64	4.75	2294	743	125	60
		76	5.6	3676	1124	110	100+100
		82	5.2	3870	869	125	210
70	5.2	2840	902	110	80+80		
74	4.8	2700	810	110	60+40		

Sulama kanalından motopomp vasıtası ile su alan yağmurlama sistemlerinin lateral hattına ve işletilmesine ilişkin teknik bilgiler Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge 4.2’den görüleceği üzere bu tip yağmurlama sistemlerinde planlanan lateral boru çapı genelde 75 mm, lateral sayısı genelde 1 ve kısmen de 2 adet, şeklinde planlanmaktadır. Lateral ve başlık aralığı hemen hepsinde 10 m alınmaktadır. Kullanılan başlıkların meme çapları 4.5/4.8 ve 4.2/5.0 mm dir. Sistemlerin başlık sayısı 14 ile 28 arasında, lateral başlık sayısı ise 7 ile 23 arasında değişim göstermektedir. Ayrıca bu yağmurlama sistemlerinin ortalama başlık basıncı 1.35 i le 2 .50 atm arasında bulunmuştur. Santrifüj pompalı sulama sistemlerinde

Çizelge 4.2. Sulama Kanalından Motopomp ile Su Alan Yağmurlama Sistemlerinin Lateral Hattına İlişkin Teknik ve İşletme Özellikleri

Lateral Hat											Mevsimlik Sulama sayısı (adet)	Sulanan Bitki
Çapı (mm)	Sayısı (adet)	Uzunluğu (m)	Aralığı (m)	Başlık aralığı (m)	Başlık çapı (mm)	Ort. başlık basıncı (atm)	Ort. Başlık Debisi (t/h)	Başlık sayısı (adet)	insan İşgücü (h/durak)	Sulama süresi (h)		
75	2	125+125	10	10	4.5/4.8	2.5	2.6	12+12	0.5	4	8	K. Fasulye
75	2	65+65	10	10	4.2/5.0	1.45	2.12	7+7	0.35	4	10	Ş. Pancarı
90	2	130+90	10	10	4.2/5.0	1.45	2.12	14+10	0.4	3	11	Ş. Pancarı
75	1	150	10	10	4.2/5.0	1.65	2.23	16	0.25	3	11	K. Fasulye
90	1	220	10	10	4.2/5.0	2.05	2.44	23	0.5	3	8	Ş. Pancarı
90	1	200	10	10	4.2/5.0	1.95	2.39	21	0.4	4	8	Ş. Pancarı
75	1	85	10	5	4.5/4.8	1.35	2.13	18	0.35	2.5	8	K. Fasulye
75	1	110	10	5	4.2/5.0	1.65	2.23	22	0.5	2	9	K. Fasulye
75	2	130+130	10	10	4.2/5.0	2	2.42	14+14	0.4	4	8	Ş. Pancarı
90	1	160	10	10-5	4.2/5.0	1.65	2.23	23	0.4	3.5	9	Ş. Pancarı
75	2	150+130	10	10	4.5/4.8	1.7	2.35	14+12	0.5	4	10	Ş. Pancarı
75	1	210	10	10	4.5/4.8	1.8	2.44	20	0.5	4	9	K. Fasulye

durakta sulama süresi 2 – 4 saat arasında uygulanmakta ve sezonda 8 – 11 adet sulama yapılmaktadır (Çizelge 4.2).

Kuyruk mili ile tahrik edilen santrifüj pompa aracılığı ile sulama kanalından su alan yağmurlama sistemlerinin lateral hattına ve işletilmesine ilişkin teknik bilgiler Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Kuyruk mili ile tahrik edilen santrifüj pompalar aracılığı ile sulama kanalından sulama yapan yağmurlama sistemlerinde planlanan lateral hatların; çapı genelde 90 mm, hat sayısı çoğunlukla 2 adet ve kısmen de 3 – 4 adet, başlık tertip deseni 10 x 10 m, ortalama çalışma basıncı 0.95 ile 2.85 atm, başlık sayısı 12 – 40 adet, durakta sulama süresi 2.5 – 5.5 saat ve sezonluk sulama sayısı 8 – 10 adet arasında bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Yeraltı su kaynaklarından su alan yağmurlama sistemlerinin basınç ünitesi ana boru hattı ve yağmurlama ekipman ağırlıkları ile ilgili teknik bilgiler Çizelge 4.4'te verildiği gibidir.

Araştırma alanında, yeraltı su kaynaklarından doğrudan su temin eden yağmurlama sistemlerinin basınç ünitesi üç farklı şekilde planlanabilmektedir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4'e göre, araştırmaya tabi tutulan yağmurlama sistemlerinin 16 adedinde basınç ünitesi kuyruk mili – milli pompa, 16 adedinde elektrik motoru – milli pompa ve 14 adetinde de elektrik motoru – dalgıç pompa, kombinasyonundan oluşmaktadır. Kuyruk mili ile tahrik edilen pompaların derinliği 18 – 28 m arasında, kullanılan traktörlerin güçleri 49 – 140 beygir arasında değişmektedir. Planlanan ana hatların çapı genelde 110 mm, ana hat sayısı ise 1 – 3 arasında olup geneli 2 ana hatta sahiptir. Elektrik motoru – milli pompa ünitesine sahip yağmurlama sistemlerinde, pompa derinliği 18 – 46 m arasında, motor güçleri ise sistemlerin genelinde 50 BG, planlanan ana çapı 110 mm ve ana hat sayısı ise genelde 2 adettir. Dalgıç pompalı yağmurlama sistemlerinde pompa derinliği 12 -40 m, motor güçleri ise 7.5 – 60 BG arasında planlanan ana hat çapı genelde 110 mm hat sayısı iki adet ve ana hat uzunluğu ise 20 – 370 m arasında bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Sulama Kanalından Kuyruk Mili Tahrikli Santrifüj Pompa Vasıtası ile Su Alan Yağmurlama Sistemlerinin Lateral Hattına İlişkin Teknik ve İşletme Özellikleri

Lateral Hat											Mevsimlik Sulama sayısı (adet)	Sulanan Bitki
Çapı (mm)	Sayısı (adet)	Uzunluğu (m)	Aralığı (m)	Başlık aralığı (m)	Başlık çapı (mm)	Ort. başlık basıncı (atm)	Ort. Başlık Debisi (t/h)	Başlık sayısı (adet)	insan İşgücü (h/durak)	Sulama süresi (h)		
90	1	195	10	5	4.2/5.0	1.3	2	40	0.3	2.5	9	Ş. Pancarı
90	2	250+250	10	10	4.2/5.0	2.1	2.47	26+26	1.25	4	10	Ş. Pancarı
90	2	165+165	10	10	4.2/5.0	0.95	1.67	17+17	0.75	5.5	11	Ş. Pancarı
90	2	150+150	10	10	4.2/5.0	2.85	2.95	17+17	0.6	4	9	Ş. Pancarı
75	2	160+160	10	10	4.5/4.8	1.85	2.46	17+17	0.5	5	9	Ş. Pancarı
90	2	190+175	10	5	4.2/5.0	1.5	2.16	39+37	1.5	3	8	Ş. Pancarı
75	2	280+260	10	10	4.2/5.0	1.6	2.21	27+25	1	4	10	K. Fasulye
90	4	150+150+150+150	10	10	4.2/5.0	1.75	2.27	14*4	1.25	4.5	10	Ş. Pancarı
75	3	180+130+130	10	10	4.2/5.0	1.9	2.37	17+12+12	1	4	9	K. Fasulye
90	2	240+240	10	10	4.5/4.8	1.75	2.36	23+23	1	4	10	Ş. Pancarı
75	4	150+150+130+130	10	10	4.2/5.0	1.6	2.21	14+14+12+12	1.5	4.5	10	Ş. Pancarı

