

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

**MENEMEN SOL SAHİL SULAMASINDA
TARLA DÜZEYİNDE SU DAĞITIM PERFORMANSI VE
SULAMA RANDİMANLARININ BELİRLENMESİ**

Nil KORKMAZ

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 501.04.01

Sunuş Tarihi: 07.10.2008

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Musa AVCI

Bornova – İZMİR

ÖZET**MENEMEN SOL SAHİL SULAMASINDA
TARLA DÜZEYİNDE SU DAĞITIM PERFORMANSI VE
SULAMA RANDIMANLARININ BELİRLENMESİ**

KORKMAZ, Nil

Doktora Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Musa AVCI

Ekim 2008, 181 sayfa

Bu araştırmada, Türkiye'nin batısında yer alan ve açık kanal sulama sistemi ile işletilen Menemen Sol Sahil Sulama Sistemine bağlı Sasalı Sekonderinde tarla düzeyinde su dağıtım performansı ve sulama randımanları değerlendirilmiştir. Sasalı Sekonderinden su alan 11 adet tersiyer kanalın suladığı alana (2293 ha) ait bitki deseni ve toprak özelliklerinin sorgulanmasında coğrafi bilgi sistemi kullanılmıştır.

Araştırma alanında tarla düzeyinde su dağıtımının yeterlilik (P_A) açısından, 2005 yılında “orta” (0.85) ve 2006 yılında “iyi” (0.98) düzeyde olduğu belirlenmiştir. Su dağıtımında etkinlik (P_F), 2005 yılında “iyi”, 2006’da ise “orta” düzeyde bulunmuştur. Yeterlilik açısından çok büyük sorunlar olmamakla birlikte üreticiler, yeterli miktarda sulama suyunu bulduklarında suyu daha az etkin kullanmaktadırlar.

Güvenilirlik (P_D) göstergesinin araştırma yıllarında “orta” (0.15) ve “iyi” (0.10) düzeyde bulunması suyun tarlalara dağıtımında güvensizlik olmadığını göstermiştir.

VI

Eşitlik (P_E) performansı, ilk yıl “kötü” (0.26); ikinci yıl “orta” (0.23) düzeyde, fakat “kötü” düzey eşiğine (>0.25) çok yakın çıkmıştır.

Tersiyer kanalların iletim randımanı (E_c) değerleri, bakım-onarım çalışmalarına bağlı olarak yıldan yıla değişmiş ve olması gereken %97 değerinden düşük bulunmuştur.

Tarla su uygulama randımanı (E_a) değerleri bitki çeşidi, ekim ve sulama yöntemine göre değişmiş ve araştırma alanının E_a değeri %68 olarak belirlenmiştir.

Depolama randımanı (E_s) değeri, araştırma alanı için ortalama %80 bulunmuştur. Depolama randımanında hedef değere ulaşılmış olup “çok iyi” düzeydedir.

Eş dağılım randımanı (CU) ortalaması %82’dir. Araştırma parsellerinde genellikle sulamalarda türdeş su dağıtımı sağlanmıştır.

Dağılım türdeşliği (D_u), araştırma alanının yaygın sulama yöntemi olan border sulama için belirlenen %75 değeri, su dağıtım türdeşliğinin “kabul edilebilir” düzeyde olduğu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Su dağıtım performansı, Randıman, CBS, Sulama, Menemen Ovası

ABSTRACT

**DETERMINING THE WATER DISTRIBUTION
PERFORMANCE AND IRRIGATION EFFICIENCIES ON FARM
LEVEL IN MENEMEN LEFT BANK IRRIGATION SYSTEM**

KORKMAZ, Nil

Ph.D. in Department of Agricultural Structures and Irrigation
Institute of Natural and Applied Sciences
University of Ege

Supervisor: Prof. Dr. Musa AVCI

October 2008, 181 pages...

This research evaluated the irrigation efficiency and water distribution performance at field level at Sasalı secondary canal of the Menemen Left Bank irrigation system. Sasalı secondary canal was connected to 11 tertiary canals, which has a command area of 2293 ha. Geographic information system was used to identify cropping pattern and soil properties at project area.

The adequacy of water distribution (P_A) on field basis was determined as medium (0.85) in 2005 and good (0.98) in 2006. The efficiency (P_F) on water distribution was determined good in 2005 and medium level in 2006. There is no big problem for adequacy. However, when the farmers have access to sufficient enough water for irrigation, they utilize water ineffectively.

VIII

The dependability (P_D) indicator values were determined as medium (0.15) and good level (0.10) in experimental years and it was shown that there was no dependability problem in distribution of water to the field.

The equity performance (P_E) was determined as poor (0.26) in the first and medium (0.23) in the second experimental year. However, the value of second year was close to the poor level (>0.25).

The values of conveyance efficiency (E_c) on tertiary canal changed in the experimental years according to the repair-maintenance and it was found lower than target value of 97%.

Field application efficiency (E_a) changed to crop variety, sowing and irrigation methods and determined as 68 % on the study area.

The average value of water storage efficiency (E_s) was determined 80% on study area. This value is good level and arrived to the target value.

The average Christiansen Uniformity (CU) is 82% and generally similar water distribution provided on the study area plots.

Distribution uniformity (D_u) was determined as 75% under common irrigation method of border irrigation and it was acceptable level for water distribution uniformity.

Keywords: water distribution performance, efficiency, GIS, irrigation, Menemen Plain

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince tezin yürütülmesi ve biçimlendirilmesinde önemli katkıları bulunan Sayın Hocam Prof. Dr. Musa AVCI'ya, çalışmalarda yardımcı olan Menemen Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü personeline, Zirat Yük. Müh. Mehmet GÜNDÜZ'e, Ziraat Yük. Müh. Nejat ÖZDEN'e ve Ziraat Müh. Süleyman ŞEN'e, bilgi ve verilerin sağlanmasında yardımcı olan Menemen Sol Sahil Sulama Birliği yetkililerine teşekkür ederim.

Ayrıca, tezim süresince her zaman yanımda olup, manevi desteklerini esirgemeyen, sevgi, hoşgörü ve sabır gösteren değerli eşim Ziraat Yük. Müh. Hüseyin KORKMAZ'a ve canım oğlum Cem KORKMAZ'a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	V
ABSTRACT	VII
TEŞEKKÜR	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XV
ÇİZELGELER DİZİNİ	XVII
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	8
2.1. Sulama Sistemi Değerlendirmesinde Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanımı	8
2.2. Su Dağıtım Performansının Değerlendirilmesi	14
2.3. Sulama Randımanlarının Belirlenmesi	28
3. MATERYAL VE YÖNTEM	42
3.1. Materyal	42
3.1.1. Araştırma Alanının Konumu	42
3.1.2. Toprak Özellikleri	44
3.1.3. İklim Özellikleri	45
3.1.4. Su Kaynağı ve Sulama Sistemi	48
3.1.5. Araştırma İçin Seçilen Kanallar ve Parseller	52
3.1.6. Bitki Deseni	55
3.2. Yöntem	57
3.2.1. Sulama Sistemi, Arazi Kullanım Durumu ve Toprak Haritasının Sayısallaştırılması ve Sorgulanması	57

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.2.2. Toprak Neminin Belirlenmesi	58
3.2.3. Parsellere Saptırılan Sulama Suyu Miktarlarının (Q_D) Belirlenmesi	62
3.2.4. Parsellere Saptırılması Gereken Sulama Suyu Miktarlarının (Q_R) Belirlenmesi	65
3.2.5. Su Dağıtım Performans Göstergelerinin Belirlenmesi	66
3.2.5.1. Yeterlilik	67
3.2.5.2. Etkinlik	68
3.2.5.3. Güvenilirlik	69
3.2.5.4. Eşitlik	70
3.2.6. Su İletim ve Sulama Randımanlarının Belirlenmesi	71
3.2.6.1. Su iletim randımanı ve sızma kayıpları	71
3.2.6.2. Tarla su uygulama randımanı	73
3.2.6.3. Depolama randımanı	74
3.2.6.4. Eş dağılım randımanı	75
3.2.6.5. Dağılım türdeşliği	76
3.2.7. Toprak Örneklerinde Kullanılan Analiz Yöntemleri	77
3.2.7.1. Fiziksel ve kimyasal analiz yöntemleri	78
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	79
4.1. Araştırma Alanının Coğrafi Bilgi Sistemiyle Değerlendirilmesi	79
4.1.1. Sulama Sistemi ve Parselasyon	79
4.1.2. Arazi Kullanım Durumu ve Bitki Deseni	81
4.1.3. Toprak Özellikleri	84
4.1.4. Sulama Değerlendirme Parsellerine İlişkin Bazı Özellikler	88
4.2. Sulama Değerlendirme Parsellerinde Toprak Nem Değişimi	93

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.3. Sulama Değerlendirme Parsellerine Saptırılan ve Saptırılması Gereken Sulama Suyu Miktarları	106
4.4. Sistemin Tarla Düzeyinde Su Dağıtım Performansı	117
4.4.1. Performans Göstergelerinin Zamansal Dağılımı	117
4.4.2. Performans Göstergelerinin Mekansal Dağılımı	126
4.4.3. Performans Göstergelerinin Ortalama Değerleri	132
4.5. Su İletim ve Sulama Randımanları	136
4.5.1. İletim Randımanı	136
4.5.2. Tarla Su Uygulama Randımanı	140
4.5.3. Depolama Randımanı	145
4.5.4. Eş dağılım Randımanı	148
4.5.5. Dağılım Türdeşliği	152
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	157
6. KAYNAKLAR DİZİNİ	163
ÖZGEÇMİŞ	181

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Gediz Havzası topoğrafya ve nehir ağının genel görünümü	43
Şekil 3.2. Gediz Havzası sulaması su depolama ve su saptırma sistemi	48
Şekil 3.3. Menemen Sol Sahil sulama sisteminin genel görünümü	50
Şekil 3.4. Sasalı Sekonderinden bir görüntü	51
Şekil 3.5. Çalışma alanındaki tersiyer kanallar ve sulama değerlendirme parsellerinin şematik görünümü	53
Şekil 3.6. Dikdörtgen kesitli savak ile akım ölçümü	63
Şekil 3.7. Mulineler ve muline ile akım ölçümü	64
Şekil 3.8. Deneme tarlalarında açılan profillerden toprak örneği alınımı	77
Şekil 4.1. Araştırma alanı sulama sistemi ve değerlendirme parselleri	79
Şekil 4.2. Araştırma alanı parselasyon haritası	80
Şekil 4.3. 2005 yılında araştırma alanı arazi kullanım durumu	81
Şekil 4.4. 2006 yılında araştırma alanı arazi kullanım durumu	82
Şekil 4.5. Araştırma alanı toprak bünye haritası	86
Şekil 4.6. Araştırma alanının drenaj durumu	87
Şekil 4.7. Deneme yılları Sa-5 baş, orta ve son parsellerinin toprak nem değişimi	95
Şekil 4.8. Deneme yılları Sa-13 baş, orta ve son parsellerinin toprak nem değişimi	96
Şekil 4.9. Deneme yılları Sa-25 baş, orta ve son parsellerinin toprak nem değişimi	97

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.10. Sa-5 orta ve son ile Sa-25 baş parsellerinin su alma yapıları	106
Şekil 4.11. 2005 yılında parsellere saptırılan ve saptırılması gereken toplam sulama suyu miktarları	108
Şekil 4.12. 2006 yılında parsellere saptırılan ve saptırılması gereken toplam sulama suyu miktarları	109
Şekil 4.13. Sa-13 baş parselinde karpuz yetiştirilmesi ve sulaması	115
Şekil 4.14. 2005 yılı yeterlilik göstergesi zamansal değerleri	119
Şekil 4.15. 2006 yılı yeterlilik göstergesi zamansal değerleri	120
Şekil 4.16. 2005 yılı etkinlik göstergesi zamansal değerleri	122
Şekil 4.17. 2006 yılı etkinlik göstergesi zamansal değerleri	123
Şekil 4.18. 2005 yılı güvenilirlik gösterge değerleri	124
Şekil 4.19. 2006 yılı güvenilirlik gösterge değerleri	125
Şekil 4.20. 2005 yılı yeterlilik göstergesi mekansal değerleri	126
Şekil 4.21. 2006 yılı yeterlilik göstergesi mekansal değerleri	127
Şekil 4.22. 2005 yılı etkinlik göstergesi mekansal değerleri	128
Şekil 4.23. 2006 yılı etkinlik göstergesi mekansal değerleri	129
Şekil 4.24. 2005 yılı eşitlik gösterge değerleri	130
Şekil 4.25. 2006 yılı eşitlik gösterge değerleri	131

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Yüzey sulama yöntemleri için ortalama tarla su uygulama randımanları	31
Çizelge 3.1. Menemen ilçesinin çok yıllık ortalama, 2005 ve 2006 yıllarına ilişkin iklim verileri	46
Çizelge 3.2. Sulama değerlendirme parsellerinin konumu ve alanı	54
Çizelge 3.3. Tersiyer kanalların projelendirme değerleri	54
Çizelge 3.4. 2005 Yılı için Menemen Sol Sahil Sulama Birliğinde planlanan ve gerçekleşen ekim alanları ve oranları	56
Çizelge 3.5. 2006 Yılı için Menemen Sol Sahil Sulama Birliğinde planlanan ve gerçekleşen ekim alanları ve oranları	56
Çizelge 3.6. Sulama değerlendirme parsellerinin nem gözlem nokta sayısı ve alanları	59
Çizelge 3.7. Performans standartları	66
Çizelge 4.1. 2005 Yılı sulama değerlendirme parsellerinin bulunduğu tersiyer kanallarda gerçekleşen ekim alanları ve oranları	83
Çizelge 4.2. 2006 Yılı sulama değerlendirme parsellerinin bulunduğu tersiyer kanallarda gerçekleşen ekim alanları ve oranları	83
Çizelge 4.3. Sulama değerlendirme parsellerinin bazı toprak özellikleri	88
Çizelge 4.4. Parsellerin su kaynağı, su alma biçimi, sulama yöntemi ve ekim tarihi	90

XVIII

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.5. Sulama değerlendirme parsellerinin taban suyu seviyeleri	92
Çizelge 4.6. Nörtonmetre kalibrasyon eşitlikleri	93
Çizelge 4.7. Sulama değerlendirme parsellerinin Q_D ve Q_R değerleri	107
Çizelge 4.8. 2005 yılı performans göstergelerine ilişkin sonuçlar	118
Çizelge 4.9. 2006 yılı performans göstergelerine ilişkin sonuçlar	118
Çizelge 4.10. Tersiyerlerin sızma kayıpları ve iletim randımanı	137
Çizelge 4.11. 2005 yılına ait tarla su uygulama randımanları	140
Çizelge 4.12. 2006 yılına ait tarla su uygulama randımanları	141
Çizelge 4.13. Değerlendirme parsellerinde depolama randımanı	145
Çizelge 4.14. Değerlendirme parsellerinde eş dağılım randımanı	149
Çizelge 4.15. Parsel sulamalarının dağılım türdeşliği değerleri	153

1. GİRİŞ

Dünyada canlı yaşamının devamlılığı yönünden gerekli olan su, ekonomik ve sosyal gelişmeyi doğrudan etkilemekte, çok çeşitli alanda zorunlu olarak kullanılmakta ve bu özellikleri nedeni ile de çok büyük stratejik öneme sahip bir doğal kaynak olarak değerini korumaktadır. Hızla artan nüfusun gıda maddeleri gereksiniminin karşılanması amacı ile sulu tarımın yaygınlaştırılması, içme, kullanma ve sanayinin su talebindeki artışlar, mevcut yeraltı ve yerüstü su kaynakları rezervini zorlamaktadır.

Dünyadaki toplam tarımsal üretimin %36'sı sulu tarım alanlarından karşılanmakta ve tüketilen suyun %70'i tarımsal üretim amacıyla kullanılmaktadır. Dünya nüfusunun beslenmesinde sulu tarım önemli bir yer tuttuğundan, su kaynaklarının geliştirilmesi çalışmalarının çok yönlü amaçları arasında "sulama", hangi iklim kuşağında olursa olsun, diğer girdilerin etkinliğini artıran, bitkisel üretimde kararlılığı sağlayan ve bu biçimi ile de çağdaş tarımda yüksek verimliliğin ayrılmaz parçası olan önemli bir üretim ögesidir.

Sulama, Türkiye tarımında üretimin çeşitlendirilmesine ve verimliliğin artırılmasına yönelik çalışmalarda çok önemli rol oynamaktadır. Sulama aynı zamanda, kırsal alanlarda yaşayan nüfusun gelirlerinin yükseltilmesi ve ülkenin az gelişmiş bölgelerinde ekonomik etkinliğin artırılması için olanaklar sağlamaktadır.

Türkiye’de toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesi ve tarımın ulusal ekonomiye katkılarının artırılabilmesi için, sulama tesislerinin işletilmesi ve devamlılıklarının sağlanması büyük önem taşımaktadır. Özellikle yılda ortalama %1.45 oranında artan nüfusun besin maddeleri gereksiniminin karşılanabilmesi tarımsal üretimin nitelik ve nicelik yönlerinin iyileştirilmesine bağlıdır. Türkiye’de tarıma açılacak arazi miktarının son sınırına ulaşılmış olmasından dolayı, birim alan veriminin artırılması, kaliteli girdi ve teknoloji kullanımına bağlı planlı üretimi zorunlu kılmaktadır (Özçelik vd., 1999).

Tarımsal sulamaya ayrılan su miktarının zaman içerisindeki değişimine bağlı olarak, sulama suyunun sulama sahasına yeterli miktarda, eşit ve etkin biçimde dağıtılması gerekmektedir. Bu koşullar oluşturulmazsa, bitki verimi ve net kar düşmekte, gereksinimden fazla miktarda su uygulandığında ise drenaj ve tuzluluk problemleri ortaya çıkmaktadır (Molden and Gates, 1990).

Sulama yönetiminin amacı, randımanlı su ve arazi kullanımı yönünde gerekli koşulları sağlamaktır. Sürdürülebilir sulu tarımda ön koşul, sulamanın çevreye zarar vermeden etkili ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesidir. Türkiye’de 40 yıldan bu yana gelişimini tamamlayamamış sulama sistemleri bulunmaktadır. Bu projelerin başlıca sorunları; tarla parsellerinin çok parçalı ve küçük olması, uygun sulama yöntemlerinin uygulanamaması, projelerin yüksek bakım ve onarıma gereksinim duyması, çiftçi eğitim ve yayım çalışmalarının yetersizliğidir (Değirmenci, 2007).

Ülkemizde kamu kuruluşları tarafından gerçekleştirilen sulama projelerinden bazıları incelendiğinde sulama performanslarının yeterli olmadığı görülmektedir. Performansların yükseltilmesi için yeterli etüt, planlama ve projelendirme yapılması, projede öngörülen bitki deseninin gerçekçi seçilmesi, inşaatının planlanan sürede bitirilmesi, çiftçi eğitimlerinin yapılması, yöre iklim ve toprak koşullarına uygun sulama yönteminin seçilmesi ve uzun yıllar işletilip, korunması, yönetilmesi için işletme bakımının kooperatif veya birliklere devredilmesi gerektiği belirtilmektedir. Halen sulamaya açılmış sulama şebekelerinin büyük kısmı geçmiş yıllarda yapılan tesisler olup, çoğu ekonomik ömrünü tamamlamıştır. Uygulanan sulama yöntemi de genelde yüzey sulama yöntemidir. Bu sulama yönteminin Avrupa Birliği topluluğu standartlarına yükseltilmesi ve gerekli yenileştirme çalışmalarına başlanabilmesi için mevcut durumun ortaya konulması gerekmektedir (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2001).

Sulama projelerinde su dağıtım performansının belirlenmesi ve sonuçlarının geleceğe yönelik yönetim politikalarının oluşturulmasında kullanımı gittikçe önem kazanmaktadır (Jurriens, 1993).

Performans değerlendirmesi değişik amaçlar için yapılır. Bu amaçlar; sistem işletiminin iyileştirilmesi, sistemin genel durumunun belirlenmesi, sisteme yapılan müdahalelerin etkisinin belirlenmesi, sistemi zorlayan unsurların belirlenmesi, sistemin kendi içinde yıllara göre karşılaştırılması ve bir sistemin diğerleriyle karşılaştırılması şeklinde sıralanabilir (Molden et al., 1998).

Sulama amacıyla kaynağından alınan su, sulama şebekesiyle sistem içerisindeki tarlalara dağıtılır. Bir su dağıtım sisteminde amaç; sulama suyunun etkin, yeterli, güvenilir ve eşit şekilde dağıtılmasıdır. Bununla beraber bütün dünyada pek çok sulama sistemindeki temel sorun suyun etkin, yeterli, güvenilir ve eşit dağıtılmamasıdır. Sulama sisteminden yararlanan çiftçiler güvenilir olmayan bir dağıtım için para ödemeye isteksiz davranırlar ve bunun sonucu olarak sistemin korunması ve su uygulama randımanının artması için yatırım yapmaya yanaşmazlar. Eğer dağıtım güvenilir ve eşit olursa, daha fazla ödeme, yatırım yapma, sistemi ve kaynağı koruma isteği doğar.

Son yıllarda sulama ve sulama performans değerlendirmesi ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalara karşın, bir sulama sistem performansının değerlendirilmesinde hangi parametre ve göstergelerin kullanılacağı konusunda genel bir görüş birliği bulunmamaktadır. Bu konudaki kaynaklara göre performans değerlendirmesi, gerçekleşen ile hedeflenenin ne düzeyde olduğunun belirlenmesi olarak tanımlanmaktadır (Jurriens, 1993).

Molden and Gates (1990) ve Jurriens'e (1993) göre, sulama projelerinde su dağıtım sisteminin başarısı, belirlenmiş dağıtım amaçları doğrultusunda, yeterli ve güvenilir miktardaki sulama suyunun etkin ve eşit bir biçimde dağıtılması ile ölçülür. Su dağıtım sistemlerinin izlenmesinde dikkat edilmesi gereken, sistemin hedeflenen amaca ulaşmasındaki başarısıdır. Bu nedenle, sistemin yapısal ve yönetsel bileşenlerinin sistem performansı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için birçok parametre ve gösterge önerilmiştir. Fakat son zamanlarda yeterlilik, güvenilirlik, etkinlik, eşitlik, önceden tahmin edilebilirlik, uygun zamanlılık, sulama suyu eş dağıtım parametreleri çok sık kullanılmaktadır.

Erkan'a (1995) göre, sulama sistemlerinin değerlendirilmesi birbiriyle ilişkisi olan izleme aktivitelerinin test edilmesi olup değerlendirme parametreleri nicel olduğu kadar nitel de olabilir. Belirli bir zaman aralığında sulama alanına verilen sulama suyu miktarını gösteren değer nicel bir değerlendirmedir. Bu değer aynı zamanda sulama suyu miktarının yeterli ve güvenilir olup olmadığını da göstermesi gerekir. Bu nedenle, sulama sistemleri değerlendirilirken özenle seçilmiş değerlendirme parametrelerine gereksinim duyulur ve değerlendirmede yapısal parametrelerden yeterlilik, güvenilirlik, elastikiyet ve randıman kullanılabilir.

Türkiye'de tarımda su kullanım etkinliği göstergelerinden sulama oranı ve sulama randımanı çok düşüktür. Sulama randımanı genel anlamıyla sulama suyu ihtiyacının, kaynaktan sulama için saptırılan suya oranı olarak tanımlanabilir. 2001 yılı verilerine göre Devlet Su İşleri tarafından yönetilen ve devredilen (sulama birliklerine, sulama kooperatiflerine, belediyelere vs.) sulama sistemlerinde sulama oranı sırasıyla %38 ve %62'dir. Türkiye'de sulama randımanını düşüren en önemli problem tarımda aşırı su kullanımıdır. Sulama randımanı, devredilen sulama sistemlerinde %48, DSİ sulamalarında ise %38 olarak gerçekleşmiş olup devredilen sulamalarda DSİ sulamalarından daha yüksektir (Çakmak vd., 2007).

Klasik sulama sistemlerinde, örneğin tava veya karık sulama yöntemleri kullanıldığında tarla su uygulama randımanı %60 civarında olup, şebekedeki sızma, buharlaşma ve işletme kayıpları da eklenirse randıman yaklaşık %50 olmaktadır. Bir başka deyimle bitkiye ihtiyacı olan 1 m³ suyu verebilmek için 2 m³ su kullanılmaktadır. Bu durum hem kıt olan su kaynaklarının israfına neden olmakta hem de dağıtım ve

drenaj şebekelerinin daha büyük kapasiteli olarak inşasına, dolayısıyla maliyetin artmasına, sistemde pompaj varsa ek enerji kullanımına neden olmaktadır. Bütün bunlara kullanılacak suyun pahalı olması da eklenirse sulamada su tasarrufunun önemi daha da açığa çıkmaktadır.

Sulamada, bitki gereksiniminde büyük bir kısıntı yapılması söz konusu olamayacağına göre, su tasarrufu; suyun iletimi, dağıtımı, sistemin işletilmesi ve bitkiye uygulanması esnasında yapılacaktır. Bu nedenle sulama randımanının artırılması büyük bir önem taşımaktadır.

Türkiye’de mevcut teknik ve ekonomik koşullar altında sulanabilir arazi 8.5 milyon hektar olup bunun %52.54’ünün sulanabildiği dikkate alındığında yeni sulama yatırımlarına gereksinim duyulduğu görülmektedir. Ancak, sulama yatırımlarının gerçekleştirilmesi yanı sıra bunların etkin ve başarılı şekilde kullanımının sağlanması da gereklidir. Büyük yatırımlar yapılarak gerçekleştirilen sulama projelerinin hedeflenen amaçlara ulaşmadığı ve birçok projenin kendi potansiyelinin altında işletildiği yaygın bir gözlemdir. Günümüzde birçok ülkede mevcut sulama projelerinin iyileştirme, işletme ve bakımı ile devlet sulama işletmelerinin çiftçi organizasyonlarına devri konularında önemli çalışmalar yapılmaktadır. Devir işleminden sonra izleme ve değerlendirme ağının kurularak sulama sistemlerinin etkinliğini belirlemeye yönelik çalışmalar yok denecek kadar azdır (Beyribey ve Tatlıdıl, 1999).

Devlet tarafından yapılmış sulama şebekelerinde en önemli sorun, proje hedeflerinin gerçekleşme oranının düşük oluşudur. Sulamanın istenen hedeflere ulaşamamasının bir nedeni sulama şebekesinin yapım

ve işletmesine ilişkin sorunlardır. Ancak, sulama sırasında ortaya çıkan sulama yöntemlerine uyumsuzluk, tarlanın sulamaya iyi hazırlanmaması, aşırı su kullanma eğilimi, uygun bitki deseninin seçilmemesi gibi sorunlar da bulunmaktadır. Sulama sistemlerinin performans değerlendirmesi yapılırken öncelikle çiftçi uygulamaları dikkate alınmalıdır. Tarla düzeyinde sulama suyu etkin, yeterli, güvenilir ve eşit dağıtılmalıdır.

Türkiye'nin sulamaya açılan ilk sulama sistemlerinden birisi, Aşağı Gediz Sulama Sistemi içinde yer alan Menemen Sulama Sistemi'dir. Sistemin işletimi ve suyun dağıtımı 1995 yılına kadar devlet tarafından yürütülmüş, ancak 1995 yılından itibaren suyu kullananlar tarafından oluşturulan sulama birliklerince yürütülmeye başlanmıştır. Bununla birlikte, sistemin su dağıtım performansının tarla düzeyinde incelenmesine yönelik bir çalışma bugüne kadar yapılmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, Menemen Sol Sahil sulama sisteminde tarla düzeyinde su dağıtım performansını ve sulama randımanlarını belirlemektir. Bu doğrultuda, ilk olarak çalışmanın yürütüldüğü Menemen Sol Sahil sulama sisteminin sonuncu sekonderi olan Sasalı Sekonderinin sulama sahası Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak tanımlanmıştır. İkinci olarak, sekondere bağlı tersiyer kanallardan su alan parsellerin yeterli miktarda su alıp almadığı, suyu etkin kullanıp kullanmadığı, dağıtımın güvenilir ve eşit olup olmadığı Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü (IWMI) tarafından geliştirilen içsel performans seti kullanılarak değerlendirilmiştir. Son olarak, üreticilerin sulama uygulamalarına müdahale edilmeden farklı üretici tarlaları için sulama randımanı değerleri belirlenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Bu bölümde, coğrafi bilgi sistemi ile tanımlanan sulama sisteminin su dağıtım performansının değerlendirilmesine ve sulama randımanlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar gözden geçirilmiştir. Bu kapsamda yürütülen çalışmalar, sulama sistemlerinin değerlendirilmesinde Coğrafi Bilgi Sisteminin kullanımı, su dağıtım performansının değerlendirilmesi ve sulama randımanlarının belirlenmesi ana başlıkları altında toplanmıştır.

2.1 Sulama Sistemi Değerlendirmesinde Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanımı

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), coğrafi bilgileri depolamak ve amaca uygun olarak kullanmak için geliştirilmiş bilgisayar destekli sistemdir. Bu sistem, 1970’li yıllardan başlayarak hızla gelişmiş ve coğrafi bilgilerin kullanılmasında en etkin teknoloji haline gelmiştir (Aronoff, 1989).

Türkiye’de ise CBS, 1990’lı yıllardan itibaren kullanılmaya başlanmıştır (Yomralıoğlu, 2000).

Walsh’a (1988) göre, coğrafi konularda CBS kullanılmasının en önemli nedenleri; veri elde etme kolaylığı, olgular arasındaki etkileşiminin test edilmesine dayalı olarak elde edilen bilgilerin çıkartılmasında ve gösterimindeki etkinliği, coğrafi sorgulamalarda çok sayıda veriyi sentezleme yeteneği, tüm koordinat sistemlerine dönüştürülebilme özelliği, ampirik ve istatistiksel modeller uygulayarak nesneler arasındaki coğrafi ilişkileri gösterme özelliğine sahip olmasıdır.

Menenti and Visser (1989), Arjantin'deki Rio Tunuyan sulama sisteminin performansını uydu verileri, CBS ve hidrolojik modellerden yararlanarak belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada, eşitlik, yeterlilik ve etkinlik göstergeleri kullanılmış olup, uzaktan algılamanın fiilen sulanan alanın belirlenmesinde, bitki sulama suyu gereksinimine ilişkin haritaların çıkarılmasında ve su dağıtımının belirlenmesinde kullanılabileceği belirtilmiştir.

Kurucu vd. (1991), Humilladero (İspanya) yöresinde yaptıkları bir araştırmada, Landsat uydu görüntüleri ile zeytin ve bağ plantasyonunun görülebilirliğini araştırmışlar, zeytin alanlarının belirlenmesinde toprak renginin ve yeşil örtünün toprağı örtme yüzdesinin bilinmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Örtme değerin %17'den fazla olması ve toprak renginin bilinmesi halinde zeytin ve bağ bitkilerinin ayırt edilebileceğini belirtmişlerdir.

Ralphs and Wyatt (1998), yeni geliştirilen teknolojiler olan coğrafi bilgi sistemi ve arazi bilgi sisteminin kullanım alanlarını içeren bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, bilgi paylaşımını kolaylaştırmak için coğrafi bilgi sistemini kullanarak mülkiyet bilgilerine dayalı bir veri tabanı oluşturmuşlardır. Batı Avustralya'da yürütülen bu çalışmayla bir arazi bilgi sistemi oluşturulmuştur.

Karagüllü vd. (1998), "Genetik Çeşitliliğin Yerinde Muhafazası" projesi içersinde "Kazdağları Milli Parkı, Ceylanpınar Tarım İşletmesi, Bozlar Dağları ve Aladağlar bölgelerinde otsu türlerden buğday, arpa, nohut ve mercimek; odunsu türlerden erik, kestane, köknar, sedir, ladin, çam, armut, elma, ceviz ve antep fıstığı ürünleri ile ilgili veri tabanı

oluşturmuşlardır. Bu ürünlerin dağılım alanlarını ve dağılım yüzölçümlerini saptamışlar; toprak ve iklim isteklerine ait veri tabanlarını oluşturmuşlardır.

Bastiaanssen et al. (1999), uzaktan algılama teknikleri, coğrafi bilgi sistemi ve hidrolojik modelleme kullanarak bölgesel ölçekte bir sulama sisteminin performansını değerlendirmişlerdir. Çalışma alanı Hindistan-Bhakra sulama sistemi içerisinde bulunan Sirsa sulamasıdır. Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak alandaki buğday verimi ve evapotranspirasyon değerleri hesaplanarak suyun verimliliği belirlenmiştir. Sulama sisteminin farklı bölgelerinde buğday için kanaldan ve yeraltından alınan su miktarları belirlenerek çiftçi kararlarının daha çok hangi kaynağa bağlı olduğu saptanmıştır.