Çizelge 4.4. Yeraltı Suyundan Su Alan Yağmurlama Sistemlerinin Basınç Ünitesi, Sistem Ekipman Ağırlığı ve Ana Hatları İle İlgili Teknik Bilgiler

Su Kaynağı	Basınç Birimi					Sistem Boru ve Başlık Ağırlığı (kg)	Ana Hat	
	Pompaj Ünitesi	Pompa derinliği (m)	Motor Gücü (BG)	Dizel / Elektrik Tüketimi (l/saat) (kWh/h)	Ağırlık (kg)		Çapı (mm)	Uzunluğu (m)
Yer altı Suyu	Kuyruk Mili - Düşey Mili Pompa (16 adet)	20	76	5.5	3736	396	75	100+100
		20	65	6.8	3300	496	90	100+80
		20	60	5.8	2760	634	110	50+50
		20	78	6	2820	822	110	50+50
		20	76	6.75	3736	206	110	70+55+45
		26	74	6.8	3760	692	110	20+10
		26	74	5.4	2760	489	110	40+40
		22	76	7.3	3736	1040	110	70+70+60
		20	70	5.6	2900	488	110	50+40+10
		24	76	7.2	3736	555	110	50+30
		18	140	10.5	1380	616	110	70+18
		18	130	12	1330	1076	110	150+120
		24	130	13	1330	1827	125	200+180
		20	64	5.6	2354	926	110	144+42
		28	90	8.5	8160	855	110	15+15+5
		24	49	5.6	2486	509	110	80
	Elektrik Motoru - Düşey Mili Pompa (16 adet)	30	50	32.16	350	786	110	120+35
		35	50	31.7	350	839	110	110+10
		46	50	31.38	350	638	110	130
		30	50	31.8	350	936	125	120+20
		30	60	44.16	350	1382	110	250+250
		40	50	41.53	350	1100	110	100+70
		24	60	25.8	350	493	110	80
		25	50	3.656	350	930	110	220+20
		30	60	24.82	350	642	110	30+30
		18	50	37.2	350	755	110	75+75
		18	50	32.6	350	735	110	25+25
		28	60	49.81	350	1913	125	750
		35	60	36.72	350	1029	110	140+140
		25	50	34.2	350	978	110	150+120
		25	50	36.24	350	821	125	115+30
		30	75	48.2	350	1254	110	120+120

Çizelge 4.4'den devam

Su Kaynağı	Basınç Birimi					Sistem Boru ve Başlık Ağırlığı (kg)	Ana Hat	
	Pompaj Ünitesi	Pompa derinliği (m)	Motor Gücü (BG)	Dizel / Elektrik Tüketimi (l/saat) (kWh/h)	Ağırlık (kg)		Çapı (mm)	Uzunluğu (m)
Yer altı Suyu	Elektrik Motoru - Dalgıç Pompa (14 adet)	20	50	38.8	115	1030	110	75+55
		20	20	15.55	66	442	110	100
		20	50	48.3	115	820	110	35+35
		24	50	46.7	115	1593	110	370+180
		24	50	40.2	115	947	110	110+110
		30	40	34.61	100	628	110	20+10
		40	50	44.2	115	1028	125	65+20
		40	60	52.2	159	1377	125	325+100
		35	50	52	115	818	110	80+80
		50	30	25.2	79	803	110	250
		12	12.5	6.5	53	332	75	160
		30	60	55.43	159	1483	125	150+120+60
		30	60	53.64	159	1422	125	140+140
		20	7.5	9.2	28	263	90	36

Yeraltı suyundan su alan yağmurlama tesislerinin lateral hattına ve işletilmesine ilişkin teknik bilgiler Çizelge 4.5, 4.6 ve 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.5'den görüleceği üzere, sulama suyunu yeraltı suyundan kuyruk mili ile tahrikli milli pompa vasıtası ile temin eden yağmurlama sistemlerinde planlanan lateral hatların; çapı 75 ve 90 mm, sayısı 2 – 5 adet, uzunluğu 100 – 270 m arasında, tertiplenme aralığı genelinde 10 m başlık aralığı 10 m olarak belirlenmiştir. Yağmurlama sistemlerinin ortalama işletme basıncı 1.0 – 2.1 atm. Arasında ölçülmüştür. Sistem başlık sayıları ise 28 – 90 adet arasında, lateral sulama süreleri 2.5 – 5.0 saat arasında ve sezonluk sulama sayısının da havuçta 20, şeker pancarı ve kuru fasulye tarımında ise 7 – 12 adet uygulandığı belirlenmiştir.

Basınç ünitesini elektrik motoru – milli pompanın oluşturduğu yağmurlama sistemlerinde tertiplenen lateral hatların; çapı 75 ve 90 mm, sayısı 2 – 4 adet, uzunluğu 90 – 300 m arasında, tertiplenme aralığı ve başlık aralığı 10 m olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.5. Yeraltı Suyundan Kuyruk Mili – Milli Pompa Vasıtası ile Su Alan Yağmurlama Sistemlerinin Lateral Hattına İlişkin Teknik ve İşletme Özellikleri