Bastiaanssen and Bos (1999), sulanan alan, bitki çeşidi, verim, bitki su tüketimi, bitki sulama suyu ihtiyacı ve tuzluluk değerlerinin uzaktan algılama ile doğru ve düşük maliyetle elde edilerek sulama sisteminin verimlilik, yeterlilik, güvenilirlik, eşitlik ve sürdürülebilirliğini saptayabileceklerini belirtmişlerdir.

Espejel et al. (1999), Guadalupe Vadisi'nde (Baja Kaliforniya, Meksika) arazi kullanım planlaması için yaptıkları çalışmada 1/50000 ölçekli jeoloji ve topoğrafik haritaları; 1/25000 ölçekli arazi kullanım, vejetasyon, hidroloji ve toprak haritalarını; 1990 yılına ait 1/75000 ölçekli ve 1994 yılına ait 1/20000 ölçekli hava fotoğraflarını; 1992 haziran ayına ait Landsat-TM uydu görüntüsünü coğrafi bilgi sistemiyle değerlendirmişlerdir. Araştırma alanını altı potansiyel arazi ünitesine (tarım, tarım-endüstrisi, turizm-rekreasyon, kent, hayvanlar için arazi

yönetimi, erozyon) ayırmışlardır. CBS sorgulamalarından elde ettikleri verilerle birlikte her bir arazi ünitesi için arazi kullanım planlamasındaki sorunları ve önerileri sunmuşlardır.

Sakthivadivel et al. (1999a), uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi tekniklerini kullanarak Hindistan-Bhakra sulama sisteminin performansını belirlemişlerdir. Araştırmacılar, 1995-1996 kurak periyoda ilişkin uydu verilerinden elde edilen toplam ekili alan, buğday ekili alan, buğday verimi verilerini toprak tipi, yeraltı suyu derinliği, yeraltı suyu kalitesi, kanal debileri, yağış ve evapotranspirasyon verileri ile IDRISI bilgisayar programı yardımıyla CBS ortamında entegre etmişlerdir. Tuzluluk ve yeraltı su düzeyinin yükselmesinin izlenmesinde uzaktan algılama ve CBS tekniklerinden yararlanılabileceğini belirtmişlerdir.

Amber and Galbraith (2000) Virginia’da yaptıkları çalışmada, doğal kaynaklara dayandırılmış kararları elverişli kılmak ve çevresel anlamda arazi kullanım planlaması yapmak için CBS’ni kullanmayı hedeflemişlerdir. Proje için oluşturulan toprak veri tabanı ile mevcut toprak bilgilerinin geliştirilebileceğini ve kolaylıkla güncellenebileceğini, bu bağlamda arazi kullanım planlamasının oldukça kolay hale geldiğini göstermişlerdir. İstenildiğinde haritalar tekrar üretilebilecek ve farklı alanlarda çalışanlar tarafından kullanılabilecektir.

Tuğaç vd. (2001), İç Anadolu bölgesinde yaptıkları çalışmada, araştırma alanının konumunu belirleyerek; toprak, arazi kullanımı, jeoloji, iklim, topoğrafya ve geçmiş yıllara ait üretim bilgilerini içeren tarımsal bir veri tabanı oluşturmuşlardır. Bu verileri kullanarak (üç boyutlu sayısal arazi modeli AecView programına ait değişik modüller

yardımla) alana ait tarımsal amaçlı mevcut arazi kullanım planlamasına temel teşkil edecek parsel alanları ve ürün desenlerini, toprak yapısının belirlenmesinde toprağın önemli özelliklerini ve toprak içindeki elementlerin dağılımını, ürün tipine göre optimum koşulları içeren uygun alanları belirlemişlerdir. Geçmiş dönemlerdeki ürün deseni ile şimdiki ürün deseni arasında karşılaştırmalar yapılarak değişimleri ortaya koymuşlardır.

Bocco et al. (2001), Mexico-Michoacan'da yaptıkları çalışmada, 1/50000'lik ve 1/250000'lik haritaları coğrafi bilgi sistemi özellikli bir program ile sayısallaştırarak, yöreye ait sayısal altlık harita oluşturmuşlardır. Bu metodun yer kontrol noktaları ve sayısal yükseklik verileri yardımıyla hava fotoğraflarının rektifiye edilmesine olanak verdiğini belirtmişlerdir. Araştırma alanına ait toprak özelliklerini, 1/50000'lik toprak haritalarının INEGI programında sayısallaştırılmasıyla saptamışlardır. Sonuç olarak, genel arazi şekilleri ve baskın arazi örtüsünün coğrafik dağılımını tanımlamış ve doğal kaynakların özet bir dökümünü çıkartmışlardır.

Fradkin and Doytsher (2002), İsrail'de parsel sınırları belirlenmesine dayalı kırsal kesimde kadastral bir veri tabanı oluşturmak için GPS ile kontrol noktalarını saptamışlar ve bunu eldeki kaynaklarla bağdaştırmışlardır. Bulunan veriler ve eldeki veriler veri tabanına eklenerek ve alansal analitik bir kadastro oluşturulmuştur.

Peerbocus and Jomier (2002), Fransız kadastrounda, kadastral planların dokümanlarını kullanarak kadastral değişimin yönetimini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, arazinin gelişimini temsil eden

kadastral bilgilerle ilgili konular üzerinde durmuşlardır. Bu yaklaşımın, arazinin kadastral planları, arazideki değişimin sebebi, değişimden sorumlu kişiler, değişimin yönetimi gibi bilgileri ve arazinin önceki durumunu veren çok yönlü bir veri tabanına dayandığını açıklamışlardır.

Çullu (2003), Harran Ovası'nın güneydoğusunda bulunan Arıcan köyündeki tuzlu topraklar üzerinde uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) teknikleri kullanarak tuzluluğun ürün verimine olan etkisini belirlemiştir. Toprak tuzluluğunun verim üzerine etkisini gözlemlemek amacıyla EC, arazi kullanımı, toprak (1/25000) ve parsel haritaları (1/5000) birleştirilerek CBS ortamında sorgulanmıştır. Çalışma sonucunda, pamuk ve buğday üretiminde tuzluluk etkisinin belirlenmesinde uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin uygun bir teknik olduğunu belirtmişlerdir.

Raji (2003), Nijerya'nın Kadawa bölgesinde sulanan alanlardaki arazi kullanımını belirlemiş, potansiyel arazi kullanım sınıfları ile çevresel özelliklerin arazi kullanımına olan etkilerini karşılaştırmıştır. Bu amaçla CBS içerisinde çalışma alanına ait 1/25000 ölçekli toprak haritaları ile 1/50000 ölçekli topoğrafik paftaları sayısallaştırarak, arazi uygunluk değerlendirmesinde kullanılan toprak derinliği, topoğrafya, eğim, bünye ve drenaj özelliklerini belirlemiştir.

Çetin ve Diker (2003), Aşağı Seyhan Ovası'nda yaptıkları bir çalışmada, taban suyu derinliğinde meydana gelen değişikliklerin mekansal değerlendirilmesi ile drenaj problemi olan alanların belirlenmesi için coğrafi bilgi sistemini (CBS) kullanmışlardır.

Büyükcangaz ve Demirtaş (2003) yaptıkları bir çalışmada, Bursa Mustafakemalpaşa Sulama Projesi alanına ilişkin topoğrafik verilerin depolanması ve gösteriminde coğrafi bilgi sistemi ile farklı yüzey modellerinin oluşturulmasını amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda; sulamayla araziye verilen suyun yüzey akışa geçmemesi ve drenaj kanallarına ulaşmadan belirli noktalarda göllenmesi; sulama alanında sorunlu bölgelerin oluşmasına neden olabileceğini belirlemişlerdir.

2.2 Su Dağıtım Performansının Değerlendirilmesi

Sulama sistemlerinde su dağıtım performansı, suyun yönetim amaçları doğrultusunda kaynaktan alınıp tarım arazisine iletim ve dağıtımını içermektedir (Merry et al., 1993).

Levine (1982), su temini oranının sulama sistemlerinde kullanılabilecek bir performans göstergesi olabileceğini belirtmiştir. Su temini oranını, toplam sulama alanı ve optimum bitki deseni için teorik su temini oranı; gerçekleşen bitki dağılımına göre ise gerçek su temini oranı olarak tanımlamıştır.

Garces, sulama sistemlerinin performansını değerlendirmek için su, insan, çevre ve ekonominin birbirleriyle ilişkilerini kapsayan bir metot geliştirmiştir. Metotta su için verimlilik, eşitlik ve randıman, insan için sosyal etmenler; çevre için göllenme, toprak kirliliği ve sulama suyu kalitesi; ekonomi için işletme ve bakım giderlerinin toplanma oranı değerlendirilmektedir (Rao, 1993).

Seckler et al., yönetim etkinliği için “sonuca göre yönetim (MBR)” olarak tanımladıkları performans indeksini ortaya koymuşlardır. Sonuca göre yönetim indeksinde sonuçlar (R), sistemin hedeflenen paydası (Po) ile gerçekleşen paydası (Ao) arasındaki ilişki olarak tanımlanmış ve $R=Ao/Po$ ile ifade edilmiştir. Sistemin işletimi mükemmel olduğunda $R=1$ olacağını, ancak bu durumun gerçekte mümkün olmaması nedeniyle R’nin önceden belirlenen hata payı içinde olması gerektiğini belirtmişlerdir (Rao, 1993).

Cuenca’ya (1989) göre, performans değerlendirmelerinde önemli ölçütlerden biri yeterlilik kavramıdır. Yeterlilik, sulanan arazinin ne kadarının, en azından net sulama gereksinimine eşit veya daha fazla miktarda su aldığını belirtir. Net sulama suyundan daha fazla verilen su, derine sızma ile kaybolur.

Palmer (1990) iki sekonder kanalda gerçekleşen su dağıtım miktarı ile çiftçinin istediği su miktarını karşılaştırarak su dağıtımını incelediği çalışmasında, ölçülen su miktarı ya da ortalama akış hızının, istenen su miktarı ya da akış hızına oranını “yeterlilik”; su dağıtımının gerçekleştiği gün sayısı ile istenen gün sayısı arasındaki günleri “zamanlama” olarak tanımlamıştır. Su dağıtımlarının %72’sinin bir günlük tolerans süresi içersinde gerçekleştiği görülmüştür.

Manz (1991) sulama sistemlerinin su dağıtım performansını değerlendirmede kullanılan verilerin toplanmadığını, toplanan verilerin de sağlıklı olmadığını belirtmiştir. Ayrıca simulasyon modelleri ile sulama sistemlerinin hidrolik, işletim ve hidrolojisini simule ederek su dağıtım performansının saptanabileceğini açıklamıştır.

Smith (1991) çalışmasında, performans göstergesi olarak; su dağıtım performansı, su dağıtım eşitliği, güvenilirlik/zamanlama, drenaj debisi, su kullanım randımanı, sulama sistem kapasitesinden yararlanma oranının kullanılabileceğini belirtmiştir. Su dağıtım performansını gereksinimin karşılanma oranı, dağıtım performansı oranı, planlanan dağıtımın gerçekleşme oranı ve sulama randımanı olarak dört gruba ayırmıştır.

Marikar et al. (1992), Sri Lanka'daki iki sulama sisteminin performansını eşitlik, yeterlilik, güvenilirlik göstergelerine ve yönetim yeteneğine göre analiz etmişlerdir. Bu performans göstergeleri ile ürün verimi arasındaki ilişkiyi belirtmişlerdir. Sonuçta, kötü sulama yönetiminin ürün üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu bulunurken, gübre, işgücü yoğunluğu gibi girdi ve kurumsal değişkenlerin olumlu bir etki yaptığı belirlenmiştir.

Jurriens (1993) izleme ve değerlendirmenin ana amacının, projede hedeflenen değerlerle gerçekleştirilen değerlerin karşılaştırması olduğunu açıklamıştır. Mevsimsel veya yıllık sonuçların değerlendirilmesi, günlük işletimin izlenmesi, sorunların değerlendirilmesi şeklinde üç performans parametresi ile yoğunluk performans oranı, kuru arazi oranı, eşit dağıtım oranı, su kullanım oranı ve akım performans oranı gibi performans göstergelerini önermektedir.

Malano et al. (1993), Tayland Thup-Salao sulama projesinde planlanan, gereksinim duyulan ve gerçekleşen su dağıtım verilerini değerlendirmişlerdir. Planlanan ile gereksinim duyulan dağıtımlar arasında yağışlı mevsimlerde %80, gereksinim duyulan ile gerçekleşen

dağıtımlar arasında kurak mevsimlerde %20'ye ulaşan geçici sapmalar belirlemişlerdir. Bu farklılığın, yağışların mevsimler itibarıyla değişmesinden ve işletim politikasının esnek olmayışından kaynaklandığını açıklamışlardır.

Beyribey vd. (1997) sulama sistemlerinin yönetimindeki temel yaklaşımlar üzerine yaptıkları araştırmada devlet, örgütler ve yerel yönetimlerce yapılan sulama işletmeciliğini incelemişlerdir. Ülkemizde bu işletmelerin hangisinin ne sebeple uygulandığı üzerinde durulmuştur. Tesisten faydalananların oluşturdukları örgütler ile hizmetlerin daha hızlı, düzenli ve ekonomik olarak yürütüleceğini; sulama sistemlerinde performans düzeyinin düşük olmasının en önemli nedeninin fiziki tesislere belirli ölçüde önem verilmesine karşın, insan faktörünün göz ardı edilmesi olduğunu ve katılımcı yönetime ilişkin çalışmalara hız verilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Değirmenci (1997), Bursa-Mustafakemalpaşa sulama projesinde ana ve sekonder kanal düzeyinde su dağıtım performansının ortaya konulması amacıyla gerçekleştirdiği çalışmada, 1996 yılı Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında kanallara verilen sulama suyunun dağıtım etkinliği, güvenilirliği ve yeterliliği ile su dağıtım performansını belirlemiştir. Sol sahil kanal düzeyinde su dağıtım performans oranları 5'inci ve 6'ıncı haftalarda istenilen düzeye ulaşmıştır. Y-1 sekonder kanalı düzeyinde etkinlik oranı 0.69 bulunmuştur. Y-1 sekonder kanalına verilen su miktarı fazla olmasına karşın etkin ve güvenilir olmadığı, 13 haftalık dönemde hesaplanan su dağıtım performans oranlarına göre işletim sırasında planlanan değerden 1.8 kat daha fazla su dağıtımının gerçekleştiğini saptamıştır.

Soğancı (1999) Konya–Doğanhisar-Yazlıca Göleti sulamasının etkinliğini değerlendirmek amacıyla yaptığı çalışmada, fiziksel etkinlik kapsamında su iletim randımanı, sulama eş dağılımı ve sulama yeterliliği; tarımsal etkinlik olarak sulama ağının yeterliliği ve güvenilirlik; yönetim etkinliği olarak optimum bitki deseni, çiftçilerin sulama zamanı belirleme yeteneği ve su dağıtım planları; organizasyon, kurumsal yapı ve ekonomik etkinlik olarak sulama oranı, iç karlılık oranı ve ücret tahsili oranı göstergelerini belirlemiş ve değerlendirmiştir. Sulama ağının su iletim randımanını 0.49, salma sulama uygulamalarının yapıldığı proje alanında sulama oranını %68 olarak bulmuştur.

Sakthivadivel et al. (1999b), su ve toprak girdilerine karşın sulu tarımdan elde edilen çıktılarla ilişkili olan dört grup karşılaştırmalı performans göstergesi tanımlamışlardır. Bu göstergelerin, bir sistemin diğer bir sistemle karşılaştırmasında, bir sistemdeki performansın zamansal analizinde, bir sistemdeki performansın mekansal değişiminin analizinde ve sistem tiplerinin performansının karşılaştırmasında olmak üzere dört tip uygulamasını göstermişlerdir.

Jahromi et al. (2000) İran-Doroodzan sulama sisteminin su dağıtım performansını değerlendirdikleri çalışmalarında, sulama alanının başında, ortasında ve sonunda olmak üzere üç adet tersiyer sulama kanalı seçmişlerdir. Ardışık beş sulama için tersiyer kanallardan alınan su miktarını ölçmüşlerdir. Performans göstergeleri, sistemin fiziksel yapısının yönetimin planladığı miktarda suyu dağıtabilecek özellikte olduğunu göstermiştir. Tersiyer kanalların tarla düzeyinde su dağıtım güvenilirliği, eşitlikten daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, sulama sisteminde gerçek bitki gereksinimine göre su dağıtımının yapılmadığı belirlenmiştir.

Ocak (2000), 1995 yılında sulamaya açılan Şanlıurfa-Harran Ovası Merkez Sulama Birliği sahasında yaptığı araştırmada, sulama şebekesinin fiziki yetersizliği, su dağıtım ve kullanımı ile işletme, bakım ve yönetiminde ortaya çıkan problemleri ele almıştır. Sulama şebekesi genelde yeterli olmasına rağmen, şebekenin planlama ve inşasında hatalar olduğunu, kanaletlerin taban kotlarının uygun seviyede olmadığını ve ayaklarına yeterli blokaj malzemesi konulmadığını, bazı kanaletlerin ise gereksinim olmayan yerlere yapıldığını saptamıştır. Devamlı akış metodunun uygulandığı şebekede, su dağıtım ve kullanımında yapılan hatalar sonucunda, sulama suyunun büyük bir kısmının kullanılmadan tahliye kanalına aktığını; çiftçilerin sulamalarda gereğinden fazla su kullandığını; bazı çiftçilerin ise kanaletlerden su almak için kanaletlerin içerisine taş, toprak doldurarak veya kırarak şebekeye zarar verdiğini; çiftçilerin modern sulama yöntemlerini bilmediklerini ve yüzey sulama yöntemlerini de tekniğine uygun bir şekilde yapmadıklarını belirlemiştir.

Hales and Burton (2000), Jamaika’da Rio Cobre sulama sisteminin performansını belirlemede IRMOS (sulama yönetimi ve optimizasyon) modelini kullanmış ve performansın geliştirilmesi için bazı yaklaşımları ve ulaşılabilecek performans düzeyini tanımlamıştır. Belirli bitki deseni, yağış, iklim ve su kaynağı koşulları için elde edilen optimum performans ile gerçekleşen performans karşılaştırılmıştır. Performans göstergesi olarak toplam etkili yağış, oransal su temini, oransal verim, oransal karlılık ve birim sudan elde edilen verim göstergeleri kullanılmıştır. Performansı iyileştirmek için, su tahsis politikasını değiştirmek suretiyle su yönetimini iyileştirmek; iletim kayıplarını azaltmak için, işletimi iyileştirmek; kaynağı talebe göre düzenlemek için, prizlerin işletim şeklini modifiye etmek ve sistemi tam kapasitede çalıştırarak sulanan alanı artırmak şeklinde dört öneride bulunmuşlardır.

Yazgan ve Değirmenci (2002), 1992-1996 yıllarında Bursa yeraltı sulamasının sistem performansını fiziksel, ekonomik ve kurumsal olmak üzere 15 etkinlik göstergesini kullanarak değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda, su temin oranını 0.6-1.09, sulama oranını %57-81, bitki deseni gerçekleşme oranını %71.7-96.6, su kaynağından yararlanma oranını %61-115.3, birim alana su kullanımını 5917.3-8701.3 m³/ha ve su ücreti toplama oranını %71-100 bulmuşlardır. Etkin bir sulama yönetimi için çiftçi, pazar ve su kaynağı koşullarına uygun bir sulama planlamasının gerekliliğini ortaya koymuşlardır.

Değirmenci (2004), Kahramanmaraş bölgesinde bazı sulama şebekelerinin sistem başarılarının değerlendirilmesinde Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü (IWMI) tarafından geliştirilen karşılaştırma göstergelerini ve sulama oranı göstergesini kullanmıştır. Çalışmasında, sulanan alan brüt üretim değeri 859-3061 \$/ha, proje alanı brüt üretim değeri 430-2573 \$/ha, saptırılan suya karşılık brüt üretim değeri 0.07-3.46 \$/ha, bitki su ihtiyacına karşılık brüt üretim değeri 0.22-0.73 \$/m³, su temin oranı 0.17-3.89 ve sulama oranı %40-90 olarak bulunmuştur.

Merdun (2004), 2001 yılı için Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü'nün (IWMI) dışsal göstergelerini kullanarak 239 adet (57'si DSİ ve 182'si sulama birlikleri tarafından işletilen) sulama şebekesinin performansını havza, bitki deseni ve proje büyüklüğü bazında değerlendirmiştir. Ağırlıklı olarak meyve-sebze ve endüstriyel bitkilerin yetiştiği havzaların birim alan ve birim su başına elde edilen üretim değerleri, ağırlıklı olarak tahıl yetiştirilen havzalara göre daha yüksek bulunmuştur. Varyans analizi (ANOVA) sonuçları bütün şebekelerdeki

bitkilerin su temin oranı hariç altı gösterge arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olduğunu göstermiştir ($P=0.05$). Bununla birlikte, bütün şebekelerin sulama oranı hariç, altı gösterge arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı görülmüştür. Şebekelere gereksinim duyulandan daha fazla su (yaklaşık iki kat) verilmesine karşın, su etkili bir şekilde kullanılamamıştır. Bunun nedeni, uygun olmayan bitki deseni ve yoğunluğu, sulama alt yapısı, verilerin güvenilirliği, yönetici ve çiftçilerin eğitim durumları ve yönetim yapısı gibi tahmini faktörler yüzünden birim alan ve suya karşı elde edilen üretim değeri kısmen düşüktür.

Atış vd. (2005), Menemen Sulama Sistemi performansını 1995-2003 yılları arasında, Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü (IWMI) tarafından geliştirilen dışsal performans gösterge setinden yararlanarak Sol ve Sağ Sahil Sulama Birlikleri için ayrı ayrı değerlendirmişlerdir. Birim arazi ve birim su başına Standart Brüt Üretim Değeri (SBÜD) açısından hesaplanan ilk dört göstergeye göre, yetiştirilen bitkisel ürünün tipine bağlı olarak Sağ Sahil Sulama Birliği'nin daha başarılı olduğu görülmüştür. Su kullanım performansı göstergeleri, her iki birlik için de sağlanan suyun yeterli olduğunu ve kapasitenin bitki su gereksinimlerini karşılamak için sınırlı olmadığını, yatırımın geri dönüş oranı açısından Sol Sahil Sulama Birliğinin daha başarılı olduğunu saptamışlardır. Her iki sulama birliğinde de incelenen dönemde bir çok yıl için finansal yeterlilik sağlandığını, üreticilerin su kirliliğini ovadaki en önemli çevre sorunu olarak gördüğünü, incelenen işletmelerdeki arazilerin önemli bir bölümünde, tuzluluk ve su birikimi gibi degradasyon sorunları bulunduğunu, üreticilerin su kirliliği yönünden sulama sisteminden

kaynaklanan sorun ve şikayetleri bulunmasına karşın özellikle ekonomik kriterler açısından sulama şebekesini tercih ettiklerini belirlemişlerdir. Çalışmada, dokuz adet performans göstergesi kullanılmıştır (Molden et al., 1998). Bu göstergeler aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır.

$$1) \text{ Sulanan Birim Alan Başına SBÜD}(\$/\text{ha}) = \frac{SBÜD}{SulananAlan}$$

2) Öngörülen Birim

$$\text{Sulama Alanı Başına SBÜD}(\$/\text{ha}) = \frac{SBÜD}{ÖngörülenSulamaAlanı}$$

$$3) \text{ Sağlanan Birim Sulama Suyu Başına SBÜD}(\$/\text{m}^3) = \frac{SBÜD}{SağlananBirimSu}$$

$$4) \text{ Tüketilen Birim Sulama Suyu Başına SBÜD}(\$/\text{m}^3) = \frac{SBÜD}{TüketilenBirimSu}$$

Sulanan Alan (ha): Değerlendirme döneminde sulanan alan toplamı

Öngörülen Sulama Alanı (ha): Projede sulanması öngörülen alan

Tüketilen Su (m³): Sulanan bitkilerin toplam su tüketim miktarı

$$5) \text{ Su Sağlama Oranı} = \frac{\text{Toplam Sağlanan Su}}{\text{Bitki Su Tüketimi}}$$

$$6) \text{ Sulama Suyu Sağlama Oranı} = \frac{\text{Sulamaya Sağlanan Su}}{\text{Sulama Suyu Gereksinimi}}$$

$$7) \text{ Su Dağıtım Kapasitesi Oranı} = \frac{\text{Sistem Başına Kanal Kapasitesi}}{\text{Pik Sulama Suyu Gereksinimi}}$$

Toplam Sağlanan Su (m^3): Yüzey sulama suyu, yeraltı suyu ve yağış miktarları toplamı

Bitki Su Tüketimi (m^3): Potansiyel bitki su tüketimi

Sulamaya Sağlanan Su (m^3): Sulamada kullanılan yüzey sulama suyu toplamı

Sulama Suyu Gereksinimi (m^3): Bitki su tüketimi ile etkili yağışın farkı

Sistem Başına Kanal Kapasitesi (l/s): Sistemin başlangıç noktasındaki kanal kapasitesi

Pik Sulama Suyu Gereksinimi (l/s): Toplam sulama suyu gereksiniminin en fazla olduğu aydaki pik debi.

$$8) \text{ Yatırımın Geri Dönüş Oranı} = \frac{SBÜD}{SulamaSistemiMaliyeti}$$

$$9) \text{ Finansal Yeterlilik} = \frac{Sulama \text{ Ücretlerinden Sağlanan Gelir}}{Toplam İşletme Bakım masrafı}$$

Bu eşitliklerde, SBÜD; Standart Brüt Üretim Değeri olup aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$SBÜD = \left[\sum_{ürünler} A_i Y_i \frac{P_i}{P_b} \right] P_{dünya}$$

Eşitlikte;

A_i : “i” ürününün üretim alanı;

Y_i : “i” ürününün verimi;

P_i : “i” ürününün yerel fiyatı;

P_b : Baz alınan ürünün yerel fiyatı;

$P_{dünya}$: Baz alınan ürünün dünya fiyatını göstermektedir.

Şener vd. (2007), Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü (IWMI) tarafından geliştirilen bazı karşılaştırmalı göstergeler yardımı ile Hayrabolu sulama şebekesinin tarımsal, ekonomik, su kullanımı, fiziksel ve çevresel performansını değerlendirmişlerdir. Çalışmada, su kullanım performansı göstergelerinden nispi su sağlama ve nispi sulama suyu sağlama değeri sırasıyla, 1.91 ve 1.55 olarak hesaplanmıştır. Su dağıtımı ile bitki su gereksinimi arasında sıkı bir ilişkinin olmadığını, ekonomik performans göstergeleri de, şebekenin su toplama konusunda ciddi bir probleme sahip olduğunu göstermiştir. Sulama oranı ve sürdürülebilir sulama alanı olarak değerlendirilen fiziksel performans değeri zayıf olarak belirlenmiştir. Çevresel performans değerlendirmesi, alanda tuzluluk ve göllenme gibi zararların oluşmadığını ortaya koymuştur.

Öğretir ve Beyribey (1997) tarafından Eskişehir sulama şebekesinde 1984-1995 yıllarına ilişkin su kullanım, tarımsal, ekonomik, sosyal ve çevresel etkinlik göstergelerinin ve sulama performansının değerlendirildiği araştırmada, proje randımanı %55, aylık su temini oranı ortalama 4.1, yıllık su temini oranı 2.3, sulama oranı %48, karlılık oranı 2.9, mali etkinlik oranı %95, mali yeterlilik oranı %26, toplanan su ücret oranı %83 ve sürdürülebilir sulama alanı oranı %98 olarak belirlenmiştir.

Erdem ve Alput (1997), Hayrabolu sulama şebekesinde, 1987-1994 yılları arasında bitki deseninde ve su dağıtım yöntemlerindeki değişimlerin etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, kullanılan su miktarı ve sulama modülleri belirlenerek, ana kanal kapasitesinin hesaplanmasında kullanılan istek ve devamlı akış yöntemleri karşılaştırılmıştır.

Avcı vd. (1998), Bergama-Kestel Baraj sulaması 1997 yılı verilerini IWMI tarafından belirlenen karşılaştırmalı performans göstergelerine göre değerlendirmişler ve sonuçları Aşağı Seyhan Ovası sulamasına ait değerlerle karşılaştırmışlardır. Bergama-Kestel Baraj sulamasının birim alan ve birim sulama suyu başına elde edilen bitkisel üretim değerleri, pamuk ekim oranının %85 gibi yüksek bir değere sahip olması nedeniyle Aşağı Seyhan Ovasına ait değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Kestel Baraj sulamasında su temini oranı 1.57 ve sulama suyu temini oranı 0.89 olarak bulunmasına karşın, bu değerler Aşağı Seyhan Ovası sulama projesinde sırasıyla 2.07 ile 2.15 olarak elde edilmiştir. Kestel Baraj Sulaması sağ ve sol sahil ana kanal kapasiteleri dikkate alınarak hesaplanan su dağıtım kapasitesi göstergesi (3.15), Aşağı Seyhan sulamasınınkinden (2.62) daha yüksek bulunmuştur.

Girgin vd. (1999), Menemen sulama şebekesinin sulama birliklerine devri öncesi ve sonrasında su yönetimine ilişkin bir araştırma yapmışlardır. 1984-1995 yılları arası devir öncesi, 1996-1998 arası devir sonrası olarak alınmıştır. Çalışmada, devir öncesi döneme göre; sulama birliklerine devirden sonra birim alan ve birim sudan daha etkili yararlanıldığı saptanmıştır. Sulama birliklerine devir uygulamasının su yönetimi açısından belirgin farklılaşmalar sağlamadığı, buna karşın değişimin olumlu yönde olduğu görülmüştür. Özellikle su ücretlerinin toplanmasındaki başarı, işletmelerin kendine yeterliliği açısından önemli bir ilerleme olarak değerlendirilmiştir.

Ünal vd. (1999), İzmir-Menemen Ovası sulamasında yer alan sulama tesislerinin yapısal yönden yeterlilik durumunun ortaya konması amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, sulama ve drenaj

şebekelerine ait sanat yapıları tiplerine göre sınıflandırılıp karşılaşılan yapısal sorunlar belirlendikten sonra, sulama şebekesindeki her bir sekondere ait tersiyer kanalların debileri, su dağıtım kapasiteleri, uzunlukları ve şebekedeki tersiyer yoğunlukları değerlendirilmiştir. Sistemin bundan sonraki yenileme çalışmalarında kanal güzergahı ve kapasitelerinin yeniden belirlenmesi; su ölçüm yapısı olarak kullanılan sabit yüklü orifislerin amacına uygun kullanılması; kanallardan su alınırken sisteme zarar vermemesi için çiftçi eğitimine ağırlık verilmesi gerektiği şeklinde önerilerde bulunmuşlardır.

Beyazgül vd. (1999), Gediz Havzasında sulama şebekelerinin performansını değerlendirmek amacıyla, 1998 sulama sezonunda, Adala Sağ Sahil ve Menemen Sol Sahil sulama şebekesinde ana kanal, sekonder kanal, tersiyer kanal ve tarla düzeyinde gözlem ve ölçümlere dayalı olarak, sulanan birim alandan elde edilen üretim değeri, birim suya karşılık üretim değeri ve oransal su sağlama oranı gibi performans göstergelerini hesaplamışlardır. Oransal su sağlama değerinin pamuk için ortalama 1.26 ve mısır için 1.20, birim suya karşılık verimin pamuk için 0.70-1.30 kg/m³, mısır için 1.83 kg/m³ olduğunu saptamışlardır. Sulama sezonu başlangıcında, çiftçilerin çoğunun ilk sulamalarını yapmak istemeleri nedeniyle yeterli su olmasına karşın su dağıtımı mevcut kanal kapasitesi ile sınırlı olduğundan su sıkıntısı görüldüğünü belirtmişlerdir.

Akkuzu vd. (2003) yaptıkları çalışmada, Menemen Sol Sahil sulama sisteminin 1999 ve 2000 yılı sulama sezonlarına ilişkin su dağıtım performansı; sulama yoğunluk oranı (IIR), akış dağıtım oranı (FDR), su kullanım oranı (WUR), akış üniformluk oranı (FUR) ve akış güvenilirlik oranı (FRR) göstergelerine göre değerlendirmişlerdir.

Sistemde su temininde yeterlilik durumunu gösteren IIR, FDR ve WUR değerleri her iki sulama sezonu için genel olarak 1'den küçük bulunmuştur. Bu durumun, sistemde su kaynağının yetersiz olduğunu gösterdiğini; su temininde mekansal değişkenliği gösteren FUR ile zamansal değişkenliği gösteren FRR değerleri 1'den küçük çıktığından, gerçekleşen su dağıtımının üniformluğunun ve güvenilirliğinin kötü olduğunu ifade etmişlerdir.