Lateral Hat											Mevsimlik Sulama sayısı (adet)	Sulanan Bitki
Çapı (mm)	Sayısı (adet)	Uzunluğu (m)	Aralığı (m)	Başlık aralığı (m)	Başlık çapı (mm)	Ort. başlık basıncı (atm)	Ort. Başlık Debisi (t/h)	Başlık sayısı (adet)	İnsan İşgücü (h/durak)	Sulama süresi (h)		
75	2	80+60	10	5	4.5/4.8	1.3	2.12	16+12	0.5	3	8	Ş. Pancarı
75	2	100+100	10	5	4.2/5.0	1.4	2.09	20+20	0.5	3.5	7	Ş. Pancarı
75	3	130+130+130	10	10	4.2/5.0	1.25	1.93	17+16+16	0.75	5	10	Ş. Pancarı
90	2	270+210	10	10	4.2/5.0	1.25	1.93	27+23	0.5	5	10	Ş. Pancarı
75	3	180+140+140	10	10	4.5/4.8	1.65	2.29	19+15+15	1.15	3.5	9	Ş. Pancarı
90	2	230+230	10	10	4.2/5.0	1.2	1.89	24+24	1	4	9	Ş. Pancarı
90	2	115+115	10	5	4.2/5.0	1.45	2.12	24+24	0.65	2	8	Ş. Pancarı
90	3	190+170+170	10	10	4.2/5.0	1.5	2.16	20+18+18	0.5	3	10	Ş. Pancarı
75	3	140+130+110	10	10	4.2/5.0	1.7	2.25	15+14+12	0.6	4	7	K. Fasulye
75	3	140+110+110	10	10	4.2/5.0	1.85	2.35	15+12+12	0.8	3	9	K. Fasulye
75	4	100+100+100+ 100	12	10	4.5/4.8	1.7	2.35	11*4	sabit	5	21	Havuç
75	5	130+130+130+ 120+150	12	10	4.5/4.8	1.75	2.38	14*3+13+6	sabit	5	20	Havuç
90	5	260+260+110+ 110+110	12	10	4.2/5.0	1.15	1.84	27*2+12*3	2.5	5	19	Havuç
75	4	165+165+110+ 110	12	10	4.5/4.8	1	1.71	16*2+10*2	1	5	12	Ş. Pancarı
90	3	190+190+190	10	10	4.2/5.0	2.1	2.47	20*3	1	5	11	Ş. Pancarı
90	2	130+130	10	10-5	4.2/5.0	1.6	2.21	20+20	0.75	2.5	10	K. Fasulye

Çizelge 4.6. Yeraltı Suyundan Elektrik Motoru – Milli Pompa Vasıtası ile Su Alan Yağmurlama Sistemlerinin Lateral Hattına İlişkin Teknik ve İşletme Özellikleri

Lateral Hat											Mevsimlik Sulama sayısı (adet)	Sulanan Bitki
Çapı (mm)	Sayısı (adet)	Uzunluğu (m)	Aralığı (m)	Başlık aralığı (m)	Başlık çapı (mm)	Ort. başlık basıncı (atm)	Ort. Başlık Debisi (t/h)	Başlık sayısı (adet)	İnsan İşgücü (h/durak)	Sulama süresi (h)		
75	4	120+120+110+110	10	10	4.2/5.0	1.55	2.19	13*2+12*2	1	4	10	K. Fasulye
90	3	240+200+30	10	10	4.2/5.0	1.5	2.16	25+21+4	1.2	3.5	9	K. Fasulye
75	2	190+180	10	10	4.2/5.0	1.3	2	20+19	1	4	9	Ş. Pancarı
90	3	220+160+120	10	10	4.2/5.0	1.45	2.12	23+17+13	1.5	4	7	K. Fasulye
75	4	150+150+150+90	10	10	4.2/5.0	1.5	2.16	16*3+8	1	3.5	9	K. Fasulye
90	6	100+100+100+100+100+100	10	10	4.2/5.0	1.3	2	11*6	sabit	4	9	K. Fasulye
75	2	160+150	10	10	4.2/5.0	1.95	2.39	17+16	0.5	3	10	K. Fasulye
75	4	150+110+110+110	10	10	4.2/5.0	1.3	2	17+11*3	1.2	5	9	Ş. Pancarı
90	4	120+90+90+90	10	10	4.2/5.0	1.1	1.8	13+10*3	sabit	4	8	K. Fasulye
75	4	110+110+110+110	10	10	4.2/5.0	2.35	2.63	12*4	1	4	8	K. Fasulye
90	2	300+170	10	10	4.2/5.0	2.25	2.56	31+18	1.5	4	9	K. Fasulye
90	2	240+240	10	10	4.2/5.0	1.35	2.06	25+25	1	5	8	Ş. Pancarı
75	4	150+120+120+120	10	10	4.2/5.0	1	1.71	16+13*3	1	4	8	K. Fasulye
75	4	120+120+120+120	10	10	4.2/5.0	1.85	2.5	13*4	1.1	5	9	K. Fasulye
75	3	160+160+160	10	10	4.5/4.8	1.8	2.44	17*3	1	5	10	Ş. Pancarı
75	4	192+192+192+192	12	12	4.5/4.8	1.5	2.27	17*4	2	4.5	20	Havuç

Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi bu sistemlerde ölçülen ortalama işletme basınç değerleri 1.0 – 2.35 atm. arasında, başlık sayısı 39 – 68 arasında, durakta sulama süresi 3.5 – 5.0 saat ve sezonluk sulama sayısının ise 8 – 10 adet arasında olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.7'de ise dalgıç pompalı yağmurlama sistemlerinde planlanan lateraller ile işletme bilgileri verilmektedir. Bu çizelgeye göre planlanan laterallerin; çapı 75 ve 90 mm, hat sayısı 1 – 4 adet, hat uzunluğu 70 – 340 m arasında değişim gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu sistemlerde başlık tertip aralığı 10 x 10 m şeklinde uygulanmaktadır. Sistemlerde ortalama işletme basıncının 1.05 – 3.40 atm. arasında değiştiği belirlenmiştir. Sistemlerde planlanan başlık sayıları ise 16 – 73 adet arasında, durakta sulama süresi 3 – 6 saat arasında değişmekte olup, sezonluk sulama sayısı ise havuç haricinde 8 – 12 adet olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Yeraltı Suyundan Dalgıç Pompa ı ile Su Alan Yağmurlama Sistemlerinin Lateral Hattına İlişkin Teknik ve İşletme Özellikleri

Lateral Hat											Mevsimlik Sulama sayısı (adet)	Sulanan Bitki
Çapı (mm)	Sayısı (adet)	Uzunluğu (m)	Aralığı (m)	Başlık aralığı (m)	Başlık çapı (mm)	Ort. başlık basıncı (atm)	Ort. Başlık Debisi (t/h)	Başlık sayısı (adet)	İnsan İşgücü (h/durak)	Sulama süresi (h)		
90	4	200+200+100+100	10	10	4.2/5.0	1.2	1.89	20*2+10*2	1.5	4	9	Ş. Pancarı
90	1	210	10	10	4.2/5.0	2.2	2.52	22	0.5	5	8	Ş. Pancarı
90	2	340+170	10	10	4.2/5.0	3.4	3.13	35+18	1	4	9	Ş. Pancarı
90	3	240+210+110	10	10	4.2/5.0	2	2.42	12+22+25	2	5	12	Ş. Pancarı
90	2	210+235	10	10	4.2/5.0	2.5	2.77	22+24	1.5	5	12	Ş. Pancarı
75	4	120+120+120+120	10	10	4.2/5.0	2.5	2.77	13*4	1	3	9	Ş. Pancarı
90	3	210+210+210	10	10	4.2/5.0	1.9	2.36	22*3	1.35	5.5	10	Ş. Pancarı
90	2	240+240+240+240	10	10	4.2/5.0	1.4	2.09	25*2	1	5	10	Ş. Pancarı
75	4	120+120+120+120	10	10	4.2/5.0	2.3	2.59	13*4	1.2	4	8	K. Fasulye
75	3	120+120+120	10	10	4.2/5.0	1.05	1.74	13*3	0.6	4	9	Ş. Pancarı
75	2	70+70	10	10	4.5/4.8	1.25	2	8+8	0.25	4	11	Ş. Pancarı
75	7	180+108+108+108+108+108+72	12	12	4.5/4.8	2.5	2.64	16+10*5+7	sabit	6	19	Havuç
75	4	204+204+204+204	12	12	4.5/4.8	2.25	2.57	18*4	sabit	4.5	20	Havuç
75	2	90+90	10	10	4.2/5.0	1.75	2.27	10*2	0.35	4	8	Ş. Pancarı

4.2 Yağmurlama Sulamada Enerji Kullanımı

Yağmurlama sulama sistemleri ile sulama işleminde çeşitli normlarda enerji kaynakları kullanılmaktadır. Kullanılan girdilerin en büyük kısmını basınç ünitesinde kullanılan dizel ya da elektrik enerjisi oluşturmaktadır.