Akkuzu ve Karataş (2004) yaptıkları çalışmada, İzmir ili dahilindeki Menemen Sağ Sahil, Menemen Sol Sahil ve Kestel Sulama Birliklerinin 1999-2002 yılları arasında genel sulama planlarının gerçekleşme düzeyini belirlemişlerdir. Sulama sezonu öncesi hazırlanan bu planlar, planlanan sulama oranı, planlanan bitki deseni ve planlanan su dağıtım programına göre değerlendirilmiştir. Çalışmada, her üç sulama birliği sulama oranı ve bitki deseni yönünden değerlendirildiğinde, planların gerçekleşme düzeyinin Kestel Sulama Birliği dışında yüksek olduğu, su dağıtımı yönünden değerlendirildiğinde ise su kaynağının yetersizliğinden dolayı sistemlere genel olarak Temmuz ve Ağustos ayları haricinde yeterli su verilemediği; bu nedenle de planların gerçekleşme düzeyinin dağıtım programları açısından düşük olduğu belirlenmiştir.

Kılıç ve Özgürel (2005) çalışmalarında, Menemen Sol Sahil sulama şebekesinde yer alan farklı bitkilerin sulama programlarını, PERT ve CPM proje programlama tekniği esaslarına göre modellemişlerdir. Sistemde, sulama süresi ve kanalların su taşıma kapasitelerine ilişkin kısıtlar, modelin çalıştırılmasıyla elde edilen “sulama serbestlik süresi” parametresi yardımıyla giderilmiştir. Modelin çalıştırılmasıyla elde edilen sonuçlara göre, sisteme verilen suyun farklı zaman noktalarına

dağılımı, gerçekte verilen su miktarıyla karşılaştırılmıştır. Mayıs ve Haziran aylarında suyun yetersiz kaldığı, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise sırasıyla, %201, %862.4 ve %395.1 oranlarında fazla su verildiği saptanmıştır. Ulaşılan sonuçlar, kaynakların etkin kullanılabilmesi için, bilimsel yöntemle hazırlanmış sulama programlarının uygulanması zorunluluğunu ortaya koyduğunu belirtmişlerdir.

2.3 Sulama Randımanlarının Belirlenmesi

Jensen et al. (1967) göre, tarla içi sulamalarında başlıca kayıpların yüzey akış nedeniyle ve suyun arazide düzensiz dağılmasıyla ortaya çıkmaktadır. Ayrıca uzun süreli sulamalarda çok miktarda suyun bitki kök bölgesinden aşağılara perkole olduğunu, kayıpların birinin diğerine göre azlığı veya çokluğu toprağın su emme hızına, arazinin eğimine, sulama yöntemine, sulama suyu debisine, tarlanın büyüklüğüne ve sulayıcının yeteneğine bağlı olarak değiştiğini ve sulayıcının yeteneğinin faktörler arasında sulama randımanını etkileyen en önemli etken olduğunu belirtmişlerdir.

Hart et al. (1979), sulamanın etkinliği hususunda yalnızca su uygulama randıman sonuçları ile yargıya varmamak gerektiğini, düşük miktardaki su uygulaması durumunda suyun bitki kök bölgesinde tamamen depolandığını, yüzey akış ve derine sızma kayıpları olmadığını ve bundan dolayı su uygulama randımanının yüksek çıktığını, bu nedenle sonuçların doğru değerlendirilmesi için su depolama ve su dağıtım randımanlarının da dikkate alınması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Merriam et al., sulama sistemlerinin değeriendirilmesinde su uygulama randımanını en az su alan çeyrekte infiltre olan ortalama su derinliğinin uygulanan ortalama sulama suyu derinliğine oranı; dağıtım üniformluğunu, bu çeyrekte infiltre olan ortalama sulama suyu derinliğinin ortalama infiltrasyon derinliğine oranı olarak tanımlamışlardır. En az su alan çeyrekteki ortalama infiltre olan su derinliğini arazide ölçülen ve her biri eşit alanı temsil eden değerielerin en düşük dörtte birinin ortalamasını alarak saptamışlardır (Rao, 1993).

Solomon'a (1984) göre, sulamada uygulanan sulama suyu miktarı kadar verilen suyun bitkilere türdeş dağıtımı da önemlidir. Türdeş olmayan sulamalar, sulanan arazinin bir kısmını sudan yoksun bırakmakla kalmayıp, diğeri bölümlerin gerektiğinden fazla su alarak göllenmesine ve bitkilerin aşırı sudan zarar görmesine, toprağın tuzlulaşmasına, bitki besin maddelerinin yıkanarak taban suyuna karışmasına neden olmaktadır.

Allen (1985), su dağıtım oranını etkileyen faktörler arasında çiftlik büyüklüğü, su dağıtımının süresi ve periyodu, çiftlik su alma yapıları, çiftlik su kontrolü ve işçiliğini saymaktadır. Su uygulama randımanını etkileyen en önemli faktörler sulama yöntemi ve toprak tipi, uygulanan sulama suyu miktarı ve çiftlik modülüdür. Farklı toprak bünyeleri ve sulama yöntemleri için su uygulama randımanları saptanmalıdır.

Beyribey (1989), Konya-Alakova yeraltı suyu işletmesinde su dağıtım ve kullanım etkinliğini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada, sulama sistem performansını fiziksel, tarımsal, ekonomik ve su dağıtım etkinliği şeklinde tanımlamış ve su dağıtım randımanını 2.8 L/s/100 m, su uygulama randımanını %49 olarak saptamıştır.

Clemmens (1991) tarafından bildirildiğine göre, sulama sistemlerinin performanslarının belirlenmesinde, sistem tasarımına etki eden faktörlerin değerlendirilmesi güçtür. Sulama üniformitesinin arazide belirlenmesi zaman alıcı, masraflı ve güçtür. Üniformite düzeyi, potansiyel sulama randımanını, dolayısıyla belirli bir ürün için gerekli olan su miktarını da etkilemektedir.

Burt et al. (1997) göre, sulama sistemlerinin tasarım ve işletiminde bitkisel üretim kadar, suyun etkin kullanımı da önceliklidir. Suyun etkin kullanımı, bitkisel üretimle geçimin sağlanabilmesi bakımından çok önemlidir. Günümüzde bilinçli çiftçiler, su ücretlerini, aşırı sulamadan kaynaklanan çevresel kirlilik potansiyelini ve tarımda sürdürülebilirliği de göz ardı etmemektedir. Bilinçli su kullanıcıları kendilerine ayrılan sulama suyunu akıllıca ve gerektiği kadar kullanmaktadır.

Balaban (1970) çeşitli bölgelerde yaptığı araştırmalarda, su iletiminde ve sulamalar esnasında çok büyük kayıplar olduğunu belirlemiştir. Su uygulama randımanlarının, karık sulamanın uygulandığı Alpulu Ovası'nda %30-85, Konya Ovası sulamasında %16-86, Tokat Ovası sulamasında ise %31-83 arasında değiştiğini bulmuştur.

Oylukan (1970), Eskişehir-Alpu sulama şebekesinde tesviyeli arazilerde su uygulama randımanını %58, su depolama randımanını %84; tesviyesiz arazilerde ise bu oranları %53 ve %81 olarak saptamıştır. Topoğrafik durumu, toprak özellikleri, sulama metotları ve üreticileri farklı tarlaların su uygulama randımanları %23-89, su depolama randımanları da %61-98 değerleri arasında bulunurken yedi yıllık çalışma sonuçlarına göre ise su uygulama randımanları %50-55 ve su depolama randımanları ise %75-80 olarak belirlenmiştir.

Keller'e (1967) göre, yüzey sulama yöntemleri için ortalama tarla su uygulama randımanları Çizelge 2.1'de verildiği gibi değişmektedir.

Çizelge 2.1 Yüzey sulama yöntemleri için ortalama tarla su uygulama randımanları (Keller, 1967)

Sulanan Alanın Durumu	Yüzey Sulama Metodları			
	Border	Karık	Salma	Tava
1. Kumlu topraklar				
(a) İyi tesviye edilmiş	%60	%40-50	%45	%70
(b) Yetersiz tesviyeli	%40-50	%35	%30	-
(c) Ondüleli veya çok meyilli	-	%20-30	%20	-
2. Orta bünyeli derin topraklar				
(a) İyi tesviye edilmiş	%70-75	%65	%55	%70
(b) Yetersiz tesviyeli	%50-60	%55	%35	-
(c) Ondüleli veya çok meyilli	-	%35	%30	-
3. Orta bünyeli sıg topraklar				
(a) İyi tesviye edilmiş	%65	%50	%45	%60
(b) Yetersiz tesviyeli	%40-50	%35	%35	-
(c) Ondüleli veya çok meyilli	-	%30	%30	-
4. Ağır topraklar				
(a) İyi tesviye edilmiş	%60	%65	%50	%60
(b) Yetersiz tesviyeli	%40-50	%55	%45	-
(c) Ondüleli veya çok meyilli	-	%35-45	%30	-

Ertaş (1980), Konya Ovası sulama şebekesinde yürüttüğü çalışmada, kaplamalı kanallarda sızma kayıplarını en fazla 0.8 l/s/100m, aynı debiye yakın sulama suyunu ileten kaplamasız toprak kanallarda 14.2 l/s/100m olarak bulmuştur. Su uygulama randımanını tarla içi geliştirme hizmetleri tam, uzun tava yöntemi ile kontrollü sulama yapan çiftçi tarlasında %98.9 bulmuştur. 50-60 cm derinlikte geçirimsiz bir kalker tabakasının bulunmasından dolayı derine sızma olmadığını belirtmiştir. Bunun yanında göllendirmeli tava yöntemi ile sulanan yonca tarlasında su uygulama randımanı %28.7 olarak saptamıştır.

Öğretir (1981), Eskişehir Çifteler DSİ sulama şebekesinde yaptığı araştırmada, beton kaplamalı kanallarda 21 testin ortalamasına göre sızma kayıplarının 1-4 l/s/100m arasında değiştiğini ve ortalama 2.44 l/s/100m olduğunu; çiftçi tarlalarında yapılan sulamalarda su uygulama randımanlarının tava ile sulanan şeker pancarında %40.8, pamukta %38, adi salma yöntemiyle sulanan yoncada %41.1, karık metoduyla sulanan sebzelerde ise %44.7 olduğunu saptamıştır.

Şahin (1984), Türkiye’de bulunan sulama kanallarındaki su iletim ve çiftlik almacından sonraki kayıpların dışında, sulamalarda ortalama %30 daha fazla su kullanıldığını belirtmiştir. Aşırı su kullanımının nedenlerini; sulama alanındaki topoğrafya bozukluğu, işletmelerin çok sayıda küçük parselli ve dağınık olması, çiftçi eğitiminin yetersizliği ve çok su kullanma alışkanlığı, devlet sulamalarında kullanılan suyun sağlıklı ölçülememesi, tesislerin ve tarla içi geliştirme hizmetlerinin yetersiz kalması olarak sıralamıştır. Ayrıca, aşırı su kullanımı sonucu taban suyu probleminin ortaya çıktığını açıklamıştır.

Güngör ve Yıldırım (1987), sulamalarda oluşan derine sızma kayıplarının, uygulanan sulama yöntemine ve tarlaya verilen su miktarına bağlı olarak kanallardan alınan suyun %15-50’si kadar olduğunu belirtmişlerdir. Suyun yüzey akışı ile araziden uzaklaşması nedeniyle oluşan tarla kayıpları, arazinin topoğrafik durumuna, toprak bünyesine, uygulanan sulama yöntemine ve sulayıcıların yeteneğine bağlı kalmaktadır. Bu kayıplar, genellikle tarlaya alınan suyun %20-60’ı kadar olabilmektedir. Sulama randımanına, su kayıpları yanında suyun maliyeti, miktarı, işgücü, su kontrol kuruluşu, toprak ve bitki özellikleri etkili olabilmektedir. Suyun pahalı ve kısıtlı olduğu koşullarda randıman genellikle yüksek, suyun bol olduğu koşullarda ise düşük olmaktadır.

Ranjbar (1989), Ankara Köprüköy sulamasında su kullanım ve dağıtım randımanlarının saptanması amacıyla yaptığı çalışmada, beton kaplamalı trapez kesitli sulama kanallarında ortalama sızma kayıplarını ana, yedek ve tersiyer kanallarda sırasıyla 2.42, 1.47 ve 0.52 m³/gün/m² bulmuştur. Su uygulama randımanını %51.9 olarak hesaplamıştır.

Sharma and Oad (1990), Kuzey-Batı Hindistan ve Pakistan'daki Warabandi sulama sisteminde iletim kayıplarının su dağıtımına olan etkisini araştırmışlardır. Sistemde, birim alan başına eşit sulama süresi ayrıldığından, sulama alanlarının sonunda yer alan arazilerin, başta bulunanlara göre daha az su alabildiklerini saptamışlardır. Bu nedenle, sulanan alanda son kısımlarda yer alan arazilere doğru gidildikçe birim alan başına düşen sulama süresini artırmak suretiyle değişken-zamanlı su dağıtım modeliyle eşitlik sağlanabileceği belirlenmiştir.

Plusquellec et al. (1990), Asya, Afrika ve Latin Amerika'da büyük ölçekli yerçekimi sulamalarında su kullanım etkinliği performans göstergelerinden birisi olan toplam sulama randımanını belirlemişlerdir. Bu çalışmada, değerlendirilen şebekelerde su iletim ve dağıtım randımanı %61-93, su uygulama randımanı %45-75 ve toplam sulama randımanı %26-70 arasında saptanmıştır.

Beyribey ve Şahin (1990), Konya Alakova sulama alanında 1989 yılı sulama sonuçlarını bilgisayar yardımıyla değerlendirmişlerdir. Çalışmada FAO tarafından geliştirilen Cropwat paket programı kullanılmıştır. Sulama alanında, çiftçinin uyguladığı sulama suyu miktarı ve sulama tarihi göz önüne alınarak sulama zamanının planlanması söz konusu program yardımıyla değerlendirilmiştir. Ayrıca, bitki su tüketimleri ve sisteme çekilmesi gereken su miktarı hesaplanarak mevcut çekilen su miktarı ile karşılaştırılmıştır.

Myint (1991), Myanmar Kinmundaung sulama sisteminde kanal su kayıplarını yüksek, toplulaştırma ve tesviye yapılmamış olmasından dolayı sulama randımanını düşük olarak bulmuştur. Sistemin performansını yönetim, mühendislik ve çiftçi katılımının etkilediğini, işletme açısından personelin yetersiz kaldığını, bakım ve onarıma ayrılan bütçenin az olduğunu, yönetim sorunları için sulama randımanının sürekli izlenmesi gerektiğini belirtmiştir.

Clemmens (1991), günümüzde sulama sistemlerinde %100 türdeşlik ile sulama suyu uygulanmasına olanak bulunmadığını, eğer su kısıtlı değilse, arazinin her bölümüne eşit miktarda su uygulamak için gerekenden fazla sulama suyu uygulanması gerektiğini, sulama suyunun yetersiz olduğu koşullarda uygulanan kısıntı nedeniyle arazinin bazı bölümlerinin su almamasının söz konusu olduğunu belirtmiştir.

Bayrak (1991) tarafından, Köy Hizmetlerinin inşa ettiği göletler ile sulamaya açılan alanlarda çiftçi sulama randımanları ve sulama kanallarında sızma kayıplarını saptamak amacıyla 1986-1989 yılları sulama mevsimlerinde yapılan çalışmada, kayıplar giren akımın %'si olarak en az %0.137, en çok %3.337, ortalama %1.315 olarak belirlenmiştir. Su uygulama randımanı en düşük %35.1, en yüksek %94.4, ortalama %70.5; en düşük su depolama randımanı %17, en yüksek %90.8, ortalama %52.2 olarak bulunmuştur.

Öğretir (1992), Eskişehir sulama projesinde buğday ve şeker pancarı parsellerinde ortalama su uygulama randımanını %66, sızma kayıplarını 100 m kanal uzunluğu için, giren-çıkan akışı esas alarak, ana kanalda %3.5-6.4, kaplamalı sekonder kanallarda %0.2-0.5, kaplamalı tersiyer kanallarda %1-14, tarla hendeklerinde ise %8-60 bulmuştur.

Rijo and Almedia (1993), su iletim randımanını Portekiz-Sorraia sulama projesinde giren-çıkan akım metoduna göre belirlemişlerdir. Su iletim randımanını, iki sulama sezonunda çalışma günlerinde daha yüksek, hafta sonu ve gece daha düşük bulmuşlardır. Gündüz %80'e kadar yükselen su iletim randımanının, gece ve hafta sonu yaklaşık %50'ye kadar düştüğünü, su kayıplarının ana kanalda %34, sekonder kanalda ise %40 olduğunu saptamışlardır.

Değirmenci (1997) tarafından bildirildiğine göre; su uygulama randımanlarına ilişkin ilk detaylı tarla ölçümleri, Beckett ve arkadaşları tarafından California'da gerçekleştirilen karık ve yağmurlama test sonuçları ile açıklanmıştır. Yapılan 40 ölçüm sonucunda farklı randımanlar elde edildiğini, en düşük %26, en yüksek %73 değerlerinin bulunduğunu, yine California'da yapılan bir başka çalışmada ise; hurma parsellerinde karık yönteminin kullanılması ile %80, narenciye bahçelerinde karık yöntemiyle %21-74 arasında değişen su uygulama randımanlarının bulunduğu belirtilmiştir.

Brewer et al. (1997) Güney Hindistan-Tambrapani sulama sisteminde su dağıtım performansı ve su dağıtım kurallarını belirlemek için yaptıkları araştırmada, sistemin sonundaki kanalların yeterli miktarda su alamadıklarını ve su iletim randımanının çok düşük olduğunu belirlemişlerdir. Bu durumun, yeterli kanal bakımının yapılmamasından, otlanma, yönetim ve su dağıtım kurallarından kaynaklandığını belirterek alınması gerekli önlemleri açıklamışlardır.

Levine et al. (1998) Meksika’da Coahuilla Durango sulama sisteminde parsel ve sekonder kanal girişlerindeki debi değerlerinin ölçüldüğü ve verimin belirlendiği çalışmada, parsel düzeyinde oransal su temininin düşük olduğunu, sulama sistemi randımanının %60, tarla su uygulama randımanının %68, sistemin baş ve sonundaki parseller arasındaki verim farkının %10 seviyesinde olduğunu saptamışlardır.

Benli ve Beyribey (1998), Eskişehir Sağ Sahil sulamasının 1994 yılına ilişkin sulama sistem performansını değerlendirdikleri çalışmada, su kullanım etkinliği göstergelerinden su temini oranını, toplam sulama suyu gereksinimine göre tersiyer bazında 1.58, şebeke bazında 1.30; su uygulama randımanını %65, iletim randımanını %92, dağıtım randımanını %78 ve toplam sulama randımanını %46.6, tarımsal etkinlik göstergelerinden sulama oranını %50 ve üretim değeri oranını %88, ekonomik, sosyal ve çevresel etkinlik göstergelerinden mali etkinlik oranını %92, mali yeterlilik oranını %28, tahsilat oranını %60 ve sürdürülebilir sulama alanı oranını %100 olarak belirlemişlerdir.

Khepar et al. (2000) Kuzey-Batı Hindistan ve Pakistan’da yürüttükleri çalışmada, bitkisel üretimi artıran ve adil su dağıtımını gerçekleştiren su dağıtım modeli geliştirmişlerdir. Sistemde sulama suyu, rotasyon yöntemiyle ve tersiyer kanallarla dağıtılmakta olup arazinin büyüklüğü ile orantılı akış süresi uygulanmaktadır. Kanalların baş kısmında bulunan araziler 12.2 dakika/ha fazla su alırken, kanal sonundaki araziler 28.1 dakika/ha az su almaktadır. Model, sulama alanının homojen toprak yapısına sahip olduğunu ve buharlaşma kayıplarının olmadığını kabul ederek adil su dağıtımını sağlamaktadır. Model öncesinde, her bir birim arazi için sulama süresi 0.75 saat olduğu halde, model sonrasında kanal başı ve sonu için su tahsisi 0.546-1.219 saat olarak düzenlenmiştir.

Uçan ve Yüksel (2000) Devlet Su İşleri tarafından 1975 yılında işletmeye açılan Kahramanmaraş sulama projesinde, ovanın sulanması için yapılmış tesislerden optimum biçimde yararlanmaya ilişkin seçenekleri araştırdıkları çalışmada, su kullanım randımanlarının artırılması yönünden su iletim sistemlerinin geliştirilmesi, tarla içi su dağıtım sistemlerinin düzenlenmesi ve su dağıtım performansının belirlenmesine ilişkin ölçümler yapmışlardır. Yapılan ölçümler sonucunda, sulama kanallarında su iletim randımanı ortalama %91.04 ve su uygulama randımanı ise ortalama %52 bulunmuştur. Sulama sisteminde performans yönünden istenen seviyeye gelinmediği, bunun için hedef ve kaynak kullanımını etkin kılacak yeni kurumsal düzenlemelere gerek olduğu saptanmıştır.

Balçın vd. (2000), Tokat Artova ilçesinde Çelikli Göletinde performans göstergelerinin belirlenmesi amacıyla yürüttükleri araştırmada, performans göstergelerinden su kullanım etkinliği, tarımsal etkinlik ile ekonomik, sosyal ve çevresel etkinlikleri incelemişlerdir. Çalışmada, sulama şebekesinde su uygulama randımanı %55-87.3, şebekenin yeterlilik oranı 1995-1998 yılları için sırasıyla 0.57, 0.43, 0.22 ve 0.47 olarak bulunmuştur.

Droogers et al. (2000a), farklı ölçeklerde suyun verimliliğini değerlendirmek amacıyla iki adet havza ölçekli model (WSBM–SLURP) ve bir adet ayrıntılı tarla ölçekli model (SWAP) Türkiye ve İran'daki farklı havzalar için kullanmıştır. Ele alınan iki havzanın, iklim ve su yönetimi açısından tamamen farklı yapıya sahip olduğu vurgulanmıştır. Bu çalışmada, su ve tuz dengesi ile ürün verimini ortaya koyan koşulları oluşturmak amacıyla SWAP modeli kullanılmıştır.

Havza ölçeğinde su verimlilik değerleri, İran için 0.45 kg/m^3 ve Türkiye için ise 0.17 kg/m^3 bulunmuştur. Bu büyük farkın nedeni olarak, İran'da hemen hemen her su biriminin verimli tarımsal üretim için harcandığı, Türkiye'de ise ele alınan havzada, suyun önemli bir oranının daha az verimli ağaçlar ve doğal vejetasyon için kullanıldığı vurgulanmıştır. Tarla ölçeğinde ise, su kanalının veya ırmağın aşağısında veya yukarısında olma durumuna göre suyun verimliliğinde oldukça büyük farklılıklar bulunmuştur. Tarla su verimlilik değerleri İran örneği için 0.30 kg/m^3 civarında ve Türkiye örneği için ise ürün tipi ve tarlanın yerleşimine bağlı olarak $0.30\text{-}0.50 \text{ kg/m}^3$ arasında bulunmuştur.

Şahinler ve Gündoğdu (2002), Bursa Ovası yeraltı suyu sulamasında çiftçi uygulamalarını değerlendirdikleri çalışmada, sulama alanındaki çiftçilerin sulama zamanını belirleme yeteneklerini tespit etmeye çalışmışlardır. Bu amaçla 23 adet örnek parsel seçerek bu parseller üzerinde çalışmalarını yürütmüşlerdir. Proje alanındaki çiftçilerin sulama zamanını belirleme konusunda kullandıkları ölçütlerin yetersiz olduğu ve bu konuda yeterli bilince sahip olmadıkları sonucuna ulaşmışlardır. Su uygulama randımanları genellikle farklı olup ortalama %54 olarak bulunmuştur.

Yoshida et al. (2004), Laos-Mekong Nehri sulama sisteminin su dağıtım performansı ve sistemin baş, orta ve son kısmını temsil eden çeltik deneme tarlalarında tarla su uygulama randımanı değerlerini saptadıkları çalışmada, ana kanal boyunca akım ölçümleri yapmışlardır. Sulama sisteminde kanallarda ve dağıtım noktalarındaki sızıntı nedeniyle yaklaşık %20, açık su yüzeyinden de %0.5 buharlaşma kayıplarının olduğunu belirlemişlerdir. Sistemdeki kayıpların fazla olmasının nedenini

yönetimin hatalarına, kanal priz kapaklarının randımanlı çalışmamasına ve kanallardaki kirlilikten kaynaklandığı sonucuna ulaşmışlardır. Gerçekleşen su dağıtım randımanı (%79) planlanandan (%72) daha yüksek bulunmuştur. Planlanan su uygulama randımanı %85, toplam sulama randımanı %61 olmasına karşın gerçekleşen randımanların sırasıyla %73 ve %58 olduğu saptanmıştır.

Şener ve Yüksel (2005), Hayrabolu sulama sahasında su kullanım etkinliğini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışma sırasında toplam 20 adet tarla parselinde su uygulama randımanı ve çiftçilerin sulama yeterliliklerini incelemişlerdir. Su uygulama randımanını yağmurlama ve salma sulamada sırasıyla %61 ve %62; şebeke bazında iletim kaybını ise %11.91 olarak belirlemişlerdir. Çiftçilerin sulamaları fenolojik gözlemlere göre yaptıkları, toprakta izin verilen nem miktarı tüketildikten sonra sulamaya başladıkları ve sulama sırasında toprak nem seviyesini tarla kapasitesine ulaştıracak kadar su uygulamadıklarını saptamışlardır.

Altuğlu (1966), Menemen Ovası sulama şebekesi sekonder kanallarında sızma kayıplarını, ilk 210 metresi beton kaplamalı, sonrası hafif bünyeli toprak kanal olan Kesikköy sekonderinde (9 km) %57.3; 3100 metresi beton kaplamalı, sonrası ağır bünyeli toprak kanal olan Ulucak sekonderinde (9.5 km) %19.9, 15 km uzunluğunda, 1950 metresi beton kaplamalı olan Seyrekköy sekonderinde %50.6 bulmuştur.

Şener (1976) 1973-1975 yıllarında Menemen Ovası sulama şebekesinde meydana gelen su nakil kayıplarını ve bu kayıplara etki eden faktörleri incelemiştir. Çalışmada, sızma kayıplarının kaplamalı sol sahil ana kanalda 1 km uzunlukta giren akımın %0.51-2.54, beton kaplamalı

sekonder kanalda %0.49-1.22'si, tersiyer kanallarda ve tarla içi arklarında toprak bünyesine ve beton kaplama durumuna göre 100 m'de giren akımın %0.40-6.18'i arasında değiştiği belirlenmiştir.

Şener (1978), 1975-1976 yılları sulama mevsiminde suyun tarla ünitesine verilmesi sırasında meydana gelen kayıpları saptamak için DSI sulama şebekesi içinde bulunan Kesikköy sekonder kanalı üzerinde P3 sol tersiyeri ve P4 sağ tersiyeri üzerindeki sulamaları izlemiştir. Araştırmada, 1975 yılında 2'inci sulamada %36, 3'üncü sulama %52; 1976 yılında 1'inci sulamada %32, 2'inci sulamada %65 kayıp olduğu saptanmıştır.

Anaç (1979) Menemen Ovasında orta bünyeli topraklarda, azaltılmış debi ve kesikli akış (surge) sulamaları ile ilgili çalışmasında, tarla sulama randımanı değerlerinin %80-90 arasında olduğunu belirlemiştir.

Avcı vd. (1999) tarafından, Menemen sulamasında su dağıtım eşitliği üzerine çiftçi anketlerine dayalı olarak yapılan çalışmada, suyun kanaldan tarlaya alınış şekli, sezon boyunca yapılan ve yapılması arzu edilen sulama sayıları, sulama aralıkları ve sulama sürelerine ilişkin bilgiler değerlendirilmiştir. Araştırmada, kaynağın başı ve sonundaki parsellerin sulama sayısı ve sulama aralıkları arasında fark olmadığı ancak sulama süresi bakımından farklılık olduğu belirlenmiştir. Sulama suyu kısıtlı olmayan 1999 yılında dahi şebeke sonundaki parsellerin sulama süresinin (0.35 saat/da), şebeke başındakilere (0.66 saat/da) göre yaklaşık %47 oranında daha az olduğu saptanmıştır.

Droogers et al. (2000b), Menemen Sol Sahil sulama sisteminin performansını belirlemek için SWAP simülasyon modelini uygulamışlardır. Değerlendirmede, en yüksek su verimliliğine pamuğun 600 mm ile sulanması durumunda, bağıın ise hiç sulanmaması durumunda ulaşıldığı belirlenmiştir. Riski minimize etmek ve verim stabilitesini sağlamak açısından bağıın performansının pamuğunkinden daha iyi olduğu belirlenmiştir. Sulama sistemi açısından yapılan değerlendirmede, uygun bitki deseni ve bitkiler arasında suyun dağıtımı ele alınmış, buna göre, sulama suyunun kısıtlı olması durumunda bitki deseninin tamamen bağ, daha yüksek düzeyde olması durumunda ise bağ ve pamuk karışımından oluşmasının daha karlı olacağı belirlenmiştir.

Akkuzu (2001), Menemen Sağ Sahil ve Gökkaya sulama sistemlerinin 1995-1999 yılları arasındaki performanslarını değerlendirmiştir. Çalışmada, %95.2'si bağ alanlarından oluşan Gökkaya sulama sistemine ait bitkisel üretim göstergelerinin %71.2'si pamuk alanlarından oluşan Menemen Sağ Sahil Sulama Sistemininkine göre daha yüksek gerçekleştiği, her iki sulama sisteminde sulama suyu kaynağının yetersiz kaldığı performansı artırmak için iletim randımanının artırılması ve kısıtlı su uygulamalarının yaygınlaştırılması gerektiği belirtilmiştir.

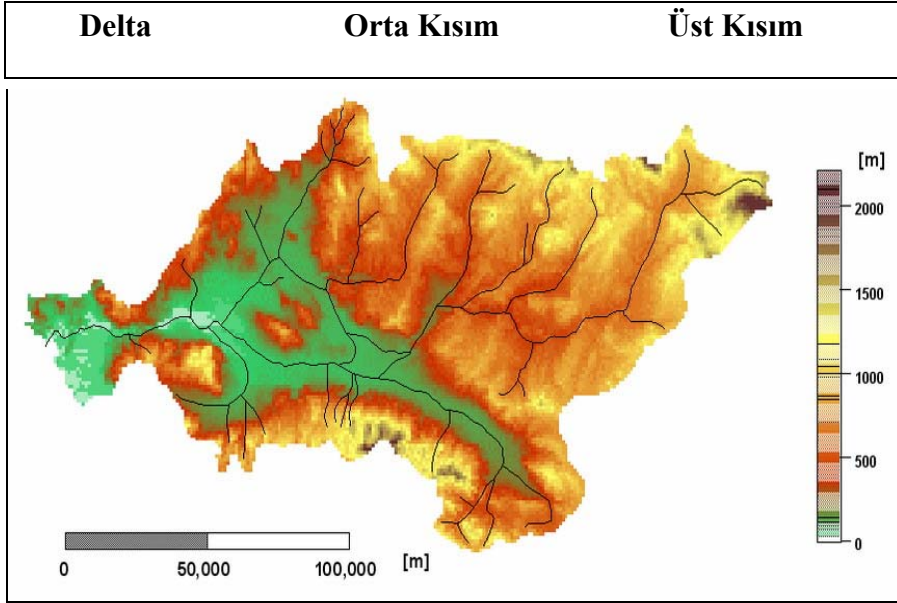
3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Araştırma, Menemen Ovası Sol Sahil Sulama Şebekesinin Sasalı Sekonderine bağlı üç tersiyer kanalın suladığı parsellerden seçilen dokuz adet üretici parselinde yürütülmüştür. Her bir tersiyer için biri başında, biri ortasında ve biri sonunda olmak üzere üç parsel seçilmiştir. Bu üç tersiyer kanal Sasalı Sekonderinin başında, ortasında ve sonunda yer almaktadır.

3.1.1 Araştırma Alanının Konumu

Araştırma alanını oluşturan Menemen Ovası, Türkiye'nin batısında, Ege Bölgesinde, 99861 ha alanı kaplayan Gediz Havzası içerisinde bulunmaktadır. Coğrafi bakımdan 38°04'–39°13' kuzey enlemleri ile 26°42'–29°45' doğu boylamları arasında yer alan havza, 17219 km²'lik bir yağış havzasını drene ederek sularını Gediz Nehri ile Ege denizine boşaltır. Gediz Nehri, Gediz ilçe merkezinin 26 km kadar doğusundaki Murat Dağları yamaçlarından doğmaktadır. Kuzeyden Selendi, Deliniş, Demirci, Kum çayı ile güneyden Alaşehir ve Nif çayları nehrin ana koluna katılmaktadır (Çetiner vd., 1999). Gediz Nehri ve kolları Şekil 3.1'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Gediz Havzası topoğrafya ve nehir ağının genel görünümü

Menemen Ovası $38^{\circ}26'-38^{\circ}40'$ kuzey enlemleri ile $26^{\circ}40'-27^{\circ}07'$ doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Kuzeyden Bakırçay, güneyden Küçük ve Büyük Menderes havzalarınca sınırlanan Gediz vadisinin alüviyal tabanı, Emiralem Boğazı ile ikiye bölünmüştür. Boğazla deniz arasında kalan aşağı kısım Menemen Ovası'dır. Gediz nehrinin doldurduğu delta ve ova tarıma elverişli olup, deniz seviyesindeki yerlerde tuzlu bataklıklar bulunmaktadır (Anonim, 1992).