Yağmurlama sulamada tüketilen enerji; su kaynağı, sistemlerin basınç ünitesinde kullanılan motor-pompa kombinasyonları dikkate alınarak, yağmurlama sistemlerinin işletilmesinde kullanılan dizel, elektrik, işgücü ve ekipman girdilerinin enerji eşdeğerleri birim alan (1 ha) için ayrı ayrı hesaplanmış ve Çizelge 4.8 ve 4.9 da verilmiştir.

Çizelge 4.1 ve 4.4'deki sıralamaya bağlı kalınarak hazırlanan Çizelge 4.8 ve 4.9'dan görüldüğü gibi, araştırma alanında uygulanan ve beş farklı gruba sınıflandırılan yağmurlama tesislerinin enerji tüketimleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Enerji kullanımları; dizel ve elektrik normunda enerji kullanımı, sistem ekipman enerji girdisi ve işgücü enerjisi başlıkları halinde değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.8'den görüldüğü gibi sulama suyunu motopomp vasıtası ile sulama kanalından temin eden toplam 12 adet yağmurlama tesisinde birim alana yıllık çalışma süresi 123.1 saat ile 307.7 saat arasında değişmektedir. Dizel normunda yakıt tüketimi 229 ile 393.8 litre arasında bulunmuştur. Bu gruptaki yağmurlama sistemleri ile dizel yakıtı eşdeğeri olarak tüketilen enerji miktarı sırasıyla, kuru fasulye tarımında 13116-16314 MJ/ha-yıl (ort:14537 MJ/ha-yıl, Çizelgede gösterilmedi), şekerpancarı üretiminde ise 9923 ile 17063 MJ/ha-yıl (ort: 14142 MJ/ha-yıl; Çizelgede verilmedi) arasında hesaplanmıştır. Bu gurubun dizel eşdeğeri olarak enerji tüketimi ortalaması ha'a 14107 MJ/ha-yıl olarak belirlenmiştir. Bu gruba dahil olan yağmurlama sistemlerinde, suyun pompalanması ve tarlaya uygulanması için (gereksinim duyulan enerji) 16.0 ile 18.2 MJ/ha mm arasında dizel eşdeğeri enerjiye ihtiyaç duyulmuştur ve grup ortalaması 17.0 MJ/ha mm dir. Bu gruptaki sistemlerin ekipman üretim enerjisi 246.2 MJ/ha-yıl ile 2241.4 MJ/ha-yıl arasında değişmiş olup ortalama 923 MJ/ha-yıl olarak hesaplanmıştır. Sulama sırasında laterallerin konumlarının değiştirilmesi için kullanılan erkek insan işgücü enerjisi kullanımı 16 MJ/ha-yıl ile 40.9 MJ/ha-yıl arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Sulama Kanalıdan Su Alan Yağmurlama Sistemlerinde Enerji Kullanımına İlişkin Sonuçlar

Su Kaynağı	Pompaj Ünitesi	Çalışma Süresi (h/ha-yıl)	Dizel Yakıt Tüketimi (l/ha-yıl)	Direkt Enerji		İndirekt Enerji Ekipman Enerjisi (MJ/ha-yıl)	İnsan İşgücü Enerjisi		
				(MJ/ha-yıl)	(MJ/ha.mm)		(h/durak)	(h/ha - yıl)	Enerji Tüketimi (MJ/ha-yıl)
Sulama Kanalı	Motopomp (12 adet)	128	332.8	14420	18.1	801.33	0.50	16	30.56
		307.7	369.2	15997	17.5	2241.43	0.35	26.9	51.379
		150	307.5	13324	17.5	1320.98	0.40	20	38.2
		220	330	14299	18.2	1023.00	0.25	18.33	35.0103
		109	229	9923	16.2	246.22	0.50	18.18	34.7238
		160	312	13519	16.8	938.30	0.40	16	30.56
		235.3	376.5	16314	18.1	788.46	0.35	32.9	62.839
		163.6	302.7	13116	16.3	1063.07	0.50	40.9	78.119
		123.1	307.7	13333	16.0	691.68	0.40	29.1	55.581
		196.9	393.8	17063	16.9	1023.66	0.40	22.5	42.975
		142.8	328.6	14238	16.3	484.43	0.50	17.8	33.998
		171.42	317.1	13740	16.4	453.58	0.50	21.4	40.874
	Ort.	175.7	325.6	14107.2	17.0	923.0	0.4	23.3	44.6
	Kuyruk Mili - S Pompa (11 Adet)	115.4	461.5	19997	21.7	3062.37	0.30	13.8	26.358
		80	400	17332	16.9	3075.26	1.25	25	47.75
		183.3	825	35747	34.3	7129.78	0.75	25	47.75
		120	660	28598	23.8	4174.91	0.60	18	34.38
		140.6	703	30461	25.9	5768.20	0.50	14.1	26.931
		65.8	381.6	16535	15.3	2135.99	1.50	32.8	62.648
		74.1	351.8	15243	17.9	2219.10	1.00	18.5	35.335
		75	420	18199	19.1	3539.22	1.25	20.8	39.728
		81.8	425.4	18433	23.2	3755.29	1.00	20.5	39.155
		83.3	433.3	18775	20.8	3070.53	1.00	20.8	39.728
80.4		385.8	16717	18.1	2771.68	1.50	26.8	51.188	
Ort.	100.0	495.2	21457.8	21.5	3700.2	1.0	21.5	41.0	

Sulama suyunu traktör kuyruk mili ile tahrik edilen pompa vasıtası ile alan yağmurlama tesislerinden 11 adedinde yürütülen çalışmanın Çizelge 4.8’de verilen sonuçlarına göre; sistemlerin yıllık çalışma süreleri sulama kapasitelerine göre farklı olup, 65.8 saat/ha ile 183.3 saat/ha arasında değişmektedir. Bu sistemler ile yapılan sulamada dizel normunda tüketilen enerji değeri 15243 MJ/ha-yıl ile 35747MJ/ha-yıl arasında değişim göstermiş olup, ortalama tüketilen enerji 21458 MJ/ha-yıl olarak hesaplanmıştır.