Menemen Ovası Sol Sahil Sulama Sisteminin sonunda bulunan Sasalı Sekonderi İzmir ilinin yaklaşık 30 km kuzeyindedir. Çalışma alanının Menemen ilçesine uzaklığı ise 15 km'dir.

3.1.2 Toprak Özellikleri

Gediz Ovası toprakları genellikle doğal verimlilikleri yüksek olan topraklardır. Tuzluluk, alkalilik, drenaj, taşlılık ve sığlık gibi bitki gelişimini kısıtlayan nitelikte olmayan topraklar 39570 ha (%39.7) alanı kaplamaktadır (Topraksu, 1971).

Menemen Ovası topraklarının bünyesi; tın, kumlu-tın ve milli-tın'dır. Büyük bir kısmı orta ve orta-ağır bünyeli olan ova toprakları, eski Gediz yatağı kenarında genel olarak hafif, batıya doğru gidildikçe ağır karakter kazanmaktadır. Menemen Sol Sahil Sulamasının toprakları ağırlıklı olarak alüviyal birikintidir (Anonim, 1973).

Menemen Ovası 5 toprak birliği ve ayrılmamış yüksek araziler grubundan meydana gelmiştir (Topraksu, 1971):

1- Süzbeyli-Seyrekköy-Gürle birliği: Gediz alçak alüviyal tabanı üzerinde, ince tın bünyeli, yetersiz-bozuk drenajlı, tuzlu-alkali topraklardır.

2- Gediz-Çiftlik-Eskiyatak birliği: Gediz ırmak sırtlarında iyi-yetersiz drenajlı, kum ve ince tın bünyeli, tuzsuz topraklardır.

3- Dombay-Asarlık-Koyundere birliği: Çakıllı, tınlı; yan dere alüviyumu üzerinde derin, iyi drenajlı topraklardır.

4- Hatundere-Arapdere birliği: Püskürüklerden yıkanmış yan dere alüviyumun üzerinde, çakıllı, killi tın-kil bünyeli, kireçsiz-hafif kireçli topraklardır.

5- Kozluca-Ulucak birliği: Düze yakın hafif eğimli eski kolloviyum üzerinde, ince tın bünyeli derin topraklardır.

Yüksek araziler, püskürük ve tortul kayalar üzerinde, genellikle sarp eğimli, kil bünyeli çok sığ topraklardır. Ovanın alçak kısımlarında yer alan çalışma alanında Tuzcullu, Gürle, Seyrek ve Süzbeyli birliği toprakları bulunmaktadır. Birliğin en yaygın üyesi, ince tın bünyeli Süzbeyli serisi toprağıdır. İkinci derecede yaygın olan Seyrek serisi toprağıdır. Gürle serisi toprağı alçak tabandaki eski yatak izleri boyunca, yüksekçe kısımlarda bulunur. Birliğin az yaygın ve farklı üyesi Tuzcullu serisi toprağıdır. Tuzcullu köyü kuzeydoğusundaki çökek alanla, eski ırmak yatakları yayılma alanıdır (Topraksu, 1971).

Tuzlu, yetersiz ve bozuk drenajlı olan bu yörede taban suyu sorununun giderilmesi için 1992 yılında drenaj çalışmaları tamamlanmış olup, üç tahliye pompa istasyonu devreye girmiştir (Ertem, 1994).

3.1.3 İklim Özellikleri

Menemen Ovasında Akdeniz iklimi hakim olup yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Bu bölgede, dağların denize dik uzanması nedeniyle denizin etkisi iç kısımlarda da hissedilmektedir. Bundan dolayı, Akdeniz Bölgesine özgü ürün çeşitlerinin birçoğunu yetiştirmek olanaklıdır.

Menemen Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü meteoroloji istasyonunun 1954-2006 yılları ortalaması ile araştırmanın yürütüldüğü yıllara ilişkin iklim verileri Çizelge 3.1’de verilmiştir (MTSKAE, 2006).

Çizelge 3.1 Menemen ilçesinin çok yıllık ortalama, 2005 ve 2006 yıllarına ilişkin iklim verileri (MTSKAE, 2006)

İklim Elemanları	Yıllar	AYLAR												Yıllık
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Yağış (mm)	2005	7.4	34.0	42.6	66.5	128.0	38.8	13.6	44.2	.	.	1	0.5	376.6
	2006	5.2	98.2	45.2	45.2	36.8	98.4	14.2	2.0	0.8	.	.	20.0	366.0
	1954-2006	30.8	78.4	108.7	90.3	70.8	62.6	42.5	25.4	5.6	2.7	3.1	11.8	532.7
Sıcaklık (°C)	2005	19.2	13.2	9.9	9.0	8.1	11.0	15.1	20.0	24.4	27.6	27.2	23.0	17.3
	2006	16.6	12.1	10.8	5.5	8.5	11.6	16.1	20.1	25.1	27.3	27.3	22.8	17.0
	1954-2006	17.3	13.0	9.6	7.8	8.7	10.9	15.0	20.0	24.6	27.0	26.2	22.2	16.9
Buharlaşma (mm)	2005	79.0	-	27.9	-	-	70.9	112.6	142.5	190.2	293.4	273.6	188.4	1380.2
	2006	46.8	22.9	20.0	16.5	20.2	40.2	62.4	90.7	106.3	115.8	103.3	72.0	717.1
	1954-2006	103.1	58.7	44.9	44.8	50.0	78.4	111.4	171.2	224.6	266.5	233.1	164.4	1551.1
Nispi Nem (%)	2005	60.2	66.0	70.5	76.1	71.0	67.9	59.7	60.9	49.8	43.6	58.1	60.3	62.0
	2006	62.1	71.2	71.1	74.1	72.3	70.7	62.7	56.2	50.0	46.4	54.4	59.5	62.6
	1954-2006	59.4	63.5	66.6	65.1	62.3	61.0	58.2	54.7	48.1	46.4	48.3	54.2	57.3
Rüzgar (m/sec)	2005	2.4	3.8	4.0	3.0	4.0	3.5	3.4	2.8	2.8	3.6	3.0	2.8	3.3
	2006	3.0	3.6	4.5	4.6	4.1	3.8	2.9	2.9	2.9	3.7	2.4	2.9	3.5
	1954-2006	2.3	2.6	3.5	3.8	3.7	3.2	2.6	2.5	2.5	2.8	2.6	2.3	2.9

Menemen Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü meteoroloji istasyonundan alınan uzun yıllar (53 yıl) ortalama iklim verilerine göre; toplam yıllık yağış 532.7 mm olup bunun yaklaşık %50.7'si kış, %24.5'i ilkbahar, %22.7'si sonbahar ve %2.1'i yaz aylarında düşmektedir. Ortalama sıcaklık 16.9 °C olup, en sıcak ay ortalaması ise 27 °C ile temmuz, en soğuk ay ortalaması ise 7.8 °C ile ocak ayıdır.

Ortalama nispi nem %57.3 olup, en yüksek %66.6 ile aralık, en düşük ise %46.4 ile temmuz ayında gerçekleşmiştir. Toplam buharlaşma 1551.1 mm'dir. Aylık buharlaşma en düşük 44.8 mm ile ocak ayında, en yüksek buharlaşma ise 266.5 mm ile temmuz ayında gerçekleşmiştir.

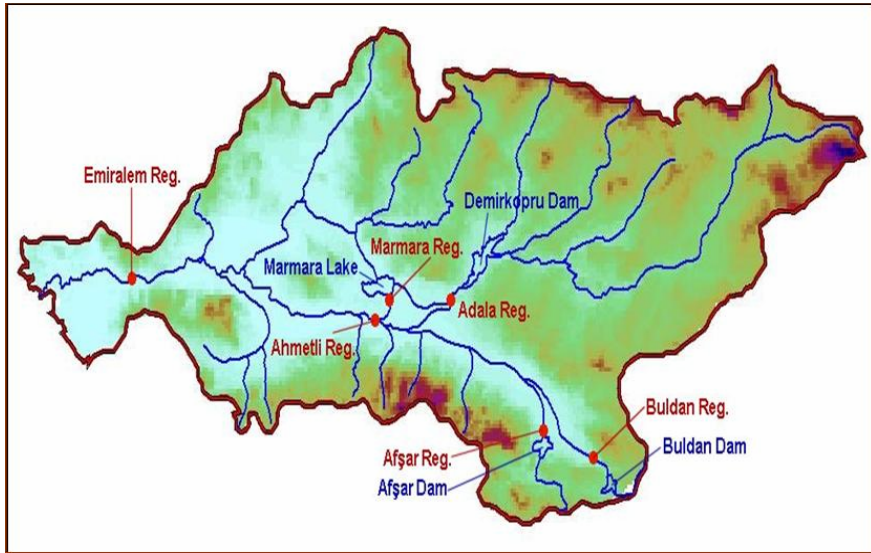
2005 su yılı (Ekim 2004-Eylül 2005) yağış toplamı 376.6 mm'dir. Bunun yaklaşık %63.0 kış, %25.7'si ilkbahar, %11.1'i sonbahar aylarında gerçekleşmiştir. 2006 su yılında ise toplam yağış 366.0 mm'dir. Yağışların %34.8'i kış, %31.3'ü ilkbahar, %33.7'si sonbaharda olmuştur.

2005 ve 2006 yılı yağış değerleri (sırasıyla 376.6 mm ve 366.0 mm) uzun yıllar yağış ortalaması olan 532.7 mm değeri ile karşılaştırıldığında, son iki yıldaki yağışın uzun yıllar ortalamasının oldukça altında kaldığı, bunun da su kıtlığına yol açtığı anlaşılmaktadır.

3.1.4 Su Kaynağı ve Sulama Sistemi

Gediz Havzasının ve Menemen Ovasının başlıca su kaynağı yaklaşık 275 km uzunluğu olan Gediz Nehri'dir. 1997 DSİ İstatistik Yıllığına göre, havzanın yerüstü su potansiyeli $2.0 \text{ km}^3/\text{yıl}$ ($63.4 \text{ m}^3/\text{s}$)'dır (Baran vd., 1999). İzmir ilinin içme suyunun bir bölümü de havzanın yeraltı su kaynaklarından sağlanmaktadır (Kite et al., 1999).

Akarsu sisteminin ana kolu iki ana rezervuar ve nehir yatağından su saptırmak için kullanılan üç regülatör tarafından kontrol edilmektedir (Şekil 3.2). Yazın sulamada kullanılmak üzere, kış yağışları Demirköprü Barajı ve Marmara Gölünde depolanmaktadır. Suyun tarım arazilerine saptırılmasında ise Adala, Ahmetli ve Emiralem regülatörlerinden yararlanılmaktadır.



Şekil 3.2 Gediz Havzası sulaması su depolama ve su saptırma sistemi

Adala regülatöründen Adala Sağ Sahil (Marmara gölü besleme kanalı) ve Sol Sahil sulamalarına (24875 ha), Ahmetli regülatöründen Ahmetli Sağ Sahil ve Sol Sahil sulamalarına (64056 ha) ve Emiralem regülatöründen Menemen Sağ Sahil ve Sol Sahil sulamalarına sulama suyu verilmektedir (Ünal vd. 1999).

Menemen sulama şebekesinin ve Emiralem regülatörünün inşaatına 1938 yılında başlanılmıştır. II. Dünya Savaşı nedeniyle ancak Menemen Sol Sahil sulaması 1944 yılında, Sağ Sahil sulaması ise 1974 yılında işletmeye açılmıştır.

Menemen Ovasında sulamaya açılan net alan 21231 ha olmasına karşın, çeşitli nedenlerle bunun ancak 16920.5 ha'ı sulanabilmektedir (DSİ, 2001). Uydu görüntülerinin analizi sonucunda şebeke içinde 16562 ha sulanan toplam alan olduğu belirlenmiştir (Beyazgül vd, 1999).

Menemen Sağ Sahil net sulama alanı; 1978 yılında Bağarası, 1982 yılında da Türkelli pompaj sulamalarının açılmasıyla 6365 ha'a yükselmiştir (Ayvaz, 1999).

Menemen Sol Sahil sulama şebekesi, Emiralem regülatöründen ayrılan 12 m³/s kapasiteli ana kanal ve bundan ayrılan beş sekonder (Kesikköy, Seyrekköy, Ulucak, Sasalı ve Kaklıç) kanaldan oluşmaktadır.

Menemen ilçe merkezinin 500 m kuzey batısındaki taksim havuzuna gelen sulama suyu; 6.748m³/s kapasiteli Ulucak, 5.030 m³/s kapasiteli Seyrekköy ve 3.187 m³/s kapasiteli Kesikköy sekonderleriyle ovaya dağıtılmaktadır. Ulucak sekonderi, sekonder sonunda bulunan taksim havuzunda doğuda 1.395 m³/s kapasiteli Kaklıç sekonderi, batıda 3.300 m³/s kapasiteli Sasalı sekonderi olarak ikiye ayrılır (Şener, 1976).

Ulucak sekonderinden taksim havuzu ile ayrılan Sasalı ve Kaklıç sekonderlerine saptırılan su miktarına ilişkin kayıt tutulmamakta ve tüm bu sekonderlere ait alanlara suyun eşit dağıtıldığı varsayılmaktadır.

Menemen Ovası sulama sistemlerinin yönetimi 1995 yılı itibariyle DSİ tarafından Menemen Sağ Sahil ve Menemen Sol Sahil Sulama Birliklerine devredilmiştir. Menemen Sol Sahil sulama alanı içerisinde çiftçilerin izinsiz açtıkları bireysel yeraltı suyu kuyuları bulunmaktadır. Fakat sulama sezonları içerisinde bu kuyuların kullanılıp kullanılmadığı, kullanılıyorsa çekilen su miktarı ile ilgili herhangi bir kayıt bulunmamaktadır.

Araştırma, 2005 ve 2006 yıllarında Menemen Sol Sahil sulamasına ait Sasalı Sekonderinde yürütülmüştür (Şekil 3.4). Sulama sisteminin sonunda bulunan Sasalı Sekonderinin uzunluğu 8.6 km'dir. Sekonder, Ulucak-Sasalı-Kaklıç sekonderlerinin su taksim havuzundan başlamakta ve tuzla sahası-tuz havuzlarına kadar uzanmaktadır.



Şekil 3.4 Sasalı Sekonderinden bir görüntü

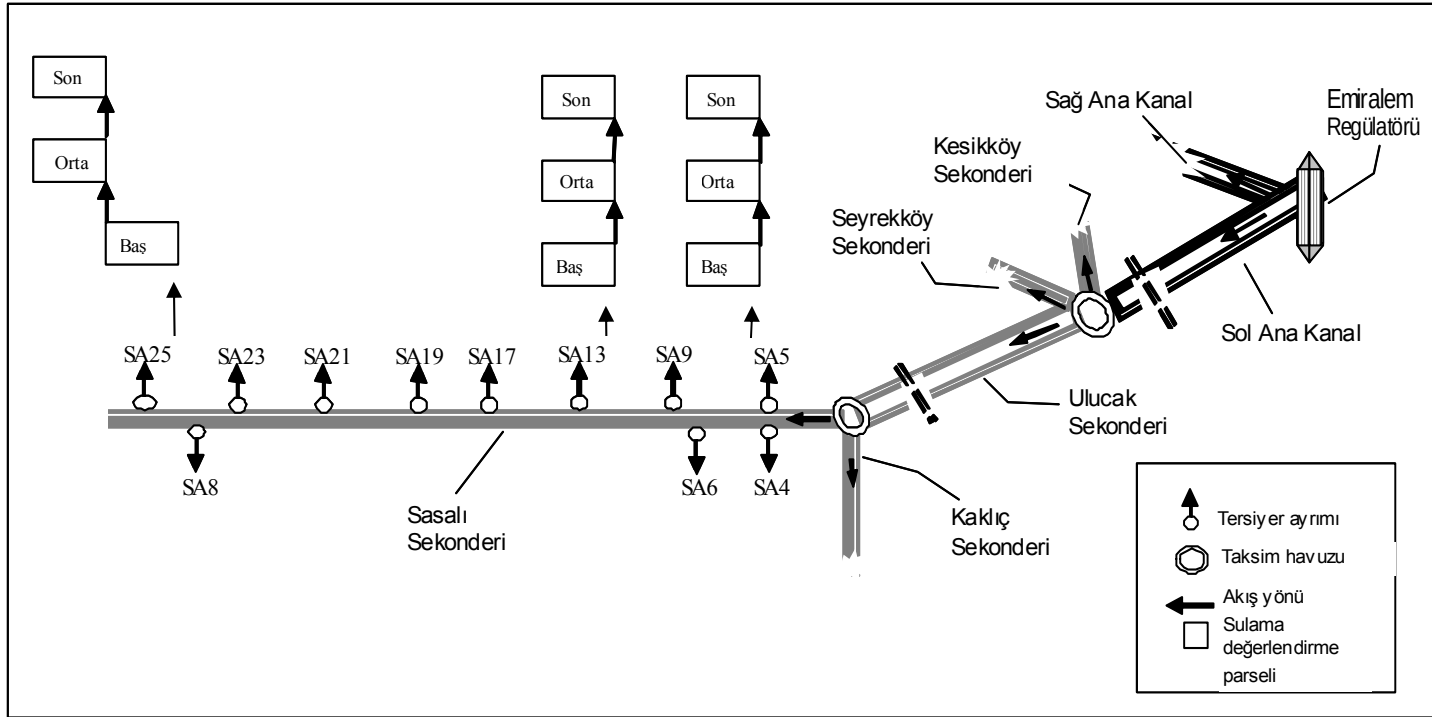
3.1.5 Araştırma İçin Seçilen Kanallar ve Parseller

Araştırma, Sasalı Sekonderinin sulama alanının 2293 ha’lık kısmında yürütülmüştür. Bu alanda, sekondere bağlı 11 tersiyer kanal (Sa-4, Sa-5, Sa-6, Sa-8, Sa-9, Sa-13, Sa-17, Sa-19, Sa-21, Sa-23, Sa-25) bulunmaktadır.

Sekonder su dağıtım ağının başında (Sa-5), ortasında (Sa-13) ve sonunda bulunan (Sa-25)  tersiyerin her birinin başında, ortasında ve sonunda olmak üzere toplam dokuz adet üretici parseli araştırmanın yürütüleceği alan olarak saptanmıştır. Tezde bu parsellerin herbiri, “sulama değerlendirme parseli” olarak adlandırılmıştır.

Üreticilerin sulama uygulamalarına müdahale edilmemiş ve arazi ortamında gerçek veriler saptanarak değerlendirilmiştir.

Çalışma alanındaki tersiyer kanalların ve sulama değerlendirme parsellerinin konumları şekil 3.5’de gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Çalışma alanındaki tersiyer kanallar ve sulama değerlendirme parsellerinin şematik görünümü

Sulama değerlendirme parsellerinin tersiyer kanala göre konumları ve alanları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Sulama değerlendirme parsellerinin konumu ve alanı

Tersiyer Kanal	Kanal Başına Göre Konum	Alanı (m²)
Sa-5	Baş	32500
	Orta	55729
	Son	90500
Sa-13	Baş	28700
	Orta	23000
	Son	22000
Sa-25	Baş	24500
	Orta	11000
	Son	23000

İletim randımanı, sulama değerlendirme parsellerinin bulunduğu (Sa-5, Sa-13 ve Sa-25) üç tersiyerde belirlenmiştir. Bu tersiyer kanalların projelendirme değerleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Tersiyer kanalların projelendirme değerleri

Tersiyer Kanal	KANALET			Toplam Uzunluk (m)
	Tipi	Kapasitesi (m³/s)	Uzunluğu (m)	
Sa-5	T. 600	0.198	1525	2295
	T. 450	0.140	770	
Sa-13	T. 450	0.220	1140	1998
	T. 315	0.131	858	
Sa-25	T. 450	0.150	252	1991
	T.315	0.131	905	
	T.180	0.100	834	

3.1.6 Bitki Deseni

Gediz Havzasında bitkisel üretim, ana ürün olarak pamuk, tahıl, bağ, sebze, meyve, zeytin, tütün ve karpuz üzerinde yoğunlaşmıştır. Tekstil, tuz ve deri sanayinin yoğunlaştığı havzada yapılaşma oldukça fazladır.

Menemen Ovasındaki belli başlı bitkiler pamuk ve bağ başta olmak üzere narenciye, tahıl ve sebzelerdir (Droogers et al., 2000b).

Pamuk en çok yetiştirilen bitki olup 1988'den önce bunu çeltik izlerken, bu yıldan sonra kuraklık nedeni ile bu bitkinin ekimi yasaklanmıştır. Yörede yaklaşık %65.05 oranında pamuk, %10.18 bağ, %2.2 karpuz, %3.15 meyve, %2.61 mısır, %2.66 sebze ve %14.15 oranında da diğer kültür bitkileri yetiştirilmektedir (Kılıç, 2004).

Araştırmanın yürütüldüğü 2005 yılında Menemen Sol Sahil Sulama Sisteminde Sol Sahil Sulama Birliğince bitki deseninin %45.42 oranında pamuk, %15.34 mısır, %10.43 ikinci ürün mısır, %12.28 hububat, %3.31 sebze ve %3.07 bostandan oluşacağı planlanmıştır. 2006 yılında ise planlanan bitki deseninde %52.78 oranında pamuk, %9.20 mısır, %7.29 ikinci ürün mısır, %6.96 hububat, %4.74 sebze ve %1.10 bostan bulunmaktadır.

2005 ve 2006 yılına ilişkin planlanan ve gerçekleşen bitki deseninde yer alan bitkilerin ekim alan ve oranları sırasıyla Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5'de verilmiştir (Menemen Sol Sahil Sulama Birliği, 2005; Menemen Sol Sahil Sulama Birliği, 2006).

Çizelge 3.4 2005 yılı için Menemen Sol Sahil Sulama Birliğinde
planlanan ve gerçekleşen ekim alanları ve oranları

Bitki çeşidi	Planlanan		Gerçekleşen	
	Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)
Tahıl	2000.00	12.28	3228.10	18.66
Bostan	500.00	3.07	293.37	1.70
Pamuk	7400.00	45.42	6926.89	40.05
Mısır	2500.00	15.34	1922.55	11.11
Mısır-II	1700.00	10.43	1895.12	10.96
Bağ	880.00	5.40	800.98	4.63
Meyve	440.00	2.70	371.95	2.15
Narenciye	50.00	0.31	61.67	0.36
Sebze	540.00	3.31	553.30	3.20
Yem Bitkisi	230.00	1.41	191.20	1.11
Susam	3.00	0.02	16.20	0.09
Mevsim Dışı Sebze	40.00	0.25	1012.88	5.86
Zeytin	10.00	0.06	23.00	0.13
Toplam	16293.00	100.00	17297.20	100.00

Çizelge 3.5 2006 yılı için Menemen Sol Sahil Sulama Birliğinde
planlanan ve gerçekleşen ekim alanları ve oranları

Bitki çeşidi	Planlanan		Gerçekleşen	
	Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)
Tahıl	1203.00	6.96	1267.09	7.97
Bostan	190.00	1.10	168.51	1.06
Pamuk	9118.00	52.78	9003.48	56.65
Mısır	1590.00	9.20	1558.62	9.81
Mısır-II	1260.00	7.29	1277.48	8.04
Bağ	1230.00	7.12	76651	4.82
Meyve	542.00	3.14	351.68	2.21
Narenciye	461.00	2.67	63.21	0.40
Sebze	819.00	4.74	669.13	4.21
Yem Bitkisi	215.00	1.24	196.54	1.24
Susam	2.00	0.01	1.25	0.01
Mevsim Dışı Sebze	637.00	3.69	523.23	3.29
Zeytin	10.00	0.06	46.29	0.29
Toplam	17277.00	100.00	15893.00	100.00

3.2 Yöntem

Menemen Sol Sahil Sulama sistemine bağlı Sasalı Sekonderinde yürütülen bu çalışmada, çalışma alanının parsel düzeyinde sayısal alan bilgileri ile bu bilgilerle ilişkilendirilmiş mülkiyet ve arazi kullanım şekillerine ait bilgilerin, toprak özelliklerinin, sulama kanallarının CBS ortamında bilgisayara sayısal olarak yüklenmesiyle veri tabanı oluşturulmuştur. Sasalı Sekonderinde su dağıtımı, Sol Sahil Sulama Birliğinin koordinasyonunda rotasyon yöntemine göre yapılmaktadır. Sekonderde uygulanan rotasyonu temsil eden ve sekonderin baş, orta ve sonunda olmak üzere üç adet tersiyer kanal seçilmiştir. Bu tersiyerlerin her birinin başında, ortasında ve sonunda olmak üzere üçer adet üretici tarlası belirlenmiştir. Bu dokuz adet üretici tarlasında su dağıtım performansının ve sulama randımanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

3.2.1 Sulama Sistemi, Arazi Kullanım Durumu ve Toprak Haritasının Sayısallaştırılması ve Sorgulanması

Araştırma alanına ait veri tabanının coğrafi bir temele dayalı yapıya uygun oluşturulabilmesi için kadastral haritalar ve 1/25000 ölçekli toprak haritaları, İzmir İli arazi varlığı, 2001 A0 ebatlı bir tarayıcı kullanılarak raster format şeklinde bilgisayar ortamında dosyalanmıştır. Geomedia yazılımı kullanılarak ölçek ve koordinat bilgileri girilen (registration) ve Geotiff formatlı şekle dönüşen kadastral paftalar yine aynı yazılım kullanılarak birleştirilmiştir.

CBS özellikli bu yazılım ile paftalar üzerinde yer alan yol, sulama kanalı, yerleşim alanları ve bazı tarla yolları ekran sayısallaştırılması yöntemi ile çizilerek altlık harita oluşturulmuştur.

Toprak haritaları tarandıktan sonra toprak grupları sayısallaştırılmıştır. Toprak gruplarına ait eğim, drenaj, bünye, erozyon, tuzluluk, alkalilik, kayalık, taşlılık vb. temel özellikler öznitelik bilgisi olarak veri tabanına girilmiştir. Parsel mülkiyet bilgileri İlçe Kadastro Müdürlüğünden sağlanmış ve kadastral verilerle ilişkilendirilmiştir.

Sasalı Sekonderi tarım arazilerinin 2005 ve 2006 yıllarına ait ürün desenleri için parsel bazında veri tabanı oluşturulmuş ve CBS ortamında bilgisayara aktarılmıştır.

3.2.2 Toprak Neminin Belirlenmesi

Araştırmanın yürütüldüğü sulama değerlendirme parsellerinde, bitki yetişme döneminde toprak nemi gravimetrik ve nötron saçılma yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Tüzüner, 1981; Carneiro ve De Jong, 1985; Bell ve Mcculloch, 1993).

Parsellerde, parsel büyüklüğüne göre değişen aralıklarla kareler ağı oluşturularak toprak neminin ölçüleceği noktaların yeri ve sayısı saptanmıştır.

Sulama değerlendirme parsellerindeki nem gözlem noktalarının sayısı ve kare alanları Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6 Sulama değerlendirme parsellerinin nem gözlem nokta sayısı ve alanları

Tersiyer Kanal	Kanal Başına Göre Konum	Nokta Sayısı	Kare Alanı (m²)
Sa-5	Baş	6	5417
	Orta	8	6966
	Son	8	11313
Sa-13	Baş	5	5740
	Orta	4	5750
	Son	4	5500
Sa-25	Baş	5	4900
	Orta	4	2750
	Son	5	4600

Toprakta fazla bir bozulmaya yol açmadan ve sıkıştırmadan karelerin merkezlerine açılan deliklere, nötronmetre probuna uygun tüpler boşluk kalmayacak şekilde yerleştirilmiştir. Nötron tüpü olarak (Acces tüpü) plastik boru kullanılmıştır. Tüplerin et kalınlığı 1.2 mm'dir.

Tüplerin alt tarafı su girmeyecek şekilde, üst tarafı ise yine su ve diğer materyallerin girmemesi için seyyar bir kapak ile kapatılmıştır. Böylelikle boruların alt ve üstünden su girişi önlenmiştir.

Tüplerin toprak işleme çalışmalarından zarar görmesini engellemek amacıyla toprak yüzeyinden 20 cm yükseklik bırakılmıştır.

Nem gözlem noktalarındaki toprak neminin nötronmetre ile belirlenmesi için, sulama değerlendirme parsellerinden Sa-25-son parseli hariç, her bir parsel ile ilişkin kalibrasyon eğrisi çizilmiş ve bu eğriye ilişkin regresyon eşitliği bulunmuştur.

Toprak organik madde içeriğinin değişmediği varsayılırsa, belli bir zaman aralığında saptanan çarpıntı sayısı ile toprağın hacimsel su içeriği arasında aşağıdaki gibi yaklaşık doğrusal bir ilişki vardır (Holmes et al., 1967; Bell and Mcculloch, 1993).

$$P_v = a + b (SO)$$

Eşitlikte;

- P_v : Toprak hacimsel su içeriği (%);
- a : Kalibrasyon eğrisi sabiti (intercept);
- b : Kalibrasyon doğrusunun eğimi;
- SO : Sayım oranı ($SO = S/SS$);
- S : Nötronmetre sayımı-okuma değeri;
- SS : Standart sayım değerini gösterir.

Güvenilir bir kalibrasyon eğrisi oluşturmak için arazide toprak sedde ile çevrilmiş, 4x4 m ebatlarında iki adet tava oluşturulmuştur. Tavalardan biri kuru bırakılmış, diğerine tarla kapasitesine gelinceye kadar su verilmiştir. Bu tavaların her birine, yaklaşık 1.5 m aralıkla üçer adet nötron tüpü 120 cm derinliğe kadar yerleştirilmiştir. Bu tüplerde, 20 cm aralıkla nötronmetre okuması (S) yapılmış ve aynı zamanda gravimetrik toprak örneği alınmıştır. Örnekleme yaklaşık olarak nötron tüpünün 30 cm civarında yapılmıştır. Sayım oranı ve hacimsel su içeriği arasındaki ilişkiye dayanarak nötronmetrenin kalibrasyon grafiği ve eğrisi çizilmiş, regresyon eşitliği bulunmuştur.

Kalibrasyon eğrisi için kullanılan toprak hacimsel su içeriği (P_v) gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. SO , gerçek sayımın (S) standart sayıma (SS) bölünmesiyle elde edilmiştir.

Sulamalardan önce ve sulamadan bir gün sonra nötron tüplerinde 20 cm aralıkla her bir toprak katmanı için en az üç okuma yapılmıştır. Bu gerçek sayımlardan bulunan sayım oranları, her parselin kendi regresyon eşitliği kullanılarak hacimsel su içeriğine dönüştürülmüştür.

Nötronmetre ile arazide ölçüm yapılmadan önce aletin nötron kaynağı yerinden çıkarılmadan koruma kutusu içinde standart okuma değerleri saptanmıştır. En az 12 standart okuma yapılmış ve bu okumalardan en düşük ve en yüksek değerde olanları atılarak kalan 10 tanesinin ortalaması alınmıştır. Ortalaması alınan bu 10 değer en az 7 tanesinin $X_{\min}$ ($X_{\min} = X_{\text{ort}} - X_{\text{ort}}/2$) ve $X_{\max}$ ($X_{\max} = X_{\text{ort}} + X_{\text{ort}}/2$) sınırları içersinde kalmasına özen gösterilmiştir.

Gravimetrik yöntemle toprak nemini belirlemek için toprak yüzeyinden 120 cm derinliğe kadar 20 cm aralıklarla toprak örnekleri alınmış ve 105°C 'deki etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutularak kuru ağırlıkları bulunmuştur. Toprak örneklerinin yaş ve kuru ağırlık farkının, kuru ağırlığa bölünmesiyle bulunan ağırlık %'si nem değeri, volüm ağırlık (gr/cm^3) ve toprak derinliği (desimetre) ile çarpılarak "mm" cinsinden toprak nem miktarı belirlenmiştir (U.S.Salinity Lab.Staff, 1954).

3.2.3 Parsellere Saptırılan Sulama Suyu Miktarlarının (Q_D) Belirlenmesi

Seçilen sulama değerlendirme parsellerine sulama suyu çoğunlukla tersiyer kanallardan sifonla alınmaktadır. Ancak kanalda su yokken sulama yapmak isteyen bazı üreticiler drenaj kanalından motopomp ile de su alabilmektedir.