Kuvvet kaynağını değişik tip ve değişik motor gücüne sahip traktörlerin oluşturduğu bu yağmurlama sistemleri ile verilen sulamada enerji gereksinimi dizel yakıtı eşdeğeri olarak 15.3 MJ/ha.mm – 34.3 MJ/ha mm arasında hesaplanmış olup, ortalama değer olarak ise 21.5 MJ/ha mm hesaplanmıştır. Ekipman üretim enerjisi kullanım düzeyi yağmurlama sistemleri arasında farklılık göstermiş olup, 2135 MJ/ha-yıl ile 7129 MJ/ha-yıl arasında hesaplanmıştır. Bu grubun ortalaması yıllık ha’a 3700 MJ olarak gerçekleşmiştir. Kullanılan işgücü enerjisi ise ortalama olarak 41.0 MJ/ha-yıl olarak tespit edilmiştir.

Yeraltı suyundan su alan yağmurlama sulama sistemlerinin işletilmesinde değişik normlardaki enerji tüketim değerleri Çizelge 4.9’ta verilmiştir.

Araştırma alanında yer altı sularından traktör kuyruk mili ile tahrik edilen düşey milli derin kuyu pompaları ile birlikte planlanan yağmurlama sistemlerinde yıllık çalışma süresi 56.6 ile 218.7 saat/ha arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.9). Bu gruptaki yağmurlama sistemlerinin işletilmesi için kullanılan değişik tip ve motor güçlerindeki traktörlerin tükettiği dizel yakıtı tarımı yapılan bitkiye göre 412.6 litre/ha-yıl ile 2246 litre/ha-yıl arasında değişmiştir. Dizel normunda sulamada tüketilen enerji miktarı yetiştirilen bitkiler arasında farklılık göstermiş olup havuç üretiminde belirgin bir farklılaşma olduğu Çizelge 4.2’den görülmektedir. Dizel normunda enerji tüketimi; havuç üretiminde 77374 – 99486 MJ/ha-yıl arasında, şekerpancarı ve kuru fasulye tarımında ise 16275 ile 52464 MJ/ha-yıl arasında değiştiği hesaplanmıştır. Bu tip yağmurlama sistemleri ile ha’a 1 mm sulama suyu uygulamak için ortalama 30.6 MJ eşdeğerinde dizel yakıtı tüketilmektedir (Çizelge 4.9). Bu grupta ayrıca yıllık ha’a ortalama 3873.5 MJ değerinde ekipman enerjisi kullanılmaktadır. Kullanılan işgücünün enerji eşdeğeri ise ortalama 40.1 MJ/ha-yıl olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Yeraltı Suyundan Su Alan Yağmurlama Sistemlerinde Enerji Kullanımına İlişkin Sonuçlar

Su Kaynağı	Pompaj Ünitesi	Pompa derinliği (m)	Çalışma Süresi (h/ha-yıl)	Dizel Yakıt Tüketimi (l/ha-yıl)	Direkt Enerji		İndrekt Enerji	İnsan İşgücü Enerjisi		
					(MJ/ha-yıl)	(MJ/ha.mm)	Ekipman Enerjisi (MJ/ha-yıl)	(h/durak)	(h/ha - yıl)	Enerji Tüketimi (MJ/ha-yıl)
Yer altı Suyu	Kuyruk Mili - Düşey Mili Pompa (16 adet)	20	171.4	942.8	40852	40.2	6068.19	0.50	28.6	54.626
		20	122.5	833	36094	35.2	4435.28	0.50	17.5	33.425
		20	128.2	743.6	32220	26.6	4219.28	0.75	19.2	36.672
		20	104.2	625	27081	26.9	3721.79	0.50	10.4	19.864
		20	68.5	462	20018	26.0	3008.77	1.15	22.5	42.975
		26	78.3	532	23052	32.5	3349.34	1.00	19.6	37.436
		26	69.6	375.6	16275	23.0	2169.55	0.65	22.6	43.166
		22	56.6	413.2	17904	26.2	2645.01	0.50	9.4	17.954
		20	73.7	412.6	17878	26.3	2391.06	0.60	11.1	21.201
		24	75	536	23225	33.8	3068.37	0.80	20	38.2
		18	218.7	2296	99486	44.0	4383.59	sabit	sabit	
		18	148.8	1785.7	77374	35.8	3735.69	sabit	sabit	
		24	93.1	1210.8	52464	34.0	3176.33	2.50	46.6	89.006
		20	90.9	509.1	22059	27.3	2971.84	1.00	18.2	34.762
		28	115.8	984.2	42645	24.8	9851.21	1.00	19.3	36.863
		24	96.2	538.5	23333	27.4	2780.15	0.75	28.8	55.008
		Ort.		21.9	107.0	825.0	35747.5	30.6	3873.5	0.9

Çizelge 4.9'dan devam

Su Kaynağı	Pompaj Ünitesi	Pompa derinliği (m)	Çalışma Süresi (h/ha-yıl)	Elektrik Tüketimi (kWh/ha-yıl)	Direkt Enerji		İndirekt Enerji	İnsan İşgücü Enerjisi		
					(MJ/ha-yıl)	(MJ/ha.mm)		Ekipman Enerjisi (MJ/ha-yıl)	(h/durak)	(h/ha - yıl)
Yer altı Suyu	Elektrik Motoru - Düşey Millî Pompa (16 adet)	30	86.9	2796.5	34425	36.2	1098.49	1.00	21.73	41.5043
		35	67	2124.6	26154	36.1	889.55	1.20	22.9	43.739
		46	97.3	3053.2	37585	49.5	1057.15	1.00	24.3	46.413
		30	56	1780.8	21922	34.8	808.68	1.50	21	40.11
		30	58.3	2575.9	31709	45.0	1153.92	1.00	16.7	31.897
		40	60	2491.8	30674	38.7	984.53	sabit	sabit	
		24	96.8	2496.8	30736	40.3	883.28	0.50	16.1	30.751
		25	93.8	3427.5	42193	45.0	1347.79	1.20	22.5	42.975
		30	82.1	2036.5	25069	39.5	895.94	sabit	sabit	
		18	72.7	2705.5	33305	36.3	891.94	1.00	18.2	34.762
		18	76.6	2497	30738	32.0	921.41	1.50	28.7	54.817
		28	83.3	4150.8	51096	59.6	2179.53	1.00	16.6	31.706
		35	62.7	2304	28362	48.1	975.41	1.00	15.7	29.987
		25	93.7	3206.3	39470	32.4	1400.33	1.10	20.6	39.346
		25	104.2	3775	46470	35.8	1360.94	1.00	20.8	39.728
		30	97.6	4707	57943	38.5	1781.86	2.00	43.4	82.894
Ort.		29.31	80.56	2883.08	35490.65	40.48	1164.42	1.14	22.09	42.19

Çizelge 4.9'dan devam

Su Kaynağı	Pompaj Ünitesi	Pompa derinliği (m)	Çalışma Süresi (h/ha-yıl)	Elektrik Tüketimi (kWh/ha-yıl)	Direkt Enerji		İndirekt Enerji	İnsan İşgücü Enerjisi		
					(MJ/ha-yıl)	(MJ/ha.mm)		Ekipman Enerjisi (MJ/ha-yıl)	(h/durak)	(h/ha - yıl)
Yer altı Suyu	Elektrik Motoru - Dalgıç Pompa (14 adet)	20	60	2328	28658	42.1	804.86	1.50	22.5	42.975
		20	190.5	2961.9	36461	34.5	1125.68	0.50	19	36.29
		20	70.6	3409.4	41970	35.8	769.14	1.00	17.6	33.616
		24	107.1	5003.6	61594	40.3	2160.24	2.00	42.8	81.748
		24	134.8	5420.2	66723	38.8	1673.99	1.50	40.5	77.355
		30	56.2	1946.8	23965	29.6	475.05	1.00	18.8	35.908
		40	83.3	3683.3	45341	34.9	1115.41	1.35	20.5	39.155
		40	104.2	5437.5	66936	61.5	1873.69	1.00	20.8	39.728
		35	66.6	3463.2	42632	47.5	723.96	1.20	20	38.2
		50	100	2520	31021	45.7	1036.03	0.60	15	28.65
		12	314.3	2042.9	25148	25.0	1404.89	0.25	19.6	37.436
		30	119.9	6649.1	81850	35.4	2308.52	sabit	sabit	
		30	91.9	4929.5	60682	35.7	1702.15	sabit	sabit	
		20	177.7	1635.5	20133	25.0	606.44	0.35	15.5	29.605
	Ort.	28.8	115.3	3830.4	47152.4	39.0	1321.0	1.0	22.7	37.2

Çizelge 4.9'dan görüldüğü gibi derin kuyularda elektrik motoru - düşey milli pompa kombinasyonu ile birlikte planlanan yağmurlama sistemlerinin yıllık sulama süreleri 56 saat/ha ile 104.2 saat arasında bulunmuştur. Kuvvet kaynağını elektrik motorlarının oluşturduğu ve sulama suyunu derin kuyulardan temin eden yağmurlama sistemlerinin işletilmesi için tüketilen elektrik eşdeğeri enerji 21922 MJ/ha-yıl - 57943 MJ/ha-yıl arasında değişim göstermiş ve grup ortalaması ise 35491 MJ/ha-yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.9). Bu gruptaki yağmurlama sistemleri ile sulama suyunu pompalamak ve araziye uygulamak için elektrik olarak 32 MJ/ha mm ile 59.6 MJ/ha mm arasında değişen enerjiye gereksinim duyulmaktadır. Ortalama gereksinim duyulan enerji miktarı 40.5 MJ/ha.mm olarak hesaplanmıştır. Kuvvet kaynağını elektrik motorlarının oluşturduğu bu sistemlerde ortalama olarak 1194 MJ/ha-yıl ekipman enerjisine gereksinim duyulduğu belirlenmiştir. Ayrıca laterallerin değiştirilmesi için gereksinim duyulan insan işgücü enerjisi 15.7 – 43.4 MJ/ha-yıl arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.9).

Sulama suyunun dalgıç pompalar ile derin kuyulardan temin edildiği yağmurlama sulama sistemlerinde birim alanın sulanması için gerekli olan süre 56 ile 314 saat/ha-yıl arasında değişim gösterdiği Çizelge 4.9'da görülmektedir. Aynı çizelgeden, bu grubu temsilen araştırmaya tabi tutulan 14 adet yağmurlama tesisi ile yapılan şeker pancarı, kuru fasulye ve havuç sulamasında tüketilen elektriğin enerji eşdeğerinin 20133 MJ/ha-yıl ile 81850 MJ/ha-yıl arasında değiştiği ve grup ortalamasının 47152 MJ/ha-yıl olarak hesaplandığı görülmektedir. Derin kuyulardan dalgıç pompa birimi ile pompalanarak yağmurlama sistemi ile araziye uygulama için tüketilen elektrik enerjisi miktarı yağmurlama sistemleri arasında farklılık göstermiş olup, 25.0 ile 61.5 MJ/ha.mm arasında hesaplanmış ve ortalama değeri 39.0 MJ/ha.mm olarak tespit edilmiştir. Bu gruptaki yağmurlama sistemleri ile yapılan sulamalar için ekipman enerjisi olarak 475.0 ile 2308 MJ/ha-yıl arasında değişen miktarlar hesaplanmıştır (Çizelge 4.9) Bu 14 yağmurlama sistemi için ekipman enerjisi ortalaması 1321 MJ/ha-yıl olarak hesaplanmıştır.

Yağmurlama sulamada enerji tüketimini su kaynağı ve basınç ünitesini göz önüne alarak genel bir değerlendirme yapılırsa; şu sonuçlar çıkartılabilir: 1. Su kaynağının yüzeyde olması halinde yağmurlama sulamanın enerji tüketimi su kaynağının derin kuyu olması halindeki göre %50 daha azdır. 2. Kuvvet kaynağını

dizel motorların oluşturduğu yağmurlama tesisleri ile sulamada enerji tüketimi, elektrik motorlu sistemlere göre hayli daha az gerçekleşmektedir. 3. Su kaynağı kanal olan motopomp ve traktör-pompa kombinasyonu ile işletilen yağmurlama tesisleri kendi aralarında karşılaştırıldığı zaman, motopomplu tesislerin sulamada daha az enerji tükettiği görölmektedir. 4. Yine aynı şekilde traktör-pompa ve elektrik motoru-pompa kombinasyonuna sahip yağmurlama tesisleri grup halinde değerlendirildiğinde, elektrik motorları ile işletilen yağmurlama tesislerinin sulamada daha çok enerji tükettiği söylenebilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kurallarına uygun planlanıp işletildiği takdirde sulama randımanı hayli yüksek ve işletilmesi kolay bir sulama yöntemi olan yağmurlama sulamasında enerji kullanımının analiz edilmesi amacıyla planlanan bu araştırma, Türkiye'nin ilk sulama şebekesi olan Konya-Çumra sulama şebekesi alanında yürütülmüştür.

Araştırma alanında yağmurlama sulama tekniği, tarımı yapılan hemen hemen tüm bitkilerin sulanmasında uygulanmaktadır. Fakat araştırma bölgesinde en yaygın şekilde uygulama şeker pancarı, tarla fasulyesi ve havuç üretiminde görülmektedir. Bu yüzden arazi çalışmaları bu bitkilerin sulanması için işletilen yağmurlama tesislerinde gerçekleştirilmiştir. Şeker pancarı tarımının bitki deseni içindeki yüksek oranı (%25) dikkate alınarak, şeker pancarı ekim alanlarının yaklaşık %80'ine tekabül eden bir pilot alan seçimi yapılmıştır. Bu pilot alanda yağmurlama tesislerinin beş farklı şekilde planlanıp işletildiği tespit edilerek, bunlardan 69 adedinde araştırma yürütülmüştür. Bu araştırmadan elde edilen genel sonuçlar ve bunlara ilişkin yorumlar ile öneriler aşağıda özetlenmiştir.