Her iki durum için akım debileri süreklilik denklemiyle hesaplanmıştır (Şener, 1976).

$$Q = A * V$$

Eşitlikte;

Q: Debi (m^3/s);

A: Kanal kesit alanı (m^2);

V: Ortalama su hızını (m/s) göstermektedir.

Sifon ile tersiyer kanaldan su alınması durumunda, parsellere saptırılan su miktarı, suyun alındığı kanaldaki sifon öncesi ve sonrası giren akım debisi-çıkan akım debisi farkından hesaplanmıştır. Bunun için, tersiyerlerin her birinde kanalet geometrisine göre her 1 mm su yüksekliğindeki kanal kesit alanı (A) hesaplanmıştır. Su hızı (V) her sulama için ölçülmüştür.

Sulama suyunun motopomp ile doğrudan tarlaya uygulandığı koşullarda ise akım debisi dikdörtgen kesitli 40x40x100 cm ebatlı savakla bulunmuştur (Şekil 3.6). Bu amaçla her sulamada dikdörtgen savaktaki su yüksekliği ile su hızı (V) ölçülmüştür. Su yüksekliğine karşılık gelen kesit alanı (A) hesaplanmıştır.



Şekil 3.6 Dikdörtgen kesitli savak ile akım ölçümü

Su akım hızının ölçülmesinde, A.OTT marka 16503 no'lu ve düşük akımlarda 16305 no'lu cüce muline kullanılmış ve belli bir sürede içinde (50 saniye) muline pervanesinin devir adedi sayılmıştır (Şekil 3.7). Devir adedine karşılık gelen hız değeri, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığının Hidrolik Laboratuvarı tarafından hazırlanan abaktan okunmuştur.



Şekil 3.7 Mulineler ve muline ile akım ölçümü

Hız ölçümleri, su derinliğinin 50 cm'den az olduğu durumlarda tek noktadan, yüzeyden itibaren derinliğin %60'ında; 50 cm'den derin sularda ise derinliğin %20 ve %80'inde yapılmış ve ortalaması alınarak o düşey hattaki ortalama su hızı bulunmuştur.

Bir sulama değerlendirme parseline bir sulamada saptırılan su hacmi (m^3), hesaplanan debi ile ölçülen sulama süresinin çarpılmasıyla bulunmuştur. Saptırılan su hacmi (m^3) parsel alanına (da) bölünerek “mm” su miktarına çevrilmiştir.

3.2.4 Parsellere Saptırılması Gereken Sulama Suyu Miktarlarının (Q_R) Belirlenmesi

Sulama değerlendirme parsellerine her sulamada saptırılması gereken sulama suyu miktarını belirlemek için sulamalar öncesi topraktaki mevcut nem (MN) miktarı tespit edilmiştir. Tarla kapasitesi (TK) ile mevcut nem farkından (TK-MN) hesaplanan toprak eksik nem miktarını tarla kapasitesine tamamlayan su derinliği (mm), saptırılması gereken su miktarı olarak değerlendirilmiştir.

3.2.5 Su Dağıtım Performans Göstergelerinin Belirlenmesi

Çalışmada; Menemen Sol Sahil Sulamasında tarla düzeyinde su dağıtım performansı, Molden ve Gates (1990) tarafından bildirildiği şekilde yeterlilik (P_A), etkinlik (P_F), güvenilirlik (P_D) ve eşitlik (P_E) göstergelerine göre belirlenmiş ve değerlendirilmiştir. Bu göstergelerin belirlenmesinde, araştırmanın yürütüldüğü alanda seçilen sulama değerlendirme parsellerine her bir sulamada saptırılan $Q_D(x,t)$ ve saptırılması gereken $Q_R(x,t)$ sulama suyu miktarları temel değişkenler olarak kullanılmıştır. Performans göstergelerinin hesaplanmasında zaman periyodu olarak bir sezondaki sulama sayısı (T), alt bölge olarak sulama değerlendirme parsellerinin sayısı (R) alınmıştır.

Bu dört göstergeye ilişkin performans standartları Çizelge 3.7’de verilmiştir (Molden and Gates, 1990).

Çizelge 3.7 Performans standartları

Performans Göstergesi	Performans sınıfı		
	İyi	Orta	Kötü
P_A - Yeterlilik	0.90-1.00	0.80-0.89	< 0.80
P_F - Etkinlik	0.85-1.00	0.70-0.84	< 0.70
P_D - Güvenilirlik	0.00-0.10	0.11-0.20	>0.20
P_E - Eşitlik	0.00-0.10	0.11-0.25	>0.25

3.2.5.1 Yeterlilik

Yeterlilik göstergesi (P_A), belli bir periyotta belli bir noktadan saptırılan gerçek sulama suyu miktarının aynı periyotta saptırılması gereken sulama suyu miktarına oranına bağlı bir fonksiyonun zamansal ve mekansal ortalamasıdır.

T periyodunda sistem ile su sağlanan bir R bölgesi ya da alt bölgesi için P_A göstergesi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P_A = 1 / T \sum_{T=1}^T (1 / R \sum_{R=1}^R p_A)$$

Eşitlikte;

P_A : Yeterlilik göstergesi;

Q_D : Belli bir dağıtım noktasında belli bir zaman diliminde saptırılan gerçek su miktarı;

Q_R : Belli bir dağıtım noktasında belli bir zaman diliminde saptırılması gereken gerçek su miktarı;

T: Sistem performansının belirlendiği zaman periyodu;

R: Performansı belirlenecek olan su dağıtım sistemi içindeki alt bölge sayısını, göstermektedir.

Eşitliğin sağ tarafında yer alan p_A , Q_D/Q_R şeklinde hesaplanmıştır.

Saptırılan su miktarı, saptırılması gereken miktarı aştığında aşan kısmın büyüklüğüne bakılmaksızın, dağıtımın yeterli olduğu kabul edilmiş ve Q_D/Q_R oranı 1.00 olarak alınmıştır. P_A 'nın 1.00'e eşit veya 1.00'e yakın olması sistemde su dağıtımının yeterliliğini, bu değer sıfır veya sıfıra yakın olması ise su dağıtımının yetersizliğini belirtmektedir.

3.2.5.2 Etkinlik

Etkinlik göstergesi (P_F), belli bir periyotta sistemdeki belli bir noktadan saptırılması gereken su miktarının (Q_R) aynı periyotta saptırılan su miktarına (Q_D) oranına bağlı bir fonksiyonun zamansal ve mekansal ortalaması olarak hesaplanmaktadır. Etkinlik göstergesi aşağıda belirtilen eşitlikle belirlenmiştir.

$$P_F = 1 / T \sum_{T=1}^T (1 / R \sum_{R=1}^R p_F)$$

Eşitlikte;

P_F : Etkinlik göstergesi;

Q_D : Belli bir dağıtım noktasında belli bir zaman diliminde saptırılan gerçek su miktarı;

Q_R : Belli bir dağıtım noktasında belli bir zaman diliminde saptırılması gereken gerçek su miktarı;

T : Sistem performansının belirlendiği zaman periyodu;

R : Performansı belirlenecek olan su dağıtım sistemi içindeki alt bölge sayısını, göstermektedir.

Eşitliğin sağ tarafındaki p_F , Q_R/Q_D olarak hesaplanmıştır. $Q_R \leq Q_D$ olduğunda p_F 'nin değeri hesaplanmış, diğer durumlarda p_F , 1.00'e eşit olarak alınmıştır. Bu göstergenin değeri 1.00'e yaklaştıkça etkin su dağıtımı hedefine de yaklaşılır.

3.2.5.3 Güvenilirlik

Güvenilirlik, sulama sisteminde istenilen zamanda istenilen yerde su bulabilme derecesini belirtmektedir. Güvenilirlik göstergesi (P_D), belli bir periyotta sistemdeki belli bir noktadan saptırılan su miktarının aynı periyotta saptırılması gereken su miktarına oranındaki zamansal değişimin bir derecesi olup, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$P_D = 1 / R \sum_{R=1}^R CV_T \left(\frac{Q_D}{Q_R} \right)$$

Eşitlikte;

P_D : Güvenilirlik göstergesi;

Q_D : Belli bir dağıtım noktasında belli bir zaman diliminde saptırılan gerçek su miktarı;

Q_R : Belli bir dağıtım noktasında belli bir zaman diliminde saptırılması gereken gerçek su miktarı;

T : Sistem performansının belirlendiği zaman periyodu;

R : Performansı belirlenecek olan su dağıtım sistemi içindeki alt bölge sayısını, göstermektedir.

$CV_T (Q_D/Q_R)$; T periyodunda Q_D/Q_R oranının zamansal varyasyon katsayısıdır.

P_D değerinin sıfıra yaklaşması, ele alınan zaman periyodunda su dağıtımının üniform ve dolayısıyla daha güvenilir olduğunu göstermektedir.

3.2.5.4 Eşitlik

Eşitlik, bir sistemdeki suyun tüm kullanıcılara ne derecede adil bir şekilde paylaştırılıp dağıtıldığını göstermektedir. Hesaplamalarda P_E ; sistemdeki belli bir noktadan belli bir zaman periyodunda saptırılan su miktarının aynı periyotta saptırılması gereken su miktarına oranının alansal varyasyonunun ortalaması olarak aşağıdaki eşitlikle bulunmuştur.

$$P_E = 1 / T \sum_{T=1}^T CV_R \left(\frac{Q_D}{Q_R} \right)$$

Eşitlikte;

P_E : Eşitlik göstergesi;

Q_D : Belli bir dağıtım noktasında belli bir zaman diliminde saptırılan gerçek su miktarı;

Q_R : Belli bir dağıtım noktasında belli bir zaman diliminde saptırılması gereken gerçek su miktarı;

T : Sistem performansının belirlendiği zaman periyodu;

R : Performansı belirlenecek olan su dağıtım sistemi içindeki alt bölge sayısını, göstermektedir.

$CV_R(Q_D/Q_R)$; R bölgesindeki Q_D/Q_R oranının mekansal varyasyon katsayısıdır.

P_E değerinin sıfıra yaklaşması, ele alınan zaman periyodunda parseller arasında su dağıtımında eşitliğin daha iyi derecede sağlandığını göstermektedir.

3.2.6 Su İletim ve Sulama Randımanlarının Belirlenmesi

Çalışmada, seçilen tersiyer kanallarda su iletim randımanı ve sızma kayıpları; sulama değerlendirme parsellerinde ise tarla su uygulama randımanı, depolama randımanı, eş dağılım randımanı ve dağılım türdeşliği Güngör vd. (1996) tarafından belirtildiği şekilde hesaplanmıştır.

3.2.6.1 Su iletim randımanı ve sızma kayıpları

İletim randımanı (E_c), kanal sonuna iletilen su miktarının, kaybolmadan kanala giren su miktarına oranıdır. Su iletim ve dağıtım kanallarında iletilen su miktarını gösteren bu randıman değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır. Hesaplamalarda buharlaşma kaybı ihmal edilmiştir.

$$E_c = 100 \frac{Q_c}{Q_G}$$

Eşitlikte;

E_c : Su iletim randımanı (%);

Q_G : Kanal giriş debisi (l/s);

Q_c : Kanal çıkış debisini (l/s), göstermektedir.

İletim randımanı üzerindeki en etkin faktör sızma kayıplarıdır. Bu nedenle sulama değerlendirme parsellerinin bulunduğu tersiyer kanallarda oluşan sızma kayıpları hesaplanmıştır.

Sızma kayıpları, kanal boyunca oluşan kayıplar ve 100’de oluşan kayıplar olarak hem debi (l/s) hem de oran (%) cinsinden hesaplanmıştır. Kanal boyunca debi cinsinden meydana gelen sızma kaybı, belli bir kanal uzunluğunun başlangıcında ölçülen giriş debisi ile kanal sonunda ölçülen çıkış debisi arasındaki farkın alınmasıyla; % cinsinden kayıp ise bu farkın giren debiye bölünüp 100’le çarpılmasıyla bulunmuştur. 100 m kanal uzunluğu için sızma kayıpları debi cinsinden (S_1) ve % olarak (S_2) sırasıyla aşağıdaki eşitliklerle bulunmuştur.

$$S_1 = (Q_G - Q_C)100 / L$$

$$S_2 = (S_1 * 100) / Q_G$$

Eşitlikte;

S_1 : 100 m kanaldaki sızma kayıpları (l/s);

S_2 : 100 m kanaldaki sızma kayıpları (%);

Q_G : Kanal giriş debisi (l/s);

Q_C : Kanal çıkış debisi (l/s);

L: Ölçümü yapılan kanal uzunluğunu (m), göstermektedir.

Su iletim randımanının (E_c); toprak kanalda %30, beton kanalda %85, kanalet ve beton kanal birlikte %95, kanalette %97 ve basınçlı boruda %100 olması istenir (Güngör vd., 1996).

3.2.6.2 Tarla su uygulama randımanı

Tarla su uygulama randımanı (E_a), tarlaya uygulanan suyun bitkinin kök bölgesinde depolanma oranını göstermekte olup aşağıdaki eşitlikle bulunmuştur.

$$E_a = 100 \frac{W_s}{W_f}$$

Eşitlikte;

E_a : Tarla su uygulama randımanı (%);

W_s : Sulama ile kök bölgesinde depolanan su miktarı (mm);

W_f : Tarlaya saptırılan su miktarını (mm), göstermektedir.

Eşitlikteki, sulama ile kök bölgesinde depolanan su miktarı (W_s), sulama öncesi ve sonrası ölçülen toprak nem içeriği farkından bulunmuştur. Sulama değerlendirme parsellerine saptırılan su miktarı (W_f), sulama uygulamalarının her birinde ölçülen debi ile sulama süresinin çarpılmasıyla elde edilmiştir.

Tarla su uygulama randımanı (E_a); yüzey sulama yöntemlerinden tavada %60-90, borderde %60-90, karıkta %50-90 ve surgede %60-90 arasında olması istenir (Rogers et al., 2008).

3.2.6.3 Depolama randımanı

Depolama randımanı (E_s), bitki kök bölgesinde depolanan su miktarının, depolanması gereken miktara oranı olup sulamanın ne düzeyde yeterli yapıldığını belirtir. Aşağıdaki eşitlikle belirlenmiştir.

$$E_s = 100 \frac{W_s}{W_n}$$

Eşitlikte;

E_s : Depolama randımanı (%);

W_s : Sulama ile kök bölgesinde depolanan su miktarı (mm);

W_n : Sulamadan önce kök bölgesinde depolanması gereken su miktarı veya eksik nem miktarıdır.

Depolama randımanı (E_s); 0.80'e eşit veya daha büyük olduğunda randıman çok iyi; 0.80-0.50 aralığında kabul edilebilir ve 0.50'den küçük olduğunda kabul edilemez olarak sınıflandırılır (Hart et al., 1979).

3.2.6.4 Eş dağılım randımanı

Eş dağılım randımanı (CU), suyun yetiştirilen bitkinin kök bölgesinde ne ölçüde türdeş biriktiğini ve uygulamanın türdeş olup olmadığını gösterir. Eş dağılım randımanı aşağıdaki eşitlikle belirlenmiştir.

$$CU = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n / d_i /}{n \bar{x}} \right)$$

$$d_i = / x_i - \bar{x} /$$

Eşitlikte;

CU: Eş dağılım randımanı (%);

x_i : Sulama sırasında toprakta depolanan su miktarı (mm);

d_i : Bir sulamada depolanan ortalama su miktarından olan sapma;

$\bar{x}$: Sulama sırasında toprakta depolanan ortalama su miktarı (mm);

n: Gözlem noktaları sayısını (adet), göstermektedir.

Parsellerdeki nötron gözlem noktalarının tümünde her sulama öncesi ve sonrası toprak nemi ölçülmüş ve bu iki değer farkından sulama ile toprakta depolanan su miktarı (x_i) belirlenmiştir.

Eş dağılım randımanı (CU); 0.80'e eşit veya daha büyük olduğunda randıman çok iyi; 0.80-0.60 aralığında kabul edilebilir ve 0.60'den küçük olduğunda kabul edilemez olarak sınıflandırılır (Hart et al., 1979).

3.2.6.5 Dağılım türdeşliği

Dağılım türdeşliği (D_u), sulanan parsellerde su dağılım sorununun büyüklüğünü belirtir. Sulanan parselin en az su alan $\frac{1}{4}$ 'ündeki ortalama su derinliğinin sulama sırasında toprakta depolanan ortalama su derinliğine oranıdır ve aşağıdaki eşitlikle belirlenmektedir.

$$D_U = 100 \left[\frac{X_{lg}}{\bar{X}} \right]$$

Eşitlikte;

D_U : Dağılım türdeşliği (%);

x_{lg} : Parselin en az su alan $\frac{1}{4}$ 'ündeki ortalama su miktarı (mm);

x : Sulama sırasında toprakta depolanan ortalama su miktarını (mm), göstermektedir.

Dağılım türdeşliği (D_U); 0.90'e eşit veya daha büyük olduğunda randıman çok iyi; 0.90-0.70 aralığında kabul edilebilir ve 0.70'den küçük olduğunda kabul edilemez olarak sınıflandırılır (Hart et al., 1979).

3.2.7 Toprak Örneklerinde Kullanılan Analiz Yöntemleri

Sulama değ erlendirme parsellerinde toprak profil çukurları açılmış ve 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100-120 katmanlarından bozulmamış ve bozulmuş toprak örnekleri alınarak gerekli fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır ( ekil 3.8).



Şekil 3.8 Deneme tarlalarında açılan profillerden toprak  rneği alımı

3.2.7.1 Fiziksel ve kimyasal analiz yöntemleri

Bünye: Bouyoucos hidrometre metodu ile belirlenmiş olan % kum, % kil ve %mil miktarı bünye analiz üçgenine uygulanarak saptanmıştır (Bouyoucos, 1962).

Eriyebilir Katyonlar: Saturasyon ekstraktında Ca ve Mg 0:01 N versenat ile titrasyonla volumetrik, Na ve K flame fotometre ile belirlenmiştir (Richards, 1954).

Değişebilir Sodyum: 1N amonyum asetat ile ekstrakte edilen toprak örneklerinden elde edilen süzükte Na flame fotometre ile belirlenmiştir (Pratt et al., 1965).

Suda Eriyebilir Bor: Saturasyon macunu ekstaktında Karmin indikatörü kullanılarak kolorimetrik olarak tayin edilmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

Suda Çözünebilir Total Tuz ve Elektriksel Geçirgenlik (EC): Saf su ile sature edilmiş toprak macununda total tuz, saturasyon ekstraktında Conductivity Bridge Cihazı ile elektriki direnç ölçülerek belirlenmiştir (U.S. Soil Survey Staff, 1951).

Hacim ağırlığı: Hacmi belirli silindirlerle alınan bozulmamış toprak örneklerinde gravimetrik olarak saptanmıştır (Richards, 1954).

Tarla Kapasitesi: Bozulmamış toprak örnekleri su ile doyurularak 1/3 Atm basınç altında basınç tenceresi aletinde belirlenmiştir (Richards, 1954).

Solma Noktası: Bozulmuş toprak örneklerinde, 15 Atm basınç altında basınç tenceresi aleti kullanılarak bulunmuştur (Richards, 1954).

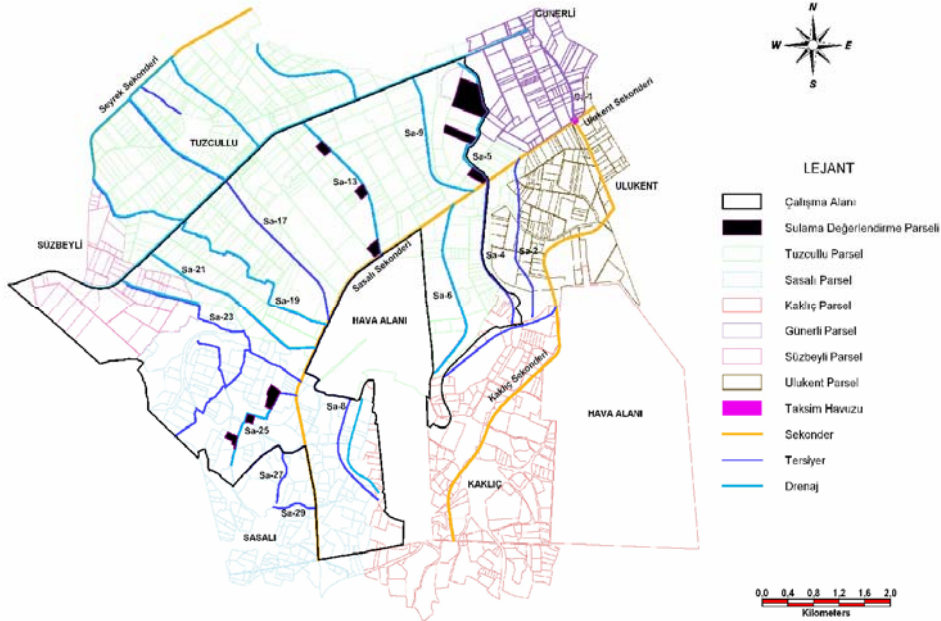
Hidrolik Geçirgenlik: Bozulmuş toprak örneklerinde tayin seti kullanılarak bulunmuştur (Tüzüner vd., 1990).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

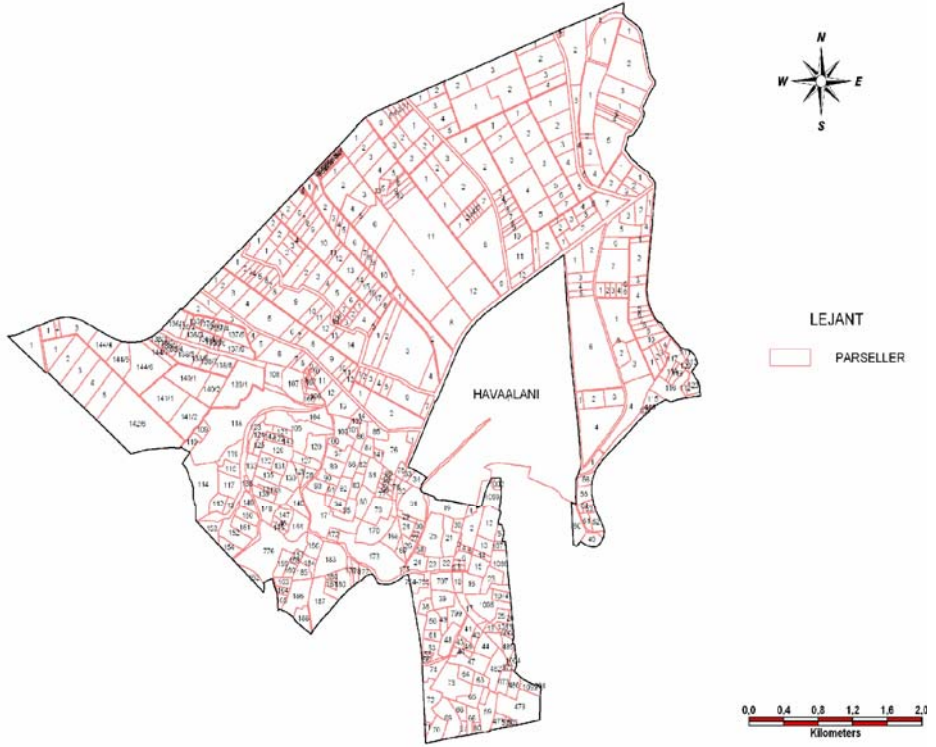
4.1 Araştırma Alanının Coğrafi Bilgi Sistemiyle Değerlendirilmesi

4.1.1 Sulama Sistemi ve Parselasyon

Araştırma alanının kadastro haritaları Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında sayısallaştırılmıştır. Sayısal haritada sulama değerlendirme parselleri ve sulama sistemi gösterilmiştir (Şekil 4.1). CBS aracılığıyla Sasalı sekonderi sulama sahasının alanı 2293 hektar olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.1 Araştırma alanı sulama sistemi ve değerlendirme parselleri



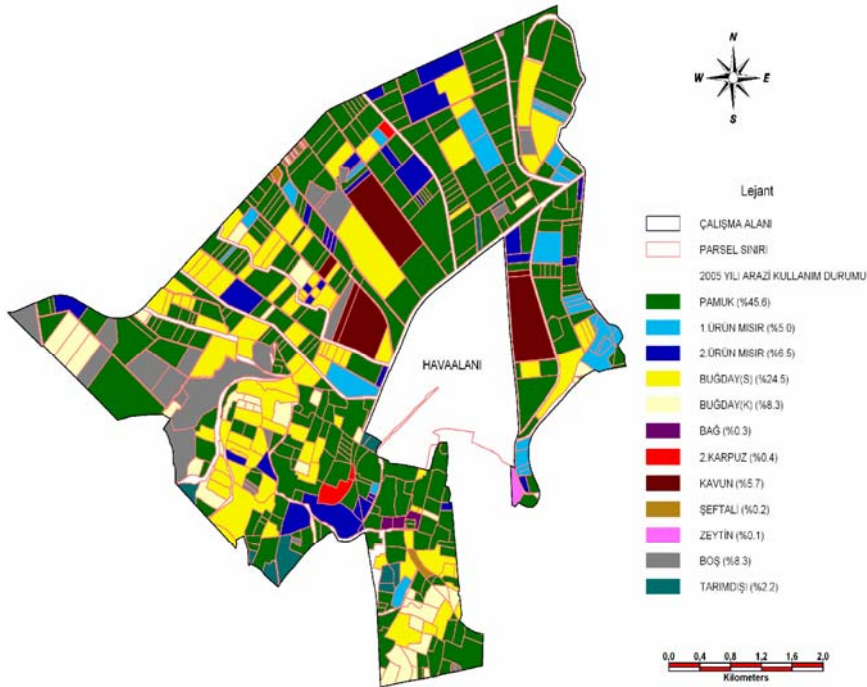
Şekil 4.2 Araştırma alanı parselasyon haritası

Araştırma alanına ait 1/5000 ölçekli parselasyon haritası CBS ortamında sayısallaştırılmıştır. Parsellerin ada ve parsel numarası ile alanı veri tabanına işlenmiştir (Şekil 4.2).

Araştırma alanında toplam 575 adet parsel mevcut olup, sulama değerlendirme parsellerinin bulunduğu Sa-5, Sa-13 ve Sa-25 tersiyerlerinin sulama alanında sırasıyla 25, 26 ve 16 adet parsel bulunmaktadır. Araştırma alanındaki parsellerin %40.3'ünün alanı 2 ha'dan küçük, %29.9'unun 2-5 ha arasında ve %29.8'inin 5 ha'dan büyüktür.

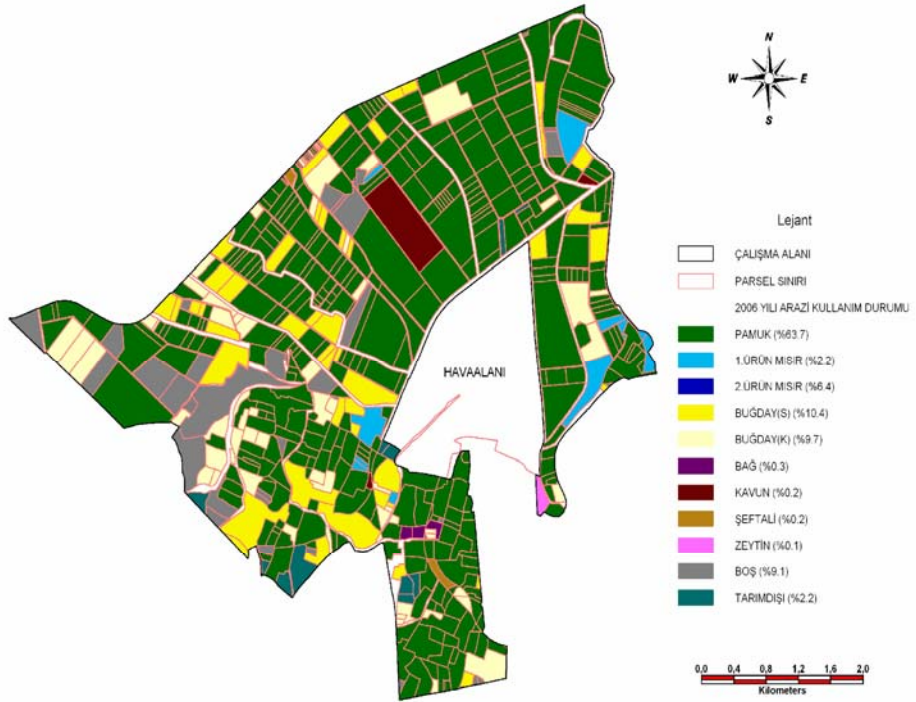
4.1.2 Arazi Kullanım Durumu ve Bitki Deseni

Araştırma alanında bulunan 2005 ve 2006 yıllarına ilişkin ürün deseni veri tabanına işlenerek CBS ortamında sorgulanmıştır.



Şekil 4.3 2005 yılında araştırma alanı arazi kullanım durumu

2005 yılı için yapılan sorgulamada; araştırma alanının 2053 ha'nın sulandığı, bu alanın %45.6'sında pamuk, %24.5'inde buğday, %5.0'inde birinci ürün mısır yetiştirildiği, %8.3'ünde bitki yetiştirilmeyip boş bırakıldığı ve %2.2'sinin de tarım dışı (sanayi ve kent yapıları) amaçlar için kullanıldığı belirlenmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.4 2006 yılında araştırma alanı arazi kullanım durumu

2006 yılı için yapılan sorgulamada; araştırma alanının 2033 ha'nın sulandığı ve %63.7'sinde pamuk, %10.4'ünde buğday, %2.2'sinde birinci ürün mısır yetiştirildiği, %9.1'in de ise tarım yapılmayıp boş bırakıldığı ve %2.2'si tarımdışı amaçlar için kullanıldığı belirlenmiştir (Şekil 4.4).

Araştırma alanının büyük bölümünde pamuk ekili olduğu Şekil 4.3 ve 4.4’de de görülmektedir. Pamuk ekili alanlarda ithal pamuk çeşitleri (Carmen, Beyaz Altın vs) bulunmaktadır.

Araştırmanın yürütüldüğü yıllara ilişkin sulama değerlendirme parsellerinin bulunduğu tersiyer kanalların (Sa-5, Sa-13 ve Sa-25) ekim alanları ve oranları Çizelge 4.1 ve 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 2005 yılı için sulama değerlendirme parsellerinin bulunduğu tersiyer kanallarda gerçekleşen ekim alanları ve oranları

Bitki çeşidi	Tersiyer Kanallar					
	Sa-5		Sa-13		Sa-25	
	Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)
Tahıl (sulu)	41.7	33.4	24.4	23.1	30.7	52.8
Tahıl (kuru)*	-	-	22.3	8.5	2.2	3.7
Pamuk	69.4	55.6	78.7	74.5	25.3	43.5
Mısır	13.8	11.0	2.6	2.4	-	-
Mısır-II*	14.0	11.2	16.9	16.0	24.1	41.4
Karpuz-II*	-	-	2.4	2.2	6.6	11.4
Toplam	124.9	100.0	105.6	100.0	58.2	100.0

* (%) oran toplamına katılmamıştır.

Çizelge 4.2 2006 yılı için sulama değerlendirme parsellerinin bulunduğu tersiyer kanallarda gerçekleşen ekim alanları ve oranları

Bitki çeşidi	Tersiyer Kanallar					
	Sa-5		Sa-13		Sa-25	
	Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)
Tahıl (sulu)	9.0	7.2	2.8	2.6	13.7	23.8
Tahıl (kuru)*	-	-	-	-	2.5	4.3
Pamuk	100.4	80.2	102.9	97.4	41.3	71.9
Mısır	14.0	11.2	-	-	-	-
Mısır-II*	1.8	1.5	2.8	2.6	8.9	15.5
Kavun*	1.8	1.5	-	-	-	-
Toplam	125.3	100.0	105.6	100.0	57.5	100.0

* (%) oran toplamına katılmamıştır.

Sulama değerlendirme parsellerinin bulunduğu tersiyerlerde ana ürün araştırma alanında olduğu gibi pamuktur. Ancak, araştırmanın iki yılında da bu tersiyerlerin hizmet ettiği alanlarda (2005’de Sa-25 hariç) pamuk ekiliş oranları araştırma alanındakinden daha yüksektir.

4.1.3 Toprak Özellikleri

Araştırma alanının toprak özelliklerine ilişkin haritalar, CBS ortamında sayısallaştırılarak toprak grubu, arazi eğimi, erozyon derecesi, taşlılık, kayalık ve drenaj durumu, toprak bünyesi ve toprak kullanımını kısıtlayan faktörler gibi toprak özellikleri ačíısından değerlendirilmiştir.

Sayısallaştırılan toprak haritaları, toprak ve arazi varlığının tanınması amacıyla, 1966-1971 yılları arasında etütler yapılarak hazırlanmıştır. Ancak, bu haritalar 10-15 yıl içinde toprak özelliklerinde ve arazi kullanmada meydana gelen değişikliklere göre tekrar düzenlenmiştir (Anonim, 2001).

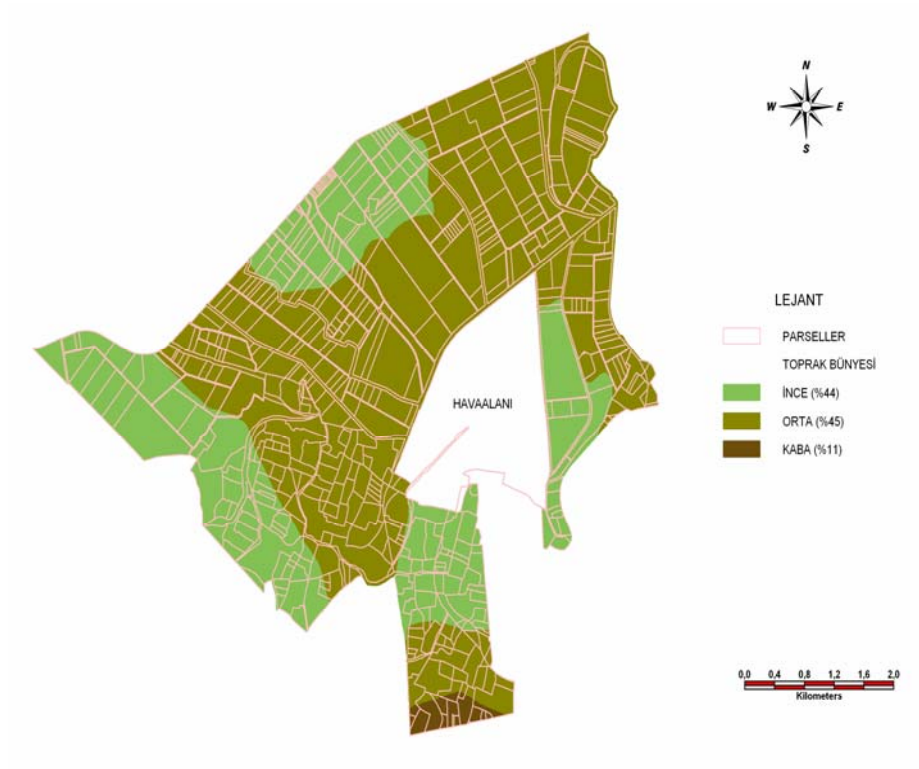
Toprak haritaları düzenlendikten sonra araştırma alanında toplulaştırma ve drenaj tesisi gibi arazi geliştirme hizmetleri yapılmıştır.

CBS ortamında yapılan sorgulamalarda araştırma alanının alüviyal büyük toprak grubunda yer aldığı, düz ve düze yakın eğime sahip olduğu ve erozyon riski taşımadığı tespit edilmiştir. Toprak kullanımını kısıtlayan değişik faktörler ačíısından değerlendirildiğinde ise, taşlılık ve kayalık sorununun olmadığı, ancak tuzlu-alkali yapıda olduğu belirlenmiştir. Bu özellikler ačíısından tüm araştırma alanı aynı olduğundan, alansal dağılımları şekille gösterilmemiştir.

Toprak bünyesi, ince, orta ve kaba bünyeli olarak üç grupta değerlendirilmiştir. İnce bünyeli grupta, kil, siltli kil, kumlu kil, siltli killi tın, killi tın ve kumlu killi tın bünyeli topraklar yer almaktadır. Orta bünyeli grupta, siltli tın, tın, çok ince kumlu tın ve ince kumlu tın bünyeli topraklar bulunmaktadır. Kaba bünyeli grupta ise tınlı ince kum, tınlı kum ve kum bünyeli topraklar yer almaktadır (Topraksu, 1974).

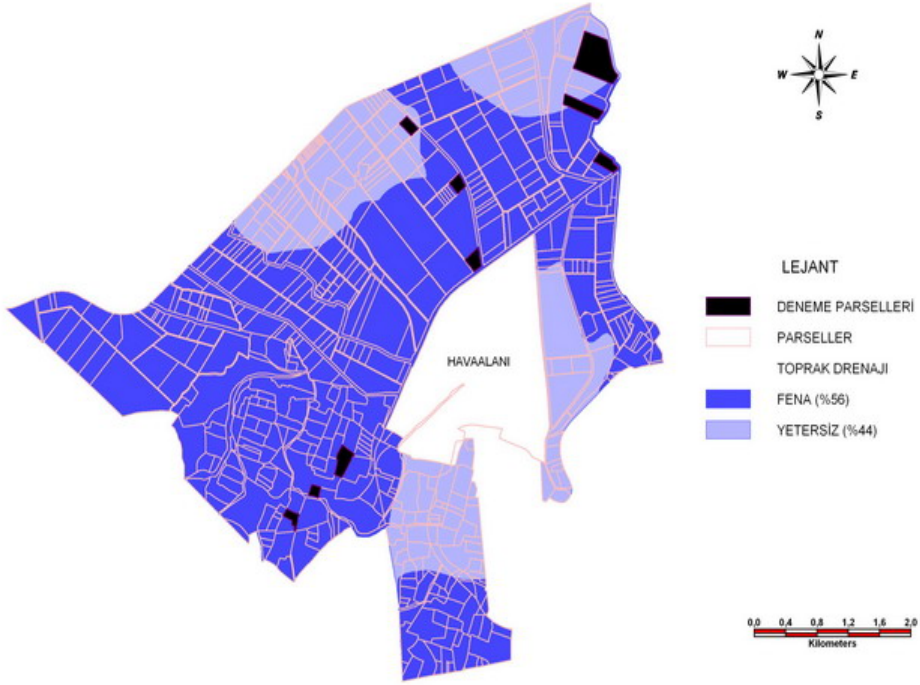
Drenaj durumu; iyi, yetersiz ve fena drenajlı olarak üç kategoride değerlendirilmiştir. İyi drenajlı topraklarda, su topraktan normal hızda çıkmakta, mevcut durumda ve sulamalardan sonra taban suyu oluşumu olmamaktadır. Yetersiz drenajlı topraklarda, su topraktan düşük hızla çıkmakta ve taban suyu 90-100 cm'ye; fena drenajlı alanlarda ise su topraktan çok düşük hızla çıkmakta ve taban suyu sulamalardan sonra 60 cm'ye yükselebilmektedir (Topraksu, 1974).

Araştırma alanının toprak bünye ve drenaj durumunu gösteren haritalar Şekil 4.5'de ve Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.5 Araştırma alanı toprak bünye haritası

Araştırma alanı toprakları bünye açısından değerlendirildiğinde; %44'ünün “ince” bünyeli, %45'inin “orta” bünyeli, %11'inin “kaba” bünyeli topraklar olduğu görülmüştür (Şekil 4.5).



Şekil 4.6 Araştırma alanının drenaj durumu

Drenaj durumu açısından araştırma alanı değerlendirildiğinde; %56'sının “fena” ve %44'ünün ise “yetersiz drenajlı” olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.6).

4.1.4 Sulama Değerlendirme Parsellerine İlişkin Bazı Özellikler

Sulama değerlendirme parsellerinin bazı toprak özellikleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Sulama değerlendirme parsellerinin bazı toprak özellikleri

Tersiyer No	Sa-5			Sa-13			Sa-25		
Parsel No	Baş	Orta	Son	Baş	Orta	Son	Baş	Orta	Son
Kum (%)	27	23	42	46	36	14	32	36	24
Kil (%)	13	41	20	18	29	41	19	16	25
Silt (%)	61	39	38	36	45	49	47	50	61
Bünye Sınıfı	SiL	C	L	L	CL	SiC	L	L	SiL
Tarla Kapasitesi (0-80cm) (mm)	308	289	317	289	362	360	297	299	348
Solma Noktası (0-80cm) (mm)	129	169	190	138	210	207	149	146	170
Hacim Ağırlık (gr/cm³)	1.36	1.26	1.49	1.47	1.54	1.37	1.37	1.47	1.44
Yarayırlı Su (0-80cm) (mm)	179	120	127	151	152	153	148	153	178
EC (dS/m)	1.50	1.04	0.83	1.60	2.76	7.97	7.94	1.13	1.10
Bor (ppm)	0.06	0.23	0.06	0.04	0.61	0.56	0.62	0.15	0.27
Değişebilir Na (%)	4.24	6.29	5.91	9.83	19.46	28.28	18.37	7.71	6.10
Hidrolik İletkenlik (cm/gün)	32.42	67.37	57.42	23.38	1.79	0.49	13.89	46.06	46.44

Parsel toprakları Çizelge 4.3’de görüldüğü gibi tın, siltli tın, siltli kil, killi tın ve killi bünyededir. Parsellerin 0-80 cm toprak derinliğindeki tarla kapasiteleri (TK) 289-362 mm arasında değişmekte olup en düşük Sa-5-orta ve Sa-13-baş parselinde, en yüksek ise Sa-13-orta parselindedir. Solma noktası en düşük Sa-5-baş parselinde (129 mm), en yüksek Sa-13-orta parselinde (210 mm); yarayışlı su kapasitesi en düşük Sa-5-orta parselinde (120 mm), en yüksek ise Sa-5-baş (179 mm) parselinde bulunmuştur. Sa-13-son parselinin 2005 yılında değerlendirilen 0-60 cm toprak derinliğinin TK’si 265 mm, SN’sı 150 mm ve yarayışlı su kapasitesi 115 mm olarak hesaplanmıştır. Tuzluluk, alkalilik ve bor sorunu (toprakları az tuzlu, alkali olan Sa-13 tersiyerinin orta ve son parseli, Sa-25 tersiyerinde baş parsel hariç) bulunmamaktadır. Hidrolik iletkenlik 0.49-67.37 cm/gün arasında değişmekte olup, en düşük Sa-13-son parselde, en yüksek ise Sa-5-orta parselde bulunmuştur. Toprakların hidrolik iletkenliği, çok düşük, düşük, orta ve yüksek sınıf içerisinde yer almıştır (Sağlam vd., 1993).

Araştırma yıllarında değerlendirme parsellerinde bulunan bitki çeşidi, ekim tarihi, su kaynağı, tarlaya su alma biçimi ve sulama yöntemi Çizelge 4.4’de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi, 2005 yılında iki parsel hariç (Sa-5-orta parselde birinci ürün mısır; Sa-13-son parselde ikinci ürün karpuz), her iki yılda da tüm parsellerde pamuk yetiştirilmiştir. Sulama salma, border ve karık yöntemleriyle yapılmıştır. Sulama suyu genellikle tersiyerlerden, istenilen zamanda kanalda su bulunmadığında ise drenaj kanalından alınmaktadır. Üreticiler, tersiyerlerden sulama suyunu sifonla almakla birlikte yer yer kanaletleri kural dışı kırarak da su almaktadırlar.

Parsellerin sulamasında kullanılan kanal sulama suyu T_3A_1 sınıfındadır (Kayam ve Korkmaz, 2005).

Çizelge 4.4 Parsellerin su kaynağı, su alma biçimi, sulama yöntemi, bitki çeşidi ve ekim tarihi

Tersiyer No	Parsel No	Su Kaynağı	Su Alma Biçimi	Sulama Yöntemi	2005 Yılı		2006 Yılı	
					Bitki Çeşidi	Ekim Tarihi	Bitki Çeşidi	Ekim Tarihi
Sa-5	Baş	Tersiyer kanal	Sifon	Border	Pamuk (Florya)	12 Mayıs	Pamuk (Florya)	26 Nisan
	Orta	Tersiyer kanal	Sifon	Salma	1. Ürün Mısır (Payner)	18 Nisan	Pamuk (Carmen)	26 Nisan
	Son	Tersiyer kanal	Kural dışı kanalet kırılarak	Border	Pamuk (Carmen)	01 Mayıs	Pamuk (Carmen)	11 Mayıs
Sa-13	Baş	Tersiyer kanal	Sifon	Border	Pamuk (Beyaz Altın 119)	01 Mayıs	Pamuk (Beyaz Altın 119)	09 Mayıs
	Orta	Tersiyer kanal	Sifon	Salma	Pamuk (Carmen)	01 Mayıs	Pamuk (Carmen)	26 Nisan
	Son	Tersiyer kanal	Tarla prizi	Karık, Salma	2. Ürün Karpuz	26 Haziran	Pamuk (Carmen)	12 Mayıs
Sa-25	Baş	Tersiyer ve drenaj kanalı	Kural dışı kanalet kırılarak, motopomp	Border	Pamuk (Carmen)	28 Nisan	Pamuk (Carmen)	26 Nisan
	Orta	Tersiyer ve drenaj kanalı	Kural dışı kanalet kırılarak, motopomp	Border	Pamuk (Carmen)	28 Nisan	Pamuk (Carmen)	26 Nisan
	Son	Tersiyer ve drenaj kanalı	Kural dışı kanalet kırılarak, motopomp	Border	Pamuk (Carmen)	28 Nisan	Pamuk (Carmen Kelya)	26 Nisan

Araştırma yıllarında bitki yetiştirme dönemi süresince, sulamalardan önce ve sonra sulama değerlendirme parsellerinin taban suyu seviyesi ölçülmüştür. Taban suyu seviyelerinin 2005 yılında 83-158 cm arasında değiştiği belirlenmiş olup en yüksek seviye Sa-13-son parselinde, en düşük ise Sa-5-son parselindedir. 2006 yılının Temmuz-Ağustos aylarında en yüksek taban suyu seviyesi Sa-13-baş parselinde (100 cm) bulunurken Sa-5-son ve Sa-25-baş parsellerinde ise taban suyuna rastlanmamıştır. Tersiyerlerdeki sulama suları, sulama yapılmadığı zamanlar drenaj kanallarına tahliye edilmekte ve burada biriktirilmektedir. Araştırma alanının drenaj sistemi, sulama sezonunda drenaj kanallarının önünün sedde ile kapatılarak rezervuar olarak kullanılması sebebiyle randımanlı çalışmamaktadır. Bundan dolayı, sulama sezonunda araştırma alanında taban suyu seviyesi yükselmektedir. Araştırmanın ikinci yılında bir önceki yıla göre, taban suyunun daha düşük seviyelerde bulunmasının nedeni, drenaj kanallarının önünün kapatılmamasıdır. Ancak, her iki yılda da sulamaların başlamasıyla taban suyunun tehlikeli sınır olarak kabul edilen 150 cm'den daha yüksek seviyelere çıktığı saptanmıştır. GAP yöresinde de aynı sorun bulunmaktadır. Saptırılması gerekenden 0.15-7 kat daha fazla sulama suyu saptırıldığı için tuzluluk, taban suyu ve yaşlık gibi sorunların ortaya çıktığı ve taban suyunun 1.00 m'ye kadar yükseldiği görülmüştür (Tekinel vd., 2002). Menemen Sol Sahil sulamasında sulamaların en yoğun olduğu temmuz ayında taban suyu seviyesinin denize yakın bölgenin %80.4'ünde 101-150 cm'in, %1.7'sinde ise 51-100 cm'in altına düşmediği CBS tekniğiyle belirlenmiştir (Çamoğlu vd., 2006), Bu durum, araştırmada elde edilen sonucu desteklemektedir.

2005 ve 2006 yılları sulama değerlendirme parsellerinin taban suyu seviyeleri Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Sulama değerlendirme parsellerinin taban suyu seviyeleri

[illegible]

4.2 Sulama Değerlendirme Parsellerinde Toprak Nem Değişimi

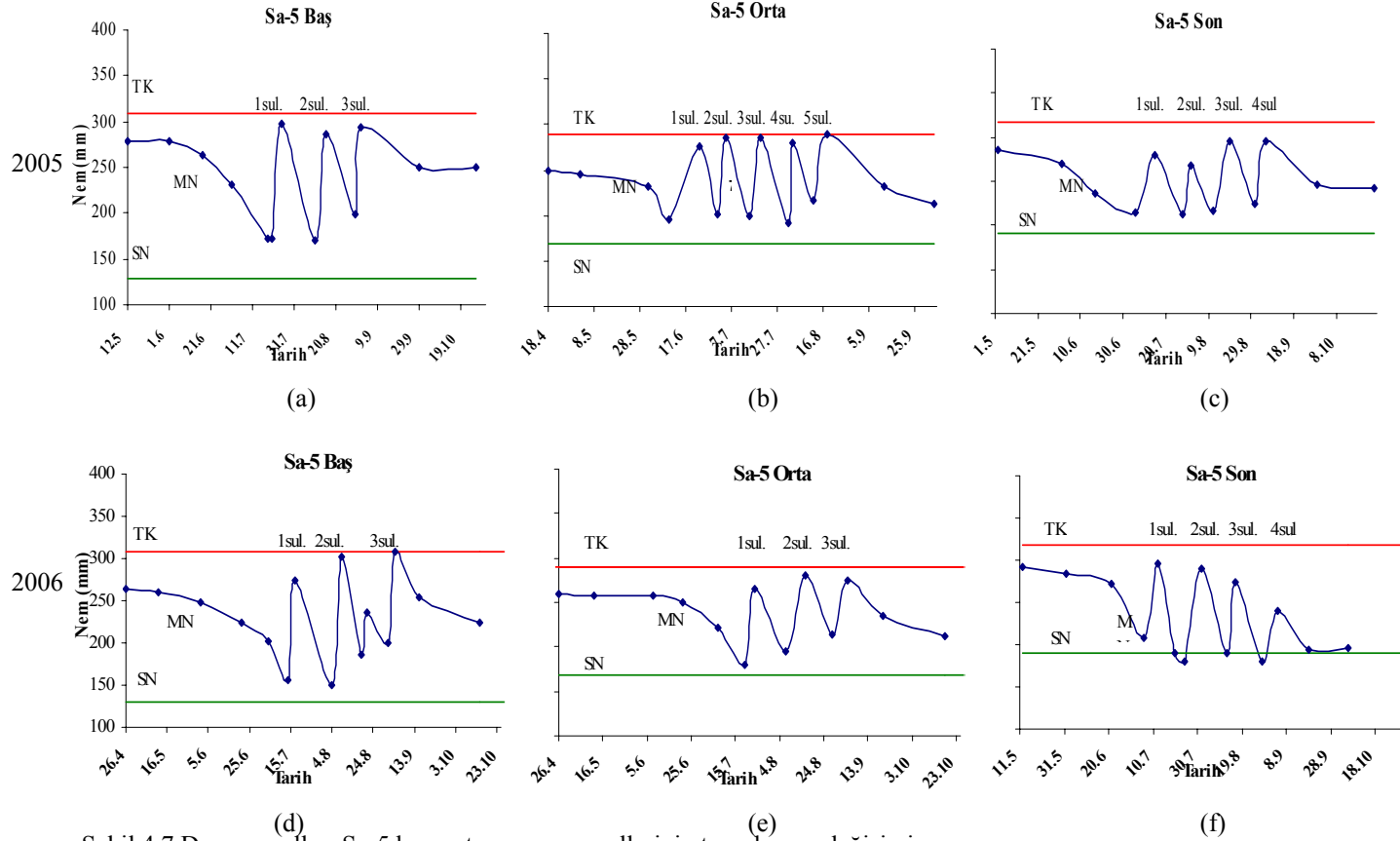
Sulama uygulamalarında, bitki kök bölgesindeki nemin doğru olarak ölçülmesi ve nemdeki değişimin değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Bu araştırmada, bitki yetiştirme dönemi süresince sulama değerlendirme parsellerinde toprak nemi, nötronmetre yöntemi ile ölçülmüştür. Bu amaçla öncelikle, sulama değerlendirme parsellerinin topraklarına ait nötronmetre kalibrasyon eşitlikleri çıkarılmıştır (Çizelge 4.6). Kalibrasyon çalışmaları tamamlandıktan sonra üretici, Sa-25-son parselini boş bırakmış ve bitki yetiştirmemiştir. Bu nedenle, değerlendirme parselinin yeri değiştirilmiş olup toprak nemi gravimetrik yöntemle belirlenmiştir.

Çizelge 4.6 Nötronmetre kalibrasyon eşitlikleri

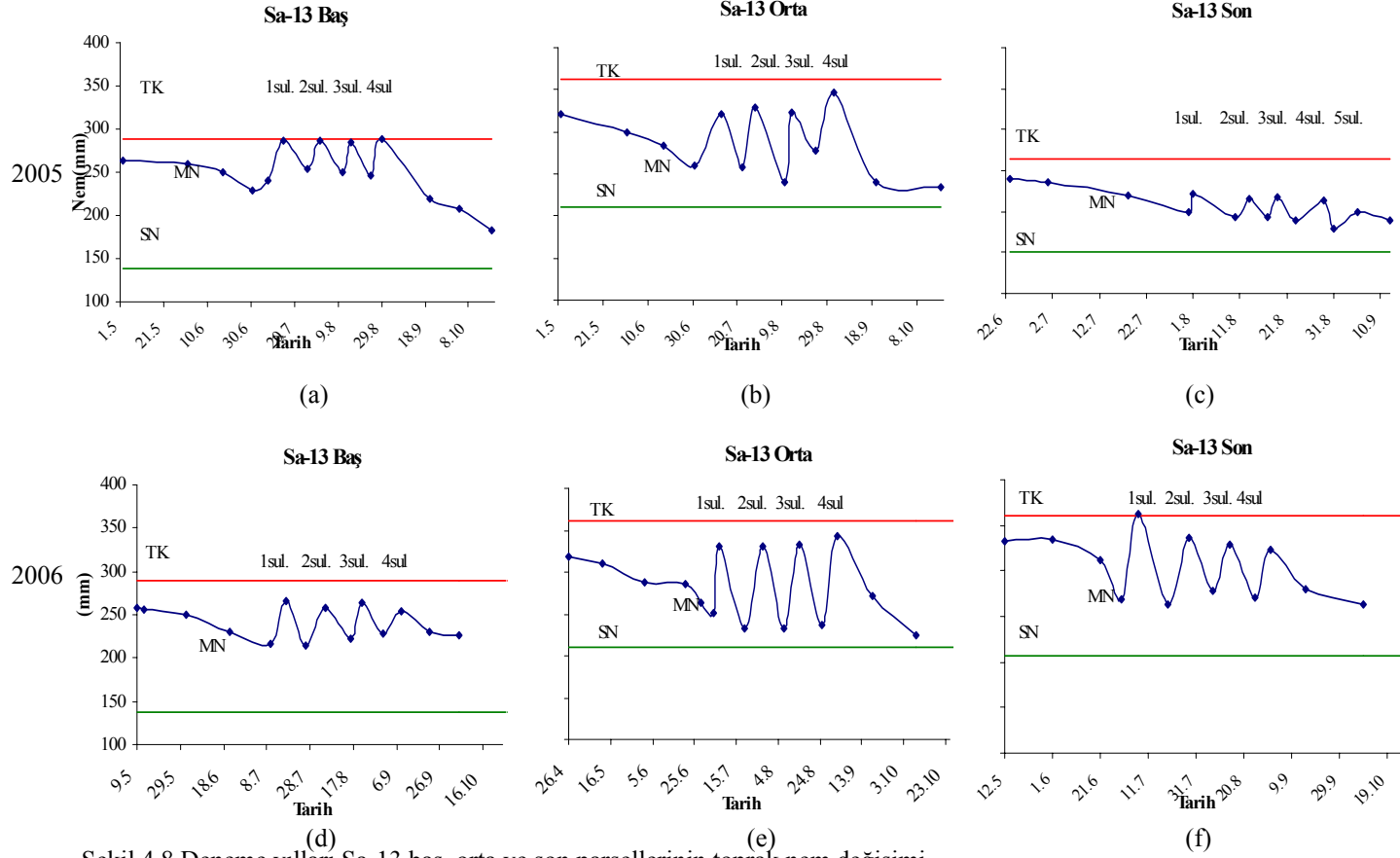
Tersiyer No	Parsel No	Regresyon Denklemi	Determinasyon Katsayısı (R^2)
Sa-5	Baş	$y = 117.11x - 6.296$	0.85**
	Orta	$y = 99.279x - 3.6767$	0.77**
	Son	$y = 76.457x + 7.2924$	0.50**
Sa-13	Baş	$y = 67.64x + 8.6027$	0.90**
	Orta	$y = 86.437x + 4.3147$	0.84**
	Son	$y = 97.553x + 2.3882$	0.79**
Sa-25	Baş	$y = 112.54x - 6.0518$	0.74**
	Orta	$y = 121.61x - 7.3278$	0.60**

Toprak nem değişimi, 0-80 cm toprak derinliği için değerlendirilmiştir, ancak Sa-13-son parselinde yüksek taban suyu nedeniyle çalışmanın ilk yılında 0-60 cm derinlik dikkate alınmıştır. Sa-13-son parselinde ikinci ürün karpuz seddelere (eni 2.00 m) ekildiğinden toprak nemi, karık içi (ıslak) ve sedde üstü (kuru) nem değerlerinin ortalaması alınarak bulunmuştur.

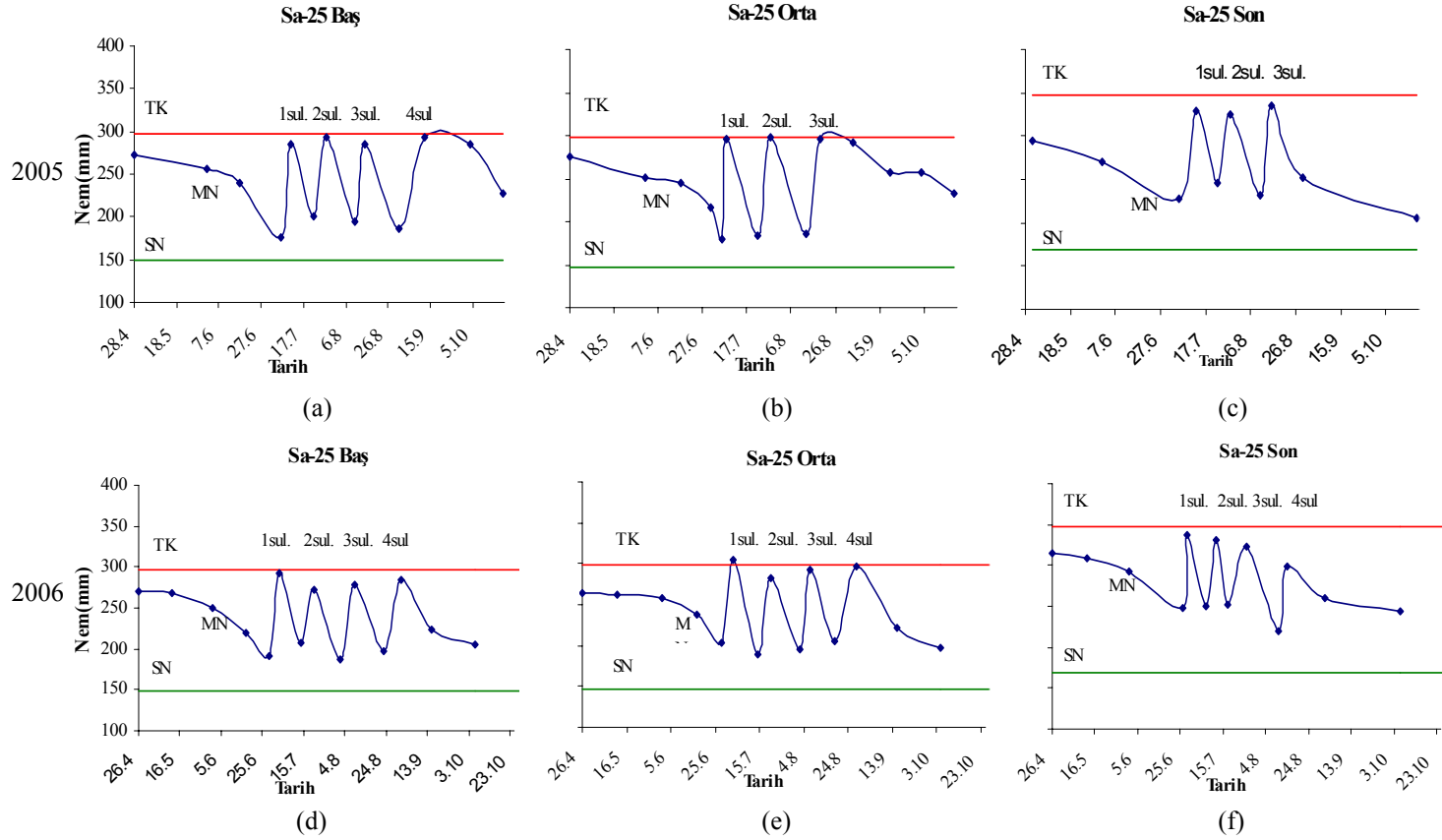
Sulama değerlendirme parsellerinin toprak nem içerikleri, 2005 ve 2006'da bitki ekim tarihlerinde, sulama öncesi ve sulama sonrasında ölçülmüş ve bitki yetişme dönemi nem değişim grafikleri elde edilmiştir (şekil 4.7, 4.8 ve 4.9). Grafiklerde tarla kapasitesi, TK; solma noktası, SN; ve topraktaki mevcut nem, MN olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Deneme yılları Sa-5 baş, orta ve son parsellerinin toprak nem değişimi



Şekil 4.8 Deneme yılları Sa-13 baş, orta ve son parsellerinin toprak nem değişimi



Şekil 4.9 Deneme yılları Sa-25 baş, orta ve son parsellerinin toprak nem değişimi

2005 yılında pamuk parsellerinin toprak nem içerikleri ekimde, 264-322 mm arasında bulunmuş olup en düşük nem içeriği Sa-13-baş parselde, en yüksek Sa-13-orta parselde tespit edilmiştir. Ekimler elverişli nemin en az %15'i (Sa-25-orta), en fazla %29'u (Sa-25-son) tüketildiğinde yapılmıştır. Pamuk ekiminin tüketilen elverişli nemin Sa-25-baş (%16), Sa-5-baş (%17) ve Sa-13-baş (%17) parsellerinde alt sınır; Sa-5-son (%25), Sa-13-orta (%26) parsellerinde üst sınır değerlerine yakın değerlerde yapıldığı saptanmıştır.

2006 yılında pamuk ekiminde parsellerin toprak nem içerikleri, 258-332 mm arasında değişmiş olup en düşük nem içeriği Sa-13-baş parselde, en yüksek Sa-13-son parselde saptanmıştır. Ekimler elverişli nemin en az %18'i (Sa-13-son, Sa-25-baş ve Sa-25-son parsellerde) en fazla %28'i (Sa-13-orta) tüketildiğinde yapılmıştır. Pamuk ekiminin Sa-13-baş parselde %20'si, Sa-5-son parselde %21'i, Sa-25-orta parselde %22'i, Sa-5-baş ve Sa-5-orta parsellerde %24'ü (üst sınıra yakın) tüketildiğinde yapıldığı belirlenmiştir.

Araştırma yıllarında, üreticilerin parsellerine birbirine yakın toprak nem değerlerinde ve genel olarak elverişli nemin %25'i azaldığında pamuk ektiği saptanmıştır.

Mısır, Sa-5-orta parseline elverişli nemin %34'ü tüketildiğinde ve toprak nemi 249 mm iken ekilmiştir.

İkinci ürün karpuz Sa-13-son parseline ekildiğinde toprak nemi 239 mm olup elverişli nemin %22'si tükenmiştir.

Pamuk sulama değerlendirme parselleri en az 3, en fazla 4 defa sulanmıştır. Sulama aralığı 13-23 gün arasında değişmiş olup genellikle sulama aralığı 17 ± 1 gündür. En düşük sulama aralığı (13 gün) 2006 yılında suya duyarlı pamuk çeşidi yetiştirilen Sa-25-son parselinde gerçekleşmiştir (şekil 4.9 f). Menemen Ovasında yapılan bazı çalışmaların sonucunda, pamuk yetiştiren üreticilere yaklaşık 17 gün arayla 4 defa sulama yapmaları önerilmektedir (Beyazgül vd, 2001; Kayam ve Korkmaz, 2005; Gündüz ve Korkmaz, 2007). Bu durumda, pamuk sulama değerlendirme parselleri önerilen sayıda ve aralıkla sulanmıştır.

Mısır, 12-16 gün arayla 5 kez sulanmıştır (şekil 4.7 b). Genoğlan ve Yazar (1999) tarafından yapılan çalışmada, mısırın gelişme döneminde 15-20 gün aralıkla 3-4 kez sulanması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, Eskişehir, Çukurova ve Balıkesir koşullarında yürütülen çalışmalarda da, 4 kez sulama yapılması önerilmektedir (Oylukan ve Güngör, 1975; Derviş, 1986; Gündüz vd., 2008). Bu çalışmada, sulama gün aralığı düşük tutularak bir sulama fazla yapılmıştır.

Karpuz 7-8 gün aralıkla 5 kez sulanmıştır (şekil 4.8 c).