1. Araştırma alanı olarak seçilen Konya-Çumra sulama şebekesi alanında yağmurlama tesisleri, su kaynağı ve enerji kaynağı dikkate alındığı zaman beş farklı şekilde planlanıp işletilmektedir. Yağmurlama tesislerinde genelde başlık aralığı 10 m ve lateral aralığı 10 m şeklinde uygulanmaktadır. Özellikle derin kuyulardan doğrudan sulama yapan yağmurlama tesislerinde yer yer 250 ile 350 m arasında değişen lateral uzunlukları uygulanmaktadır. Ayrıca aynı sistemlerde yer yer 4 -7 adet arasında değişen lateral planlandığı tesbit edilmiştir. Beş grub altında 69 adet yağmurlama sisteminin ortalama işletme basınçlarının genelde 1.5-2.5 atm. Arasında olduğu tesbit edilmiştir.

Sistemlerde kullanılan yağmurlayıcıların teknik özellikleri dikkate alındığı zaman, uygulanan 10x10 m tertip aralığı dar kalmaktadır. Başlıkların dar veya geniş aralıkta tertiplenmesinin (özellikle lateral aralığı) birim alanın sulama süresi ve enerji tüketimi açısından bir farklılığı bulunmamaktadır. Bu husus daha çok toprak infiltrasyon hızı ile ilişkilidir. Bölge topraklarında bu özellik geniş bir aralıkta değişim göstermektedir. Araştırmanın yürütüldüğü tesislerin yaklaşık %73'ünde ölçülen 1.5-2.5 atm arasındaki ort. İşletme basıncı kullanılan başlıklara uygundur.

Bazı yağmurlama tesislerinde planlanmış olan 250 m den daha uzun laterallerde üniform bir sulama gerçekleşmeyebilir. Bu nedenle hidrolik yönden uygun olmayan bu uygulamalardan vazgeçilmelidir.

2. Araştırmanın yürütüldüğü yağmurlama tesislerinin %33'ü sulama kanalından santrifüj pompalar ile sulama yapan, %67'si yer altı suyundan derin kuyu pompaları aracılığı ile sulama yapan tesislerden oluşmaktadır. Bu durum, açılan derin kuyular ve elektrik enerjisinin kullanımı ile yer altı sularının sulamada daha fazla kullanıldığını göstermektedir. Yer altı su kaynaklarının kullanımında kullanılabilir limitin aşılması genel ekolojik denge açısından son derece önemlidir. Konya ovasında yer altı su kaynaklarının aşırı kullanımını önleyecek, sınırlandıracak veya kontrol edecek bir mekanizma da bulunmamaktadır.

3. Bölgede uygulanan sulamalar ile yetiştirme sezonu boyunca havuçta ortalama 2000 mm, pancarda 900 mm ve tarla fasulyesinde ise 700 mm civarında sulama suyu uygulandığı tespit edilmiştir. 2005 yılında Konya Ovasında hüküm süren aşırı kuraklık nedeni ile şeker pancarı ve tarla fasulyesinde uygulanan sulama miktarları normal bulunabilir. Ancak havuç tarımında uygulanan sulama suyu hayli fazladır. Ova şartlarında havuç bitkisinde aşırı bir su kullanımı olduğunu ifade etmek mümkündür. Gereksiz yere verilen fazla sulama suyu azaltılmalı, gerçek ihtiyaç belirlenerek ona göre su verilmelidir.

4. Araştırma alanında beş farklı grub altında toplanan yağmurlama sistemlerinden araştırmaya tabi olanlarının enerji kullanımına ilişkin değerleri şöyledir: Sulama suyunu sulama kanalından motopomp aracılığı ile temin eden yağmurlama sistemlerinde (1. grub) ortalama olarak enerji tüketimi birim alan ve birim hacim su üzerinden sırası ile 14107 MJ/ha-yıl ve 17 MJ/ha.mm şeklinde hesaplanmıştır. Pompaj ünitesini traktör kuyruk mili-satrifüj pompaların oluşturduğu yağmurlama sistemlerinde (2. grub) ise bu değerler sırası ile 21458 MJ/ha-yıl ve 21.5 MJ/ha.mm olarak belirlenmiştir. Sulama suyunu yeraltından traktör kuyruk mili ile tahrik edilen pompa aracılığı ile sağlayan 3. grub yağmurlama sistemlerinde birim alana yıllık enerji tüketimi, ortalama 35748 MJ/ha-yıl, 1 mm su uygulanması için ise 30.6 MJ/ha.mm olarak hesaplanmıştır. 1., 2. ve 3. grub yağmurlama tesislerinin işletilmesinde dizel enerji kaynağı kullanılmaktadır. Buradan görüleceği gibi, 2. ve 3. grub kendi arasında kıyaslandığı zaman, su kaynağı yer altı suyu olan ve ortalama

pompa derinliği 20 m civarında olan 3. grub yağmurlama sistemlerinde 1 mm sulama suyu temin edip uygulamak için %42 oranında daha fazla bir enerji tüketilmektedir.

Sulama suyunu elektrik motorları ile tahrik edilen düşey milli ve dalgıç pompa ile yeraltından temin eden 4. ve 5. grub yağmurlama tesislerinde birim alan sulaması ve birim su uygulaması için tüketilen direkt enerji sırasıyla, düşey milli pompa (4. grub) ile çalışan yağmurlama sistemlerinde 35941 MJ/ha-yıl ve 40.5 MJ/ha.mm, dalgıç pompalı yağmurlama tesislerinde (5. grub) ise 47152 MJ/ha-yıl ve 39.0 MJ/ha.mm olarak hesaplanmıştır. Derin kuyulardan elektrik enerjisi ile su temin ederek işletilen (4. ve 5. grub) yağmurlama tesislerinde pompa derinlikleri yaklaşık olarak ortalama 30 m civarındadır. Dolayısı ile uygulanan 1 birim sulama suyu için tüketilen enerji değerleri arasında farklılık da bulunmamaktadır. Pompa derinliğinin ortalama 10 m daha derinde bulunduğu bu grub (4. ve 5 grub) ile 3. grub taki yağmurlama tesisleri bir birim sulama suyunun enerji gereksinimi karşılaştırıldığında 4. ve 5. grubtaki yağmurlama sulamalarının ortalama %34 daha fazla enerji tükettiği tesbit edilmiştir.