Pamuk parsellerinde şekil 4.7, 4.8 ve 4.9'da görüldüğü gibi, birinci sulama öncesi toprak nemi 2005'de en düşük 173 mm (Sa-5-baş), en yüksek 260 mm (Sa-13-orta); 2006'da ise en düşük 155 mm (Sa-5-baş), en yüksek 268 mm (Sa-13-son) olarak ölçülmüştür. Pamuk sulamalarına temmuz ayının ilk 10 günlük döneminde 2005 yılında elverişli nemin Sa-13-orta ve Sa-25-son parsellerde %67'si, Sa-5-baş parselde %76'sı, Sa-5-son parselde %80'i; 2006 yılında Sa-25-son parselde %56'sı,

Sa-13-son ve Sa-25-orta parsellerde sırasıyla %60 ve %63'ü, Sa-5-baş parselde %76'sı ve Sa-5-orta parselde %86'sı tüketildiğinde başlanmıştır. Araştırma yıllarında elverişli nemin en düşük tüketimi Sa-13-baş parselde (%32 ve %47), en yüksek Sa-5-orta (%92) ve Sa-25-baş (%82) parsellerinde olmuştur.

Sulama değerlendirme parsellerinde pamuk sulamalarına ortalama olarak elverişli nemin %69'u tüketildiğinde başlanmıştır. Bu değere yakın sonuçlar elde edilen Menemen yöresinde ve Özbekistan'da yürütülen bazı çalışmalarda da, pamukta ilk sulamanın 0-90 cm toprak katmanındaki rutubetin %70'i tüketildiğinde yapılması önerilmiştir (Özkara ve Şahin, 1993; Şener, 1995; Kayam ve Korkmaz, 2005; Gündüz ve Korkmaz, 2007; Abdraimov ve Budarina, 1977).

Pamukta ikinci sulamalar, 2005 yılında elverişli nemin en az %22'si (Sa-13-baş), en fazla %82'si (Sa-5-son) tüketildiğinde yapılmıştır. 2006'da ise yine en az tüketim Sa-13-baş parselinde (%49), en yüksek Sa-5-son parselinde (%108 solma noktasının altında) olmuştur. Sulamalar öncesi toprak nem içeriği 150-264 mm arasında değişmiş olup bu alt ve üst sınır değerler 2006 yılında Sa-5-baş ve Sa-13-son parsellerinde saptanmıştır.

Araştırma yıllarında üçüncü ve dördüncü sulamalar öncesi tüketilen elverişli nem miktarları, ikinci sulama öncesinden büyük farklılıklar göstermemiş ve %25-108 arasında değişmiştir. Bu sulamalarda da en düşük (Sa-13-baş) ve en yüksek (Sa-5-son) tüketim yine aynı parsellerde olmuştur. Toprak nemi, üçüncü sulama öncesi 186-278 mm, dördüncü sulama öncesi 180-277 mm arasında bulunmuştur.

Araştırmanın her iki yılında ve tüm sulamalar öncesi elverişli nem tüketimi en düşük olan Sa-13-baş parselinde, 40 cm toprak katmanından itibaren alkalilik sorunu başlamaktadır. Bu durum, toprak strüktür yapısının bozulmasına ve hidrolik iletkenliğin düşmesine neden olmaktadır. Aynı zamanda parselin üç kenarından geçen kanallardan (sekonder, Sa-13 tersiyeri ve beton quarter kanal) olan sızmalar taban suyu seviyesini yükseltmekte (100 cm) ve devamlı beslemektedir. Yüksek taban suyu seviyesi ve geçirgenlik sorunu nedeniyle toprak alt katmanlarında eksilen nem kapillerite ile desteklenmektedir. Bu durumda, parselde tüketilen elverişli nem değeri diğer parsellere göre düşük olmaktadır. Araştırmanın ikinci yılında üreticinin parseli tesviye ettirmesi, tüketilen elverişli nem değerinin (%47) az miktarda da olsa yükselmesini sağlamıştır. Sulama sonrası parselde bulunan yüzey suyu uzaklaştırılmasına rağmen, toprak nemi ancak 4-5 gün içinde tarla kapasitesine gelmektedir.

Sa-5-son parselinde sulamalar öncesi elverişli nem tüketiminin yüksek olmasının ve hatta 2006'da ikinci, üçüncü ve dördüncü sulama öncesi solma noktasının altına düşmesinin nedeni, toprak alt katmanlarında kum miktarının yüksek olmasıdır. Bu durum da, derine sızma kayıplarını artırmaktadır (Şekil 4.7 f).

Genellikle değerlendirme parsellerinde sulamalar, toprak neminin sulamaya başlanması gereken düzeye veya düzeyin altına düştüğü zaman yapılmıştır. Hayrabolu sulama sahası üreticileri, sulama zamanını fenolojik gözlemlerle belirlemekte olup toprakta izin verilen nem miktarı tükettikten sonra sulamaya başlamaktadırlar (Şener ve Yüksel, 2005). Araştırmadaki parsellerin üreticilerinin de, sulama zamanını bitki ve toprak gözlemleri yaparak belirledikleri saptanmıştır.

Pamuk parsellerinde birinci sulama sonrası toprak nemi, 2005’de 275 mm (Sa-5-orta) ile 330 mm (Sa-25-son); 2006’da ise 265 mm (Sa-13-baş) ile 363 mm (Sa-13-son) arasında değişmiştir. Araştırma yıllarında sulama sonrası toprak nemi genellikle tarla kapasitesine ulaşmamıştır. 2005 yılında toprak nem içeriği tarla kapasitesine 4 mm farkla en fazla yaklaşan Sa-25-orta parselini 11-18 mm’lik eksiklikle Sa-5-baş, Sa-25-baş ve Sa-25-son parselleri izlemiştir. 2006’da tarla kapasitesine en yakın nem içeriği Sa-25-baş parselinde (4 mm eksik) saptanmıştır. Sa-25-son parselinde 11 mm, diğer parsellerde ise 21-35 mm arasında tarla kapasitesinden düşük nem değerleri belirlenmiştir. Sa-5-baş parselinde gereksinme duyulan miktardan daha az miktarda sulama suyu uygulanması tarla kapasitesine göre en yüksek nem açığının (35 mm) bu parselde belirlenmesine neden olmuştur (Şekil 4.7 d). 2006 yılında birinci sulama sonrası toprak nemi Sa-13-son (3 mm) ve Sa-25-orta (6 mm) parsellerinde tarla kapasitesinin üzerindedir (Şekil 4.8 f ve Şekil 4.9 e).

Pamuk parsellerinde her iki yılda da ikinci sulamadan sonra toprak nemi tarla kapasitesine ulaşmamıştır. 2005 yılında Sa-13-baş, Sa-25-baş ve orta parsellerinin toprak nem içeriği tarla kapasitesine yaklaşmış olup sadece 2-3 mm eksiktir. Sulama sonrası Sa-5-baş, Sa-13-orta ve Sa-25-son parsellerinde toprak neminin tarla kapasitesinin 21-33 mm ve Sa-5-son parselinde 49 mm altında kaldığı belirlenmiştir. 2006 yılında sulama sonrası toprak nemi Sa-5-baş ve orta (sırasıyla 6 ve 8 mm eksik) parsellerinde tarla kapasitesine yakın, Sa-13-baş ve orta parsellerinde 32 mm eksik bulunmuştur. Bu parsellerin dışındaki parsellerde sulama sonrası toprak nemi, tarla kapasitesinden 16-28 mm arasında eksik

kalmıştır. İkinci sulama sonrası Sa-25-baş parselinde toprak nemi tarla kapasitesinden 25 mm eksiktir. Bu da, bu parselde belirlenen en yüksek eksik nem değeridir. Bu duruma gece başlayan sulamanın ertesi gün kanalette su bulunmaması nedeniyle devam etmemesi neden olmuştur.

Üçüncü sulama sonrası, 2005’de Sa-13-baş ve Sa-25-orta parsellerinin toprak nemi tarla kapasitesinden sadece 3-4 mm eksik kalmıştır. Sulama sonrası mevcut nem, Sa-5-baş, Sa-5-son, Sa-25-baş ve Sa-25-son parsellerinde 11-21 mm arasında; Sa-13-orta parselde 38 mm ve en fazla Sa-13-son parselde 47 mm tarla kapasitesinin altındadır. 2006’da Sa-5-baş parseline sulama öncesi kanaletten kontrol dışı yaklaşık 50 mm sulama suyu girişi olmuştur (Şekil 4.8 d). Bu nedenle, üretici bu su kaçağından 11 gün sonra üçüncü sulamasını yapmış ve sulamadan sonra toprak nemi tarla kapasitesine gelmiştir. Mevcut nemi tarla kapasitesine yaklaşan parseller Sa-25-orta (6 mm eksik) ve Sa-5-orta (14 mm eksik) parselleridir. Diğer parsellerde ise toprak nemi 19-28 mm tarla kapasitesinden eksik kalırken en fazla eksiklik Sa-5-son parselinde (44 mm) meydana gelmiştir.

Dördüncü sulama, 2005 yılında Sa-5-son, Sa-13-baş, Sa-13-orta ve Sa-25-baş parselleri olmak üzere dört parselde; 2006 yılında ise Sa-5-baş ve orta parselleri hariç diğer yedi parselde uygulanmıştır. Birinci yıl Sa-13-baş parselinde ilk üç sulamada toprak nemi tarla kapasitesinin altında kalmasına rağmen bu sulamada tarla kapasitesine ulaşmıştır. Toprak nemi, Sa-25-baş parselde 3 mm, Sa-13-orta parselde 15 mm ve Sa-5-son parselde 22 mm (en fazla) tarla kapasitesinin altında kalmıştır. İkinci yıl, araştırma süresince sulama sonrası tarla kapasitesine göre en yüksek nem farkı Sa-5-son parselde (76 mm) belirlenmiştir. Bu parselin

138 mm sulama suyu gereksinmesi bulunurken dördüncü sulamada 75 mm su verilmiştir. Şekil 4.8 f'deki bu parselde ait mevcut nem eğrisi incelendiğinde bu sulamada gereksinim duyulan miktarın ancak yarısının karşılandığı görülür.

Mısır sulamasına elverişli nemin %78'i tüketildiğinde başlanmış olup mevcut nem 195 mm'dir (Şekil 4.7 b). Braunworth and Mack (1990) göre, mısır sulamasına elverişli nem kapasitesinin %50'si tüketildiğinde başlanmalıdır. Bu öneriye göre, mısırdaki ilk sulamaya geç başlanmıştır. Mısır, ikinci sulamadan itibaren elverişli nemin %73, %75, %82 ve %60'ı tüketildiğinde sulanmıştır. Günbatılı (1979), Tokat-Kazova koşullarında mısırın su tüketimini belirlediği çalışmada, sulamaların elverişli nem %50'ye düştüğünde yapıldığı zaman en yüksek verimin alındığını ifade etmektedir. Bu araştırma ile karşılaştırıldığında, sulama değerlendirme parselindeki mısır sulamaları, önerilen elverişli nem miktarının yaklaşık %25 daha fazlası tüketildiğinde yapılmıştır.

Mısır parselinin beşinci sulama sonrası toprak nemi tarla kapasitesine ulaşmış olup, dördüncü sulamada tarla kapasitesinden 10 mm, ikinci ve üçüncü sulamada 3 mm ve birinci sulamada 14 mm eksik kalmıştır. Topraktaki mevcut nemi tarla kapasitesine getirecek şekilde uygulanan sudan %15 oranında yapılacak bir kısıntı ile mısırdaki en yüksek verim elde edilmektedir (Braunworth and Mack, 1990). Bu araştırma sonucuna göre, mısır parselinde sulamalar sonrası toprak neminin tarla kapasitesinin altında kalmasının verimi etkilemediği söylenebilir.

İkinci ürün karpuz ilk defa elverişli nem kapasitesinin %58'i tükendiğinde sulanmış olup sulama öncesi toprak neminin 199 mm olduğu tespit edilmiştir. Karpuzda ikinci ve üçüncü sulamalar elverişli nemin %63'ü, dördüncü sulama %66 ve beşinci sulama %74'ü tüketildiğinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.8 c).

Karpuz yetiştirilen Sa-13-son parselinin sulamalardan (5 adet) sonra toprak nemi tarla kapasitesine ulaşmadığı gibi iki yıllık çalışma süresince sulama değerlendirme parselleri içinde, tüm sulamalarda yüksek (43-66 mm) nem eksikliği görülen tek parseldir.

Üreticiler, sulama değerlendirme parsellerine, genellikle toprak nemini tarla kapasitesine ulaştıracak miktardan daha fazla sulama suyu uygulamışlardır. Ancak, arazi tesviyesinin düzgün olmaması, toprak alt katmanlarında kum miktarının fazla olması ve alkalilik sorunu nedeniyle derine sızma ve yüzey akışlar olmuştur. Üreticiler sulamadan iki veya üç gün sonra parsellerde yüzey suyu bulunuyorsa bu suyu uzaklaştırmışlardır. Şener ve Yüksel (2005), Hayrabolu sulama sahasında üreticilerin sulama sırasında toprak nem seviyesini tarla kapasitesine ulaştıracak kadar su uygulamadıklarını saptamışlardır. Bu çalışmada ise, üreticiler değerlendirme parsellerine sadece kanaletlerde su bulunmadığı veya yetersiz kaldığında gereksinimden az sulama suyu vermiştir.

4.3 Sulama Değerlendirme Parsellerine Saptırılan ve Saptırılması Gereken Sulama Suyu Miktarları

Sulama değerlendirme parsellerine sulama suyu, Sa-5, Sa-13 ve Sa-25 tersiyerlerinden saptırılmaktadır. Sulama suyu Sa-5-baş, Sa-5-orta, Sa-13-baş ve Sa-13-orta parsellerine tersiyerlerden sifonla; Sa-5-son, Sa-25-baş, Sa-25-orta ve Sa-25-son parsellerine üreticiler tarafından tersiyer kanal (kanalet) kırılarak oluşturulan özel yapılarla ya da motopomp ile drenaj kanalından; Sa-13-son parseline ise beton quarter kanaldan tarla priz kapağı ile alınmaktadır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Sa-5-orta ve son ile Sa-25-baş parsellerinin su alma yapıları

Sulama suyunun parsellere alınması sekonderin başında (Sa-5) ve ortasında (Sa-13) bulunan tersiyerlerin baş ve ortasındaki parsellerde tekniğine uygun olarak gerçekleştirilmektedir. Ancak, bu tersiyerlerin son parselleri ile sekondere ait son tersiyerin (Sa-25) tüm parsellerinde, tersiyerlerde istenilen zaman ve miktarda sulama suyunun bulunmaması ve çöküntü sonucu kanalet eğimlerinin bozulması nedeniyle kurallara uygun olmayan su alımları ortaya çıkmaktadır. Çalışmada, suyun parsellere tekniğine uygun olarak alınıp alınmamasına bakılmadan, her bir parsel her sulamada saptırılan ve saptırılması gereken sulama suyu miktarları hesaplanmış ve elde edilen değerler Çizelge 4.7’de verilmiştir.

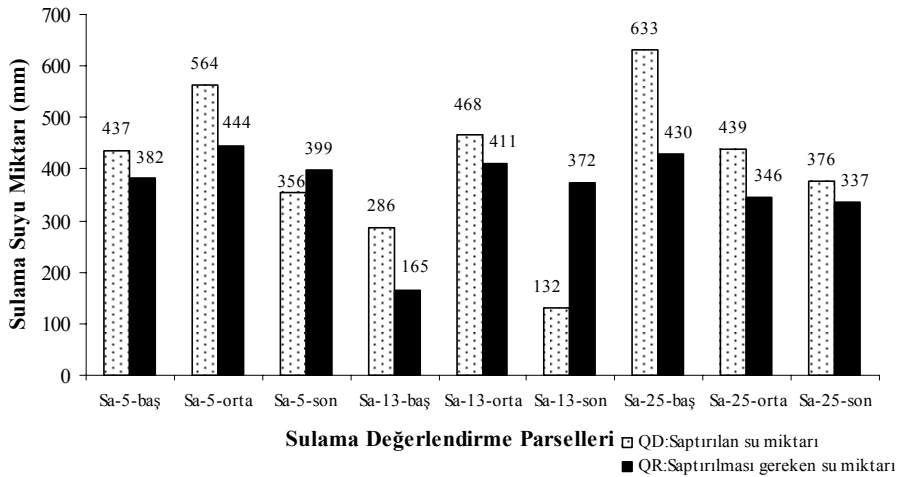
Çizelge 4.7 Sulama değerlendirme parsellerinin Q_D ve Q_R değerleri (mm)

Tersiyer No	Parsel No	Sul. No	2005						2006					
			Tarih	Q_D	Q_R	Toplam		Tarih	Q_D	Q_R	Toplam		Q_D	Q_R
						Q_D	Q_R				Q_D	Q_R		
Sa-5	Baş	1	22 Tem	160	135			14 Tem	141	153				
		2	12 Ağu	158	138	437	382	05 Ağu	188	158	462	420		
		3	30 Ağu	119	109			01 Eyl	133	109				
	Orta	1	20 Haz	106	94			20 Tem	113	110				
		2	02 Tem	113	89			12 Ağu	128	94	350	280		
		3	18 Tem	137	90	564	444	30 Ağu	109	76				
		4	31 Tem	119	98									
		5	15 Ağu	89	73									
	Son	1	12 Tem	89	102			08 Tem	149	110				
		2	28 Tem	80	104	356	399	25 Tem	181	138	534	514		
		3	17 Ağu	98	101			12 Ağu	129	128				
		4	31 Ağu	89	92			30 Ağu	75	138				
Sa-13	Baş	1	10 Tem	75	49			14 Tem	93	71				
		2	28 Tem	76	34	286	165	01 Ağu	103	73	358	272		
		3	12 Ağu	64	39			17 Ağu	95	67				
		4	26 Ağu	71	43			06 Eyl	67	61				
	Orta	1	08 Tem	106	102			04 Tem	129	111				
		2	25 Tem	110	103	468	411	21 Tem	134	130	569	493		
		3	11 Ağu	133	121			09 Ağu	151	128				
		4	29 Ağu	119	85			28 Ağu	155	124				
	Son	1	01 Ağu	28	66			04 Tem	139	92				
		2	11 Ağu	25	72			22 Tem	123	97	479	360		
		3	18 Ağu	28	72	132	371	09 Ağu	104	82				
		4	26 Ağu	29	76			27 Ağu	113	89				
		5	30 Ağu	22	85									
Sa-25	Baş	1	07 Tem	151	121			30 Haz	146	105				
		2	25 Tem	142	96	633	430	17 Tem	84	90	512	406		
		3	12 Ağu	140	102			04 Ağu	147	111				
		4	02 Eyl	200	111			24 Ağu	135	100				
	Orta	1	06 Tem	138	119			30 Haz	136	95				
		2	26 Tem	144	114	439	346	18 Tem	137	109	634	400		
		3	14 Ağu	157	113			03 Ağu	123	103				
		4						23 Ağu	238	93				
	Son	1	06 Tem	144	119			26 Haz	144	99				
		2	25 Tem	107	102	376	337	08 Tem	126	98	497	414		
		3	12 Ağu	125	116			24 Tem	116	95				
		4						10 Ağu	111	122				

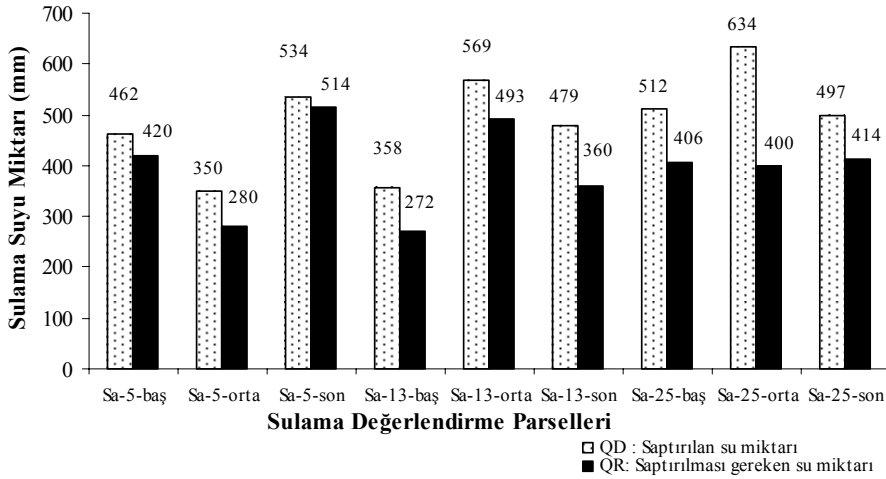
Menemen Ovasında yürütülen bu araştırmada, üreticilerin pamuk sulamalarına temmuz ayının ilk yarısında başladıkları, ağustos sonu ile eylül ayının başında da son verdikleri belirlenmiştir. Özkara ve Şahin (1993), Menemen Ovası koşullarında pamuk sulamasına temmuz ayının ilk yarısında başlanması ve ağustos ayı sonunda son sulamanın yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Üreticilerin, bu çalışma sonucuna uygun olarak sulama yaptığı tespit edilmiştir.

Birinci ürün mısır 20 haziran-15 ağustos, ikinci ürün karpuz ise 1-30 ağustos tarihleri arasında sulanmıştır.

2005 ve 2006 yılları sulama sezonunda, sulama değerlendirme parsellerine saptırılan ve saptırılması gereken toplam sulama suyu miktarları Şekil 4.11 ve 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11 2005 yılında parsellere saptırılan ve saptırılması gereken toplam sulama suyu miktarları



Şekil 4.12 2006 yılında parsellere saptırılan ve saptırılması gereken toplam sulama suyu miktarları

Şekil 4.11’de görüldüğü gibi, 2005 yılında pamuk ekilen sulama değerlendirme parsellerine saptırılan toplam sulama suyu miktarları 286-633 mm arasında değişmiştir. Saptırılan toplam en düşük sulama suyu miktarı Sa-13-baş parselinde, en yüksek ise Sa-25-baş parselinde tespit edilmiştir. Sa-13 ve Sa-25 tersiyerlerinin baş parselleri dışındaki pamuk parsellerine 356-468 mm arasında sulama suyu saptırılmıştır.

2006 yılında sulama değerlendirme parsellerinin tümü pamuk ekili olup Şekil 4.12’de de görüldüğü gibi, parsellere saptırılan toplam sulama suyu miktarları 350-634 mm arasındadır. En az miktarda toplam sulama suyu Sa-5-orta parseline, en yüksek ise Sa-25-orta parseline saptırılmıştır.

2005 yılında pamuk ekilen sulama değerlendirme parsellerine saptırılması gereken toplam sulama suyu miktarları 165-430 mm arasında bulunmuştur (Şekil 4.11). Saptırılan toplam sulama suyu miktarında olduğu gibi en düşük gereksinim Sa-13-baş parselinde, en yüksek ise Sa-25-baş parselinde saptanmıştır. Diğer pamuk parsellerinin sulama suyu gereksinimi 337-411 mm arasındadır. Bu değer aralığı sırasıyla Sa-25-son (337 mm), Sa-25-orta (346 mm), Sa-5-baş (382 mm), Sa-5-son (399 mm) ve Sa-13-orta (411 mm) parsellerinde belirlenmiştir.

2006 yılında ise tümü pamuk olan parsellere Şekil 4.12’de de görüldüğü gibi, 272-514 mm sulama suyu saptırılması gerekmiş olup en düşük gereksinim miktarı Sa-13-baş parselde, en yüksek Sa-5-son parselde bulunmuştur. Sa-13-baş parselde en yakın değerler Sa-5-orta (280 mm) ve Sa-13-son (360 mm) parsellerinde belirlenmiştir. Sa-13-orta parseli 493 mm sulama suyu gereksinimi ile üst değere yaklaşmıştır. Bu parseller dışındaki parsellere saptırılması gereken sulama suyu miktarı ise 400 ile 420 mm arasındadır. Menemen Ovası’nda; Şahin ve Ekşi (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, Nazilli-84 ve Nazilli 87 çeşitlerinin sulama suyu gereksinimleri 223.9 ve 361.5 mm; Beyazgül vd, (2001) göre, Nazilli-84 çeşidinin sulama suyu gereksinimi 289-394 mm arasında; Gündüz ve Korkmaz (2007) ise aynı çeşidin sulama suyu gereksinimini 422 mm olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, araştırmadaki pamuk parsellerinde belirlenen sulama suyu gereksinim miktarları ile karşılaştırıldığında, değerlerin örtüştüğü görülmektedir.

2005 yılında Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi, Sa-5-son parseline saptırılması gereken toplam sulama suyu miktarından (43 mm) az, diğer tüm pamuk parsellerine ise fazla sulama suyu saptırılmıştır. Sulama değerlendirme parsellerine saptırılan ile saptırılması gereken sulama suyu miktarları arasındaki fark 39-203 mm arasındadır. En düşük fark Sa-25-son parselinden (39 mm), en yüksek fark ise Sa-25-baş parselinden (203 mm) elde edilmiştir. Gereksinim duyulan toplam miktardan Sa-5-baş parseline 55 mm, Sa-13-orta parseline 57 mm, Sa-25-orta parseline 93 mm, Sa-13 baş parseline 121 mm fazla sulama suyu uygulanmıştır.

2006 yılında tüm sulama değerlendirme parsellerine gereksinim duyulan miktardan 20-234 mm arasında fazla sulama suyu saptırılmıştır. Saptırılan ile saptırılması gereken sulama suyu miktarları arasında farkın en düşük olduğu parsel Sa-5-son (20mm) parselidir. En yüksek fark ise Sa-25-orta (234 mm) parselinde bulunmuştur. Sa-5-baş parseline 42 mm, Sa-5-orta parseline 70 mm, Sa-13-orta parseline 76 mm, Sa-25-son parseline 83 mm, Sa-13-baş parseline 86 mm, Sa-25-baş parseline 106 mm ve Sa-13-son parseline 119 mm gereksinim duyulan miktardan fazla sulama suyu verilmiştir.

2005 ve 2006 yıllarında sulama değerlendirme parsellerine gereksinim duyulandan fazla saptırılan sulama suyu miktarlarının ortalamasına göre, saptırılan ile saptırılması gereken arasındaki en düşük farkın Sa-5-son parselinde (12 mm), en yüksek ise Sa-25-orta parselinde (164 mm) olduğu belirlenmiştir. Ancak, araştırmanın ilk yılında eksik sulama (43 mm) yapılan Sa-5-son parseli değerlendirme dışı bırakıldığında, Sa-5-baş parseli araştırma parselleri içinde en az kayıp

vererek sulama yapan parsel olmuştur. Gereksinimden en fazla sulama suyu uygulayan Sa-25-orta parseline (164 mm) Sa-25-baş parseli (155 mm) izlemiştir. Bu iki parselin üreticisi aynı kişi olup parsellere düşük debide su saptırdığı bazı sulamaları (tersiyerdeki su yetersiz olduğunda) ek bir işte de çalışmasından dolayı takip etmemekte ve gereğinden çok fazla parsellere su saptırmaktadır. Sulama değerlendirme parsellerinden Sa-25-son parseline 61 mm, Sa-13-orta parseline 67 mm, Sa-5-orta parseline 70 mm, Sa-13-baş parseline 104 mm, Sa-13-son parseline 119 mm fazla sulama suyu verilmiştir. Araştırmanın ilk yılında gereksinimden eksik miktarda sulama suyu saptırılan Sa-5-son parseli hariç, 6 adet pamuk sulama değerlendirme parseline 564 mm; ikinci yılında 9 adet pamuk parseline 816 mm fazla su saptırılmıştır. Özkara ve Şahin'nin (1993) pamuğa her sulamada 60-80 mm sulama suyu verilmesi gerektiği önerisine göre, araştırmada saptanan gereksinimden fazla uygulanan sulama suları ile %25 daha pamuk ekili alan sulanabilirdi.

2005 yılında pamuk ekilen sulama değerlendirme parsellerine sulamalarda saptırılan sulama suyu miktarı Çizelge 4.7'de de görüldüğü gibi, 64-200 mm arasında değişmiş olup en düşük değer Sa-13-baş parselin üçüncü sulamasında, en yüksek değer Sa-25-baş parselin dördüncü sulamasında belirlenmiştir. Saptırılan en düşük sulama suyu miktarları daima alkalilik ve yüksek taban suyu sorunu bulunan Sa-13-baş parselindeki sulamalarda (sırasıyla 75, 76, 64 ve 71 mm) tespit edilmiştir. Söz konusu parseli, 80 mm ile Sa-5-son parselinin ikinci sulaması izlemiştir. İlk üç sulamada 140 ila 151 mm arasında sulama suyu saptırılan Sa-25-baş parseline son sulamada (düşük debi ile dört gün takipsiz gerçekleşen) diğer sulamalara göre yaklaşık 50 mm daha fazla

sulama suyu uygulanmıştır. Bu son sulamadan 4-5 gün sonra bile infiltrate olmayan ve toprak yüzeyinde biriken su, Sa-25-baş parselinden üretici tarafından uzaklaştırılmıştır. Üreticiler, sulama suyu miktarını ölçmeden alışkanlıklarına göre belirledikleri için Sa-5-baş parselinin ilk iki (160 ve 158 mm) ve Sa-25-orta parselinin üçüncü (157 mm) ve Sa-25-baş parselinin birinci (151 mm) sulamalarında diğer sulamalara göre fazla miktarda sulama suyu saptırılmıştır.

2006 yılında parsellere saptırılan en düşük sulama suyu miktarı, Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi, Sa-13-baş parselin dördüncü (67 mm), en yüksek Sa-25-orta parselin son sulamasında (238 mm) belirlenmiştir. Bu üst değere yakın sulama suyu miktarları, Sa-5-baş (188 mm) ve son (181 mm) parsellerinin ikinci sulamalarında gerçekleşmiştir.

Araştırmanın her iki yılında da pamuk son sulamalarında Sa-25-baş ile Sa-25-orta en fazla sulama suyu uygulanan parseller olmuştur. Bir önceki yılda olduğu gibi en düşük miktarlarda sulama suyu Sa-13-baş parseline saptırılmıştır. Bu sulamaları, 2006 yılında 75 ve 84 mm sulama suyu miktarları ile sırasıyla Sa-5-son parselin dördüncü, Sa-25-baş parselin ikinci sulaması izlemiştir. Bu parseller sulanırken tersiyerdeki sulama suyu miktarının azalması ve sonunda yetersiz kalması nedeniyle sulamaya son verilmek zorunda kalınmıştır.

Pamuk yetiştirilen değerlendirme parsellerinin 2005’de sulamalar öncesi sulama suyu gereksinimi 34-138 mm arasında değişmiş olup en düşük değer Sa-13-baş parselin ikinci, en yüksek değer Sa-5-baş parselin ikinci sulama öncesinde belirlenmiştir. Sulamaların hepsinde en düşük sulama suyu gereksinimi Sa-13-baş parselinde (49, 34, 39 ve 43 mm)

olmuştur. Düşük gereksinim değerine en yakın değerler Sa-13-orta parselin (85 mm) ve Sa-5-son parselin (92 mm) dördüncü sulama, Sa-25-baş parselin ikinci sulama (96 mm) öncesinde saptanmıştır. Birinci sulamada saptırılması gereken sulama suyu miktarı, Sa-5-baş parselinde 135 mm iken diğer parsellerde 102-121 mm arasındadır.

2006 yılında da her sulama öncesi en düşük sulama suyu gereksinimi Çizelge 4.7’de de görüldüğü gibi, Sa-13-baş parselinde (61-71 mm arasında) olup arkasından Sa-5-orta parselin üçüncü (76 mm) sulaması gelmiştir. En yüksek sulama suyu gereksinimleri Sa-5-baş parselin ilk iki (153-158 mm) sulama öncesinde saptanmıştır. Bunu, Sa-5-son ve Sa-13-orta parsellerinin sulamaları izlemiştir.

Özkara ve Şahin (1993) tarafından yapılan çalışmaya göre, Menemen Ovası koşullarında pamuk her sulamada 0-90 cm toprak katmanındaki eksik nemi tarla kapasitesine getirecek suyun %60’ı sulama suyu olarak (60-80 mm) tüm karıklara uygulanarak sulanmalıdır. Araştırmada, 2005 yılında Sa-13-baş parseldeki sulamalar ve Sa-5-son parselinin ikinci sulaması; 2006’da Sa-5-son parselinin son sulaması dışındaki tüm sulamalarda parsellere bu miktarlardan daha fazla sulama suyu saptırılmıştır.

2005 yılında Sa-5-orta parselinde mısır ve Sa-13-son parselinde ikinci ürün karpuz yetiştirilmiştir. Sa-13 son parselinde yetiştirilen karpuzun sulaması Şekil 4.13’de gösterilmiştir.



Şekil 4.13 Sa-13-baş parselinde karpuz yetiştirilmesi ve sulaması

Mısıra saptırılması gereken toplam sulama suyu miktarı 444 mm iken parselde 120 mm fazla (564 mm) sulama suyu saptırılmıştır (Şekil 4.11). Bazı araştırmalarda, mısıra Eskişehir’de 400 mm (Oylukan ve Güngör, 1975); Tokat-Kazova’da 441 mm (Günbatılı, 1979) sulama suyu uygulanabileceği belirtilmiştir. Bu araştırma sonuçları ve sulama değerlendirme parselindeki gerçek ölçüm değerleri, mısıra saptırılan sulama suyu miktarının fazla olduğunu göstermektedir.

Sulama sezonu boyunca mısıra sulamalarda en az (89 mm) beşinci sulamada, en fazla (137 mm) üçüncü sulamada sulama suyu saptırılmıştır. Saptırılması gereken sulama suyu miktarı ise en düşük (73 mm) beşinci sulama, en yüksek (98 mm) dördüncü sulama öncesinde tespit edilmiştir. Sulamalarda gereksinimden 12-24 mm arasında fazla su verilmesine karşın üçüncü sulamayı farklı üreticinin gerçekleştirmesi neticesinde uygulanan fazla su miktarı 47 mm’ye çıkmıştır. Gençdoğan ve Yazar (1999) Çukurova koşullarında yaptıkları çalışmada, birinci ürün

mısır bitkisine büyüme mevsimi boyunca her sulamada 100–150 mm arasında değişen miktarlarda sulama suyu uygulanabileceğini, suyun kıt olduğu bölgelerde, verimde önemli düşüş olmadan sulama suyundan % 20 kısıntı yapılabileceğini açıklamışlardır. Sulamalarda bu araştırmada belirtilen değerler arasında su uygulanmış olmasına rağmen yine de gereksinimden fazla su verilmiştir.

Karpuzla saptırılması gereken toplam sulama suyu miktarı 371 mm olup gereksinimden 239 mm az (132 mm) sulama suyu saptırılmıştır. Sulamalarda uygulanması gereken sulama suyu miktarları 66, 72, 72, 76 ve 85 mm iken sulamalarda sırasıyla 28, 25, 28, 29 ve 22 mm sulama suyu verilmiştir. Kılıç (2004) çalışmasında, Menemen sulamasında doğrusal olmayan su dağıtım modeli ile karpuzun sulama suyu gereksinimini en fazla 439.3 mm, en az ise 333.5 mm olarak saptamıştır. Bu araştırmaya göre, karpuzun sulama suyu gereksinimi belirtilen sınır değerleri içinde kalmaktadır. Ancak uygulanan su miktarı gereksinim duyulan miktardan az olmuştur. Bitki bu su eksikliğini sulama sezonunda 83-97 cm seviyelerine yükselen taban suyundan gidermiş olduğu söylenebilir.

4.4 Sistemin Tarla Düzeyinde Su Dağıtım Performansı

Araştırmanın amaçlarından biri, Menemen Sol Sahil Sulama Sisteminde tarla düzeyinde su dağıtım performansının belirlenmesidir. Bu değerlendirmede, Molden and Gates (1990) tarafından geliştirilen yeterlilik, etkinlik, güvenilirlik ve eşitlik göstergeleri kullanılmıştır.

2005 ve 2006 yılına ait yeterlilik (P_A), etkinlik (P_F), güvenilirlik (P_D) ve eşitlik (P_E) performans gösterge sonuçları sırasıyla Çizelge 4.8 ve 4.9’da verilmiştir.

4.4.1 Performans Göstergelerinin Zamansal Dağılımı

Performans göstergelerinden yeterlilik (P_A) göstergesiyle bitkinin gereksinim duyduğu miktarda suyun dağıtılması amaçlanır. Uygulanan sulama suyu miktarı gereksinim duyulandan fazla olduğunda, fazlalığın ne kadar olduğu dikkate alınmaksızın su dağıtımının yeterli olduğu kabul edilmekte ve değeri “1.00” olarak alınmaktadır (Molden and Gates, 1990).

Su dağıtımının yeterliliği, su teminine, özel dağıtım programlarına, suyu dağıtmak için gerekli olan hidrolik yapıların kapasitesine ve bu hidrolik yapıların işletim ve bakımına bağlıdır.

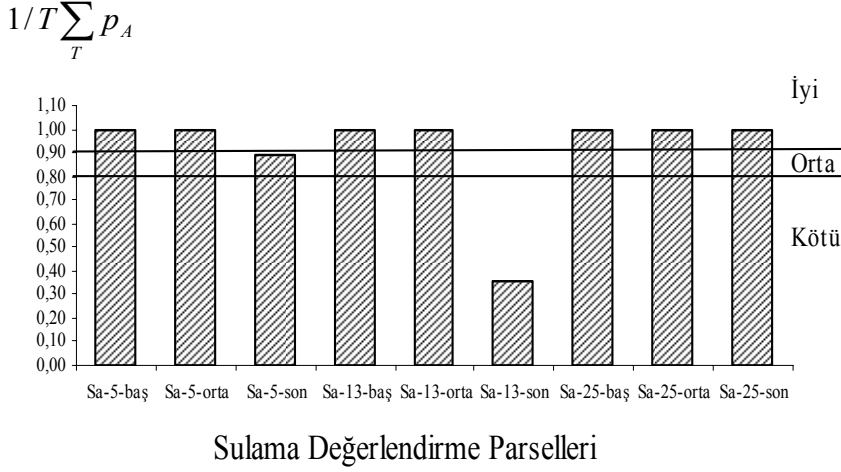
2005 ve 2006 yılı sulama sezonunda sulama değerlendirme parsellerinin tüm sulamaları dikkate alınarak saptanan yeterliliğin zamansal değerleri Şekil 4.14 ve 4.15’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8 2005 yılı performans göstergelerine ilişkin sonuçlar

Tersiyer No	Parsel No	SULAMA UYGULAMALARI										Ortalama				
		1		2		3		4		5						
		P _A	P _F	P _A	P _F	P _A	P _F	P _A	P _F	P _A	P _F	P _D	P _A	P _F	P _D	P _E
Sa-5	Baş	1.00	0.85	1.00	0.87	1.00	0.92					-	1.00	0.88		
	Orta	1.00	0.89	1.00	0.79	1.00	0.66	1.00	0.83	1.00	0.82	-	1.00	0.80		
	Son	0.87	1.00	0.77	1.00	0.97	1.00	0.97	1.00			0.12	0.89	1.00		
Sa-13	Baş	1.00	0.65	1.00	0.45	1.00	0.60	1.00	0.61			-	1.00	0.58		
	Orta	1.00	0.96	1.00	0.94	1.00	0.91	1.00	0.71			-	1.00	0.88		
	Son	0.43	1.00	0.34	1.00	0.38	1.00	0.38	1.00	0.25	1.00	0.19	0.36	1.00	0.15	0.26
Sa-25	Baş	1.00	0.81	1.00	0.68	1.00	0.73	1.00	0.56			-	1.00	0.69		
	Orta	1.00	0.86	1.00	0.79	1.00	0.72					-	1.00	0.79		
	Son	1.00	0.83	1.00	0.95	1.00	0.93					-	1.00	0.90		
Ortalama		0.92	0.87	0.90	0.83	0.93	0.83	0.89	0.79	0.63	0.91		0.85	0.85		

Çizelge 4.9 2006 yılı performans göstergelerine ilişkin sonuçlar

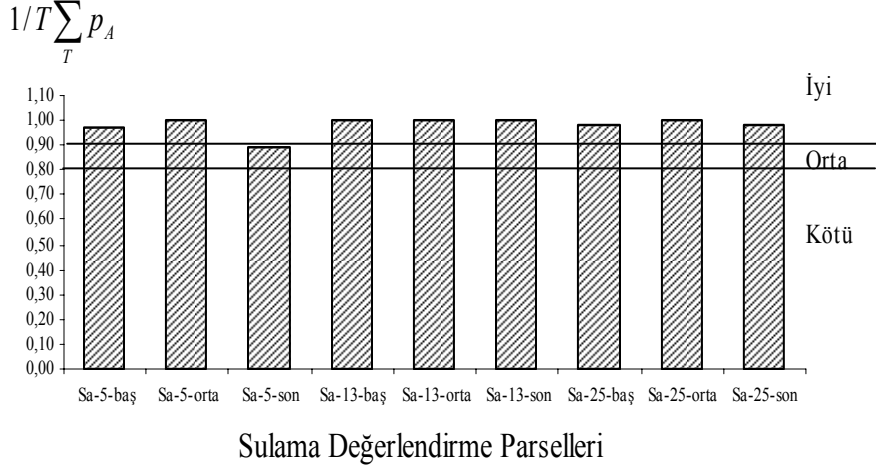
		SULAMA UYGULAMALARI													
Tersiyer	Parsel	1		2		3		4			Ortalama				
No	No	PA	PF	PA	PF	PA	PF	PA	PF	Pd	PA	PF	Pd	PE	
Sa-5	Baş	0.92	1.00	1.00	0.84	1.00	0.82			0.05	0.97	0.89			
	Orta	1.00	0.97	1.00	0.74	1.00	0.70			-	1.00	0.80			
	Son	1.00	0.74	1.00	0.76	1.00	1.00	0.55	1.00	0.25	0.89	0.87			
Sa-13	Baş	1.00	0.77	1.00	0.71	1.00	0.70	1.00	0.91	-	1.00	0.77			
	Orta	1.00	0.86	1.00	0.97	1.00	0.85	1.00	0.80	-	1.00	0.87			
	Son	1.00	0.67	1.00	0.79	1.00	0.78	1.00	0.79	-	1.00	0.76	0.10	0.23	
Sa-25	Baş	1.00	0.72	0.93	1.00	1.00	0.75	1.00	0.74	0.04	0.98	0.80			
	Orta	1.00	0.70	1.00	0.79	1.00	0.84	1.00	0.39	-	1.00	0.68			
	Son	1.00	0.69	1.00	0.78	1.00	0.81	0.91	1.00	0.05	0.98	0.82			
Ortalama		0.99	0.79	0.99	0.82	1.00	0.81	0.92	0.81	-	0.98	0.81			



Şekil 4.14 2005 yılı yeterlilik göstergesi zamansal değerleri

2005 yılına ait zamansal yeterlilik değerleri, 0.36-1.00 arasında değişmiştir. Sa-13-son (0.36) ve Sa-5-son (0.89) parselleri dışındaki parsellerin hepsinde p_A değeri 1.00 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.8). p_A 'nın 1.00'e eşit olması, performans standartlarına göre bu parsellere “iyi” sınıfa girecek miktarda sulama suyu saptırıldığını göstermektedir. Sa-5-son parseli ve ikinci ürün karpuz yetiştirilen Sa-13-son parseline gereksinim duyulan miktardan daha az sulama suyu saptırılması yeterlilik sınıfının düşmesine neden olmuştur. Sınıflamaya göre Sa-5-son parseli “orta”, Sa-13-son parseli ise “kötü” yeterlilik sınıfında bulunmaktadır.

Sa-25 tersiyerinde bulunan parsellerin p_A 'ları 1.00' dir. Ancak, bu parsellerde bazı sulamalar drenaj kanalından yapılmıştır.



Şekil 4.15 2006 yılı yeterlilik göstergesi zamansal değerleri

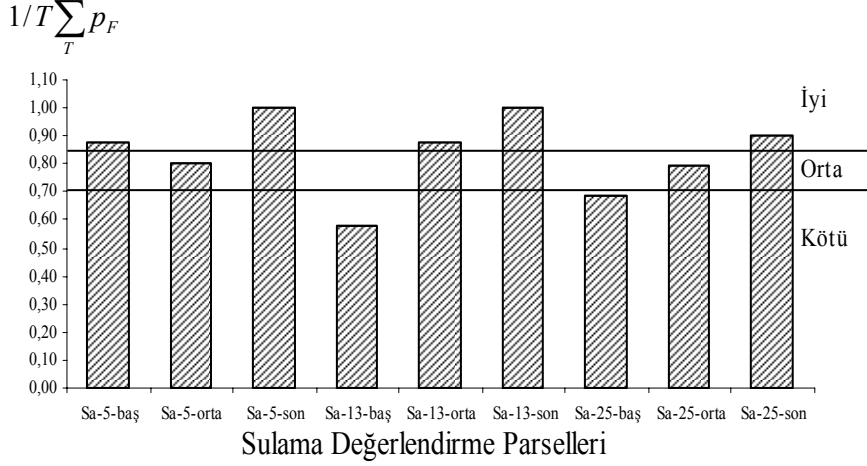
Sulama değerlendirme parsellerinin 2006’da yeterlilik değerleri, zamansal açıdan 0.89-1.00 arasında bulunmuştur (Çizelge 4.9).

Yeterlilik zamansal değerlerinin 1.00 ve 1.00’e yakın bulunması 2006’da üreticilerin tüm sulamalarda yeterli miktarda sulama suyu uyguladığını göstermektedir. Sadece, Sa-5-son parseli 0.89 olan p_A değeri ile “orta” sınıfa girmektedir. Son sulamada gereksinim duyulandan az sulama suyu uygulanması bu sınıfa girmesine neden olmuştur. Sa-25 tersiyer kanalı sulama sahasında drenaj kanalından yapılan sulama sayısı bir önceki yıla göre daha düşüktür. Ancak, bu sulamalar dikkate alındığında bu tersiyerin su dağıtımında olumsuzlukların olduğu anlaşılmaktadır.

Sasalı sekonderinde 2005-2006 yıllarında tersiyer kanal seviyesinde su dağıtım performansının değerlendirildiği bir çalışmada, Sa-25 tersiyeri her iki değerlendirme döneminde “kötü” performans sınıfında yer almıştır (Korkmaz vd., 2007).

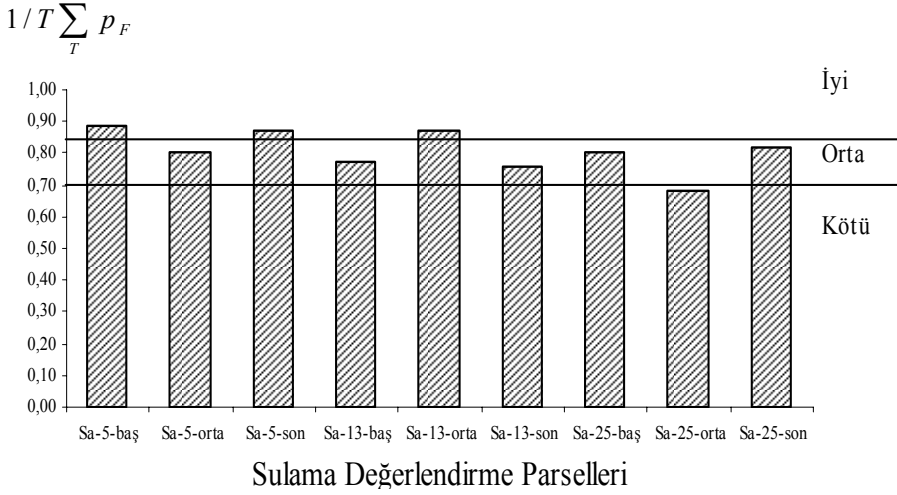
Su dağıtımında etkinlik, su gereksinimi ile su dağıtımını uyumlu hale getirmek suretiyle suyun korunmasını ifade etmektedir. Etkinlik (P_F) göstergesiyle, gereksiz su kullanımı önlenerek su kaynaklarının korunumu amaçlanır. Etkinlik göstergesinin değeri 1.00’e yaklaştıkça etkin su dağıtım amacına da yaklaşılr. $P_F=1.00$ olması ise sistemin etkin olduğunu göstermesine rağmen, sistemin su dağıtım yeterliliğinin boyutunu belirtmez. Ancak, $P_A \leq 1.00$ olması durumunda bilgi elde edilir. Bir sulama sistemi için ideal koşul; gerekli suyun sağlandığının ve su kaynaklarının korunduğunun bir göstergesi olacak şekilde; $P_A=1.00$ ve $P_F=1.00$ olmalıdır (Molden and Gates, 1990).

Sulama değerlendirme parsellerinin p_F ’lerinin zamansal değerleri Şekil 4.16 ve 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.16 2005 yılı etkinlik göstergesi zamansal değerleri

2005 yılında p_F 'nin en düşük zamansal değeri Sa-13-baş parselinde (0.58), en yüksek (1.00) ise Sa-5-son ile Sa-13-son parsellerinde bulunmuştur. Performans standartlarına göre Sa-13-baş ve Sa-25-baş parselleri (0.69) “kötü”; Sa-5-orta (0.80) ve Sa-25-orta parselleri (0.79) “orta”; Sa-5-baş (0.88), Sa-13-orta (0.88), Sa-25-son (0.90) ile Sa-5 ve Sa-13 tersiyerlerinin son parselleri “iyi” sınıfa girmiştir (Çizelge 4.8). Tersiyer sonundaki parsellerin zamansal p_F 'lerinin “iyi” sınıfta yer alması, diğerlerine göre sulama suyunu daha etkin kullandıklarını göstermektedir.



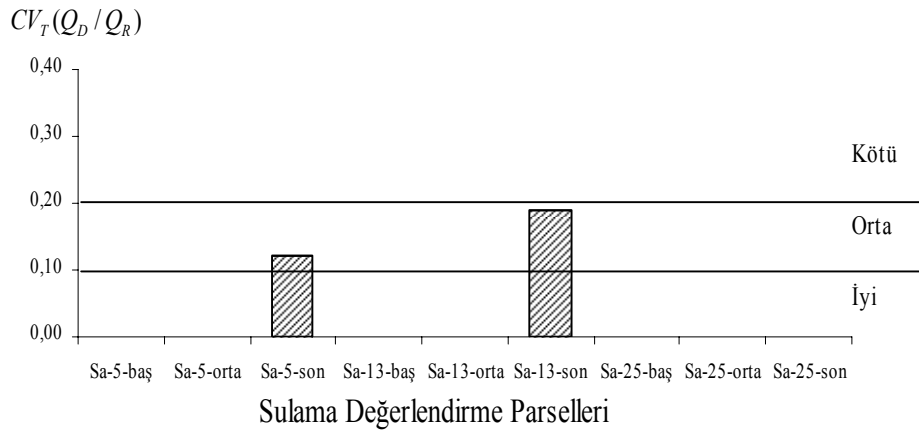
Şekil 4.17 2006 yılı etkinlik göstergesi zamansal değerleri

2006 yılında p_F 'nin zamansal değerleri Çizelge 4.9'da görüldüğü gibi, 0.68-0.89 arasında değişmiş olup en düşük değer Sa-25-orta parselde, en yüksek ise Sa-5-baş parselde elde edilmiştir. Bu değerlere göre Sa-25-orta “kötü”; Sa-5-baş, Sa-5-son (0.87), Sa-13-orta parselleri “iyi”; diğer parseller ise “orta” sınıfta yer almıştır.

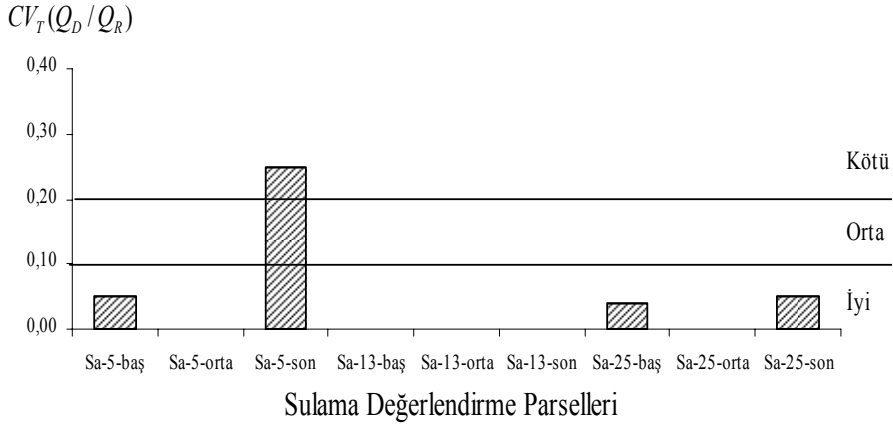
Gerekli suyun verilip verilmediğini ve su kaynaklarının korunup korunmadığını ortaya koymak için yeterlilik ile etkinlik göstergeleri birlikte incelendiğinde, en düşük p_F değerleri elde edilen parsellerde p_A 'nın 1.00 olduğu görülmektedir. Bu durum da, yeterli veya fazla miktarda sulama suyu uygulandığını, ancak etkin kullanım olmadığını göstermektedir. p_F 'nin 1.00 olduğu Sa-13-son parselinde, $p_A \leq 0.80$ olup yetersiz sulama yapılmıştır. p_A ve p_F 'nin 1.00'e yaklaştığı 2005 yılında Sa-5-son parselinde, 2006'da Sa-5-baş parselinde yeterli ve etkin su dağıtımı gerçekleşmiştir.

Su dağıtımında güvenilirlik, dağıtılan su miktarı ile planlanan veya gereksinim duyulan su miktarının zaman içerisindeki eş dağılımının göstergesidir. Bu oran, tutarlılık gösteriyorsa dağıtım sistemi güvenilir kabul edilmektedir. Su dağıtımındaki güvenilirlik, üreticilerin uygun ve tutarlı planlama yapmasına olanak sağlaması açısından önemlidir. Güvenilir su dağıtımını yapılmayan sistemlerde tarla düzeyinde iyi bir üretim planlaması yapılamamaktadır. Ancak, su kıt olduğu halde güvenilir ise daha az alan ekilerek veya uygun bitki çeşidi seçilerek iyi bir planlama yapılabilir.

Araştırma yıllarına ilişkin $CV_T(Q_D/Q_R)$ değerleri Şekil 4.18 ve 4.19’da verilmiştir.



Şekil 4.18 2005 yılı güvenilirlik gösterge değerleri



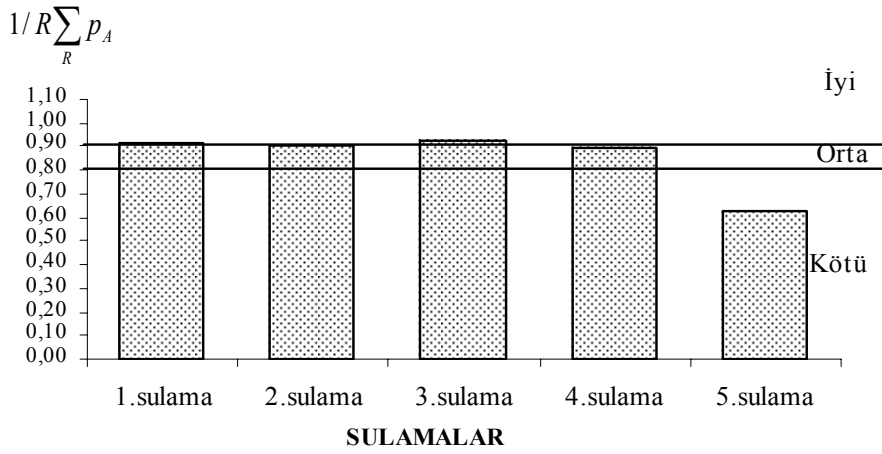
Şekil 4.19 2006 yılı güvenilirlik gösterge değerleri

2005 yılında sadece Sa-5-son ve Sa-13-son parsellerinin $CV_T(Q_D/Q_R)$ değerleri 0.10'dan büyük, diğerlerinin ise sıfır bulunmuştur. Güvenilirlik değerinin sıfıra yaklaşması, dikkate alınan zaman periyodunda su dağıtımının üniform ve güvenilir olduğunu belirtir. Performans standartlarına göre Sa-5 ve Sa-13 tersiyerlerinin son parselleri “orta”, diğerleri ise “iyi” sınıfta yer almıştır.

2006 yılına ait $CV_T(Q_D/Q_R)$ değerleri, 0 ile 0.25 arasında bulunmuştur. Buna göre bütün değerlendirme parsellerinde güvenilirlik göstergesi “iyi”, sadece Sa-5-son parselinde “kötü” sınıfta yer almıştır. Bu durumda, Sa-5-son parselinde iyi bir su dağıtım planlamasının yapılmamasından kaynaklanmaktadır.

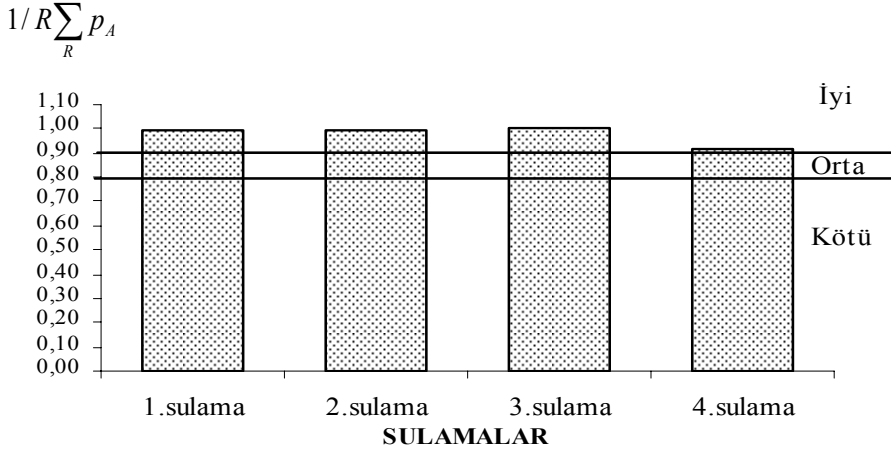
4.4.2 Performans Göstergelerinin Mekansal Dağılımı

Sulama değerlendirme parsellerinin yeterlilik göstergesinin mekansal değerleri Şekil 4.20 ve 4.21’de verilmiştir.



Şekil 4.20 2005 yılı yeterlilik göstergesi mekansal değerleri

2005 yılında p_A 'nın en düşük değeri beşinci (0.63), en yüksek değeri (0.93) üçüncü sulamada ortaya çıkmıştır. Bu değerlere göre, yeterlilik göstergesi beşinci sulamada “kötü”, dördüncü sulamada “orta”, diğer sulamalarda ise “iyi” sınıfıdır. Performansın, yeterlilik göstergesi açısından her sulamada yüksek olması arzu edilir. Sa-13-son parseline her sulamada saptırılması gerekenden az sulama suyu saptırılması mekansal yeterlilik değerini de olumsuz yönde etkilemiştir.

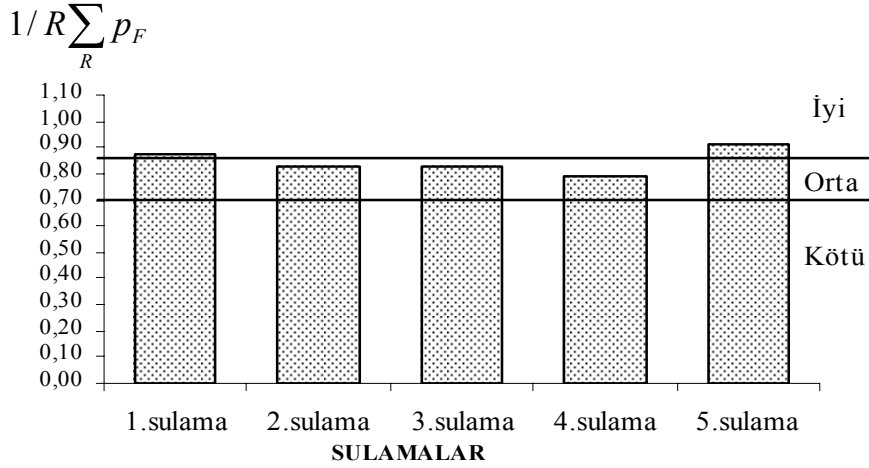


Şekil 4.21 2006 yılı yeterlilik göstergesi mekansal değerleri

2006 yılında p_A 0.92-1.00 arasında değişmiştir. En düşük değer dördüncü, en yüksek değer ise üçüncü sulamada bulunmuştur. Bu değerlere göre, yeterlilik göstergesi tüm sulamalarda “iyi” sınıftadır.

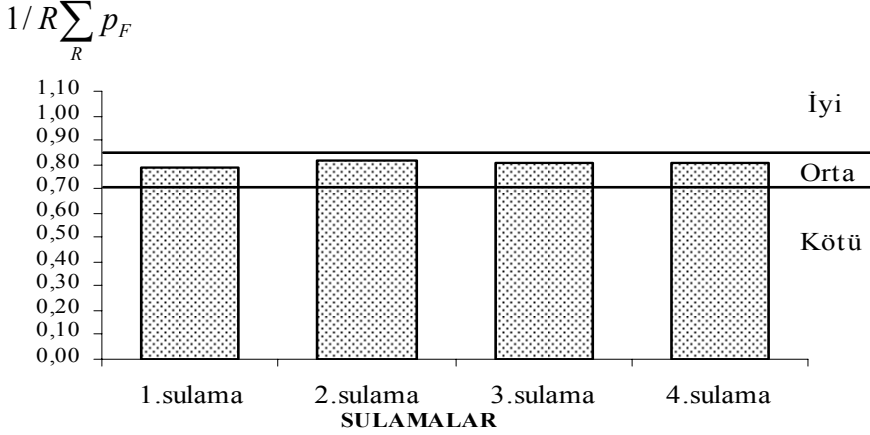
İlk üç sulamada yeterlilik değeri 1.00 olan Sa-5-son parseline dördüncü sulamada yetersiz sulama suyu saptırılması bu parselin p_A 'sını Çizelge 4.8'de görüldüğü gibi 0.55'e düşürmüştür. Bu durum da, dördüncü sulamanın p_A mekansal değerini olumsuz yönde etkileyerek diğer sulamalara göre daha düşük bulunmasına neden olmuştur.

Sulama değerlendirme parsellerinin etkinlik göstergesinin mekansal değerleri Şekil 4.22 ve 4.23'de verilmiştir.



Şekil 4.22 2005 yılı etkinlik göstergesi mekansal değerleri

2005 yılında p_F 'nin mekansal değerleri 0.79-0.91 arasında olup en yüksek beşinci, en düşük dördüncü sulamada elde edilmiştir. Performans standartlarına göre birinci ve beşinci sulama “iyi”, diğerleri “orta” etkinlik sınıfındadır. Menemen Sol Sahil sulama sistemine su (baraj suyu), ana ürün pamuğun sulama döneminin başlangıcında verilmektedir. Sistemde suyun bulunması, pamukta ilk sulama geciktirildiğinde büyümenin, toprak ve yaprak alan gelişiminin yavaşlaması ve koza sayısının azalması (Guinn et al.,1980) nedenleriyle üreticiler birinci sulamalarını geciktirmeden yapmak istemektedirler. Böylelikle birinci sulamada su daha etkin kullanılmıştır. Birinci sulamayı izleyen sulamalarda ise sistemde su bulma olanağı arttığı için su kullanma etkinliği de azalmıştır. Beşinci sulama sadece mısır ve ikinci ürün karpuzda yapılmıştır. Ağustos ayı sonu ile Eylül ayı başlangıcında sisteme daha az su verilmesi beşinci sulamanın etkinliğini artırmıştır.



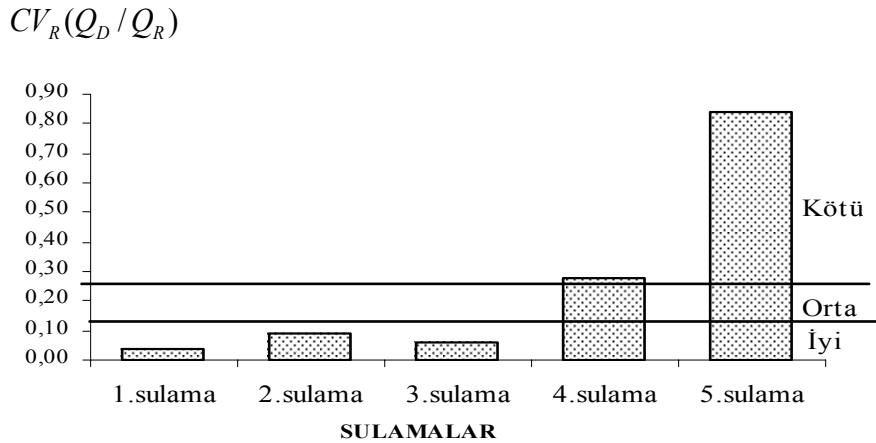
Şekil 4.23 2006 yılı etkinlik göstergesi mekansal değerleri

2006 yılında p_F 'nin mekansal değerleri 0.79-0.82 arasında bulunmuş olup tüm sulamalar “orta” sınıfa girmiştir. 2005 yılına göre, sulama suyu daha az etkin kullanılmıştır. Sasalı sekonderinde tersiyer kanal düzeyinde yapılan bir çalışmada, P_F 'nin Haziran-Eylül değerleri, 2005 ve 2006'da “orta” sınıf içersinde yer almıştır