5. Tarımda enerji kullanımı geçen 50 yıllık süreçte tartışma konusu olmuş günümüzde de bu tartışma devam etmekte ve bu konuya ilişkin araştırmalar da devam etmektedir. Günümüzde bu konuda yapılan araştırmaların konusu, özellikle yenilenemeyen fosil yakıtların kullanımı ile atmosfere karışan CO² ve diğer gazların çevre üzerine olan etkileri üzerinedir. Özellikle kurak ve yarıkurak alanlarda yağmurlama sulamada kullanılan yüksek miktarlardaki enerji tüketimi, üretim verimliliğini azaltmaktadır. Ayrıca birde aşırı sulamaların uygulanması ile bu oran daha da azalmaktadır. Çünkü, 1 mm lik sulama suyu uygulamasının hayli yüksek bir enerji tüketimi mevcuttur. Bu nedenle kurak ve yarı kurak alanlarda sulama suyunun tasarruflu kullanımı ile aynı zamanda enerjiden de tasarruf edilmiş olmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Akinerdem, F. 1994. Konya Şeker Fabrikası Bazı Bölgelerinde Gübreleme-Sulama ile Verim Kalite İlişkisi. Şeker Pancarı Yetiştirme Tekniği Sempozyumu, II. Gübreleme ve Sulama, Konya.
- Anonymous, 1978. Konya Ovası Sulama (KOS) Geliştirme Raporu DSİ Genel Müdürlüğü, İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı. Yayınları Cilt 1,2, Ankara.
- Anonymous, 1982. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketimleri Rehberi. Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları No:35, Ankara.
- Anonymous, 1991. Çumra Sulaması Planlı Su Dağıtım Uygulama Raporu. DSİ KOS İşletme ve Bakım Şube Müdürlüğü, Çumra.
- Anonymous, 1992a. Konya İli Arazi Varlığı. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları İl Rapor No:42, Konya.
- Anonymous, 1992b. Çumra Sulaması Genel Planlama Raporu. DSİ IV. Bölge Müdürlüğü KOS İşletme ve Bakım Şube Müdürlüğü, Çumra.
- Anonymous, 2002. Tarımsal Yapı ve Üretim. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enst. Yayını. Ankara.
- Anonymous, 2004. Konya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Kayıtları. Konya.
- Ataman, A. 2001. Tarım Alanlarının Kullanımı. Türk Tarımında 2010 Yılı Hedefleri Sempozyumu. 67-78, İzmir.
- Bailey, A. P., Basford, W. D., Penlington, N., Park, J. R., Keatinge, J. D. H., Rehman, T., Tranter, R. B., Yates, C. M. 2003. A Comparison of Energy Use in Conventional and Integrated Arable Farming Systems in the UK. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 87:241-253.
- Barth, S. 1984. Entwicklungsstand der Tropfenbewässerung in Australien. *Der Tropenland-wird*, 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-Weißenstephan.

- Bonnie, S. 1987. L'energie et sa crise de 1974 a 1987 dans l'agriculture Francaise, INRA Grignon, France.
- Cervinka, V. 1980. Fuel and Energy Efficiency. In D. Pimentel (ed.), Handbook of Energy Utilization in Agriculture, Boca Raton, FL, CRC Press, pp.15-21.
- Clemmens, A. J., Detric, 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.
- Çiftçi, N., Topak, R., Çelebi, M. 1994. Konya Bölgesi Çiftçilerinin Sulama-Drenaj Uygulamaları ve Bununla İlgili Sorunların Tespiti. Selçuk Üniv. Zir. Fakültesi Dergisi, Cilt:5 Sayı:7, Konya
- 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, Ecosystems and Environment, 87:51-65.
- Diñer, H. 1981. Tarımsal Kuvvet Makineleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No: 751, Ankara.
- 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.
- Ertaş, M. R. 1979. Konya Ovası Sulama Şebekesi Sulama Rehberi, Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı, Konya Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları No:60, Konya.
- Fluck, R. C. 1992. Energy in farm production. In R. C. Fluck (ed.), Energy in World Agriculture 6. Elsevier, NY.
- 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., Hüsbergen, K.J., 1996. Methodik zur Einbeziehung des indirekten Energieverbrauchs mit Investitionsgütern in Energiebilanzen von Landwirtschaftsbetrieben. Kühn-Arch. 90:41-56.
- Kara, M. 1980. Arazi Toplulaştırması. Ders Kitabı. KTÜ Yayını, No. 111. Trabzon
- Kara, M. 1983. Sulama-Kurutma. Cilt:1, Tarım Arazilerinin Sulanması. Akdeniz Univ. Isparta Mühensilik Fakültesi Yayınları No:5, Isparta.
- Kara, M. 2005. Sulama ve Sulama Sistemleri. Selçuk Üniv. Ziraat Fakültesi, Konya.
- Kara, M., Çiftçi, N., Şimşek, H. 1990. Konya – Çumra Çandır Mevkii Arazilerinde Tabansuyu Hareketli ve Özellikleri Üzerinde Bir Araştırma. Selçuk Üniv. Araştırma Projesi No: ZF-88/079, Konya.
- Keating, M. 1993. Yeryüzü Zirvesinde Değişimin Gündemi. Gündem 21 ve diğer RİO anlaşmalarının popüler metinleri, UNEP Türkiye Komitesi Yayını, Ankara.
- 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.
- Kulga, D. 1994. Su Kaynakları Yönetiminde Dünyadaki Yeni Gelişmeler ve Türkiye'deki Durum. Su ve Toprak Kaynalarını Geliştirme Konferansı, Cilt.1, DSİ Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- Larson, D., L., Fergmeir, D. D. 1978. Energy in Irrigated Crop Production. Transactions of the ASAE, 21(6), 1075-1080.
- Merriam, J. L., Keller, J. 1978. Farm Irrigation System Evaluation. A Guide for Management: UTAH State University. Logan, UT, USA.
- 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.
- 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.

- 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.*
- Pimentel, D., Hurd, L. E., Bellotti, A.C., Forster, M. J., Oka, I. N., Sholes, O. D., Whitman, R. J. 1973. Food Production and The Energy Crisis. *Science*, 182: 443-449
- 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.
- Schön, H., Sourell, H. 1981. Ansätze zur Wasser – und Energieeinsparung bei verschiedenen Verfahren der Feldberegnung. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 57, Braunschweig*, 73-82.
- Sing, 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.
- Singh, H., Mishra, D., Nahar, N. M. 2002. Energy Use Pattern in Production agriculture of A Typical Village in Arid Zone, India-Part 1. *energy Conversion and Management*. 43(16):2275-2286.
- Smil, V. 1983. *Energy Analysis and Agriculture. An application to US: Corn Production.* Boulder, Colo: Westview Press.
- Stout, B. A., Myers, C. A., Hurrand, A., Faidley, L. W. 1979. *Energy for World Agriculture.* FAO Agriculture Series. No.7, Rome.
- 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.
- Tekeli, S., Ergün, S. 1985. Çumra Sulama Havzasında en Uygun Ürün Bileşimi. *Milli Provdiktivite Merkezi Yayınları, No:326, Ankara.*

- 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 Performans Göstergelerine Etkileri. II. Ulusal Sulama Kongresi, Aydın.
- Topak, R., Süheri, S., Kara, M., Çalışır, S. 2005. Investigation of the Energy Efficiency for Raising Crops Under Sprinkler Irrigation in Semi-Arid Area. Applied Engineering in Agriculture, 21(5): 761-768.
- Tzilivakis, J., Warner, D. J., May, M., Lewis, K. A., Jaggard, K. 2004. An Assessment of the Energy Inputs and Greenhouse Gas Emissions in Sugar Beet Production in the UK. Agricultural Systems; 85(2), 101-119.
- Yazar, A., Gençoğlan, C., Diker, D. 1990. Sulama Sistemlerindeki Son Gelişmeler. Çukurova Üniv. Zir. Fakültesi Dergisi 5(2), Adana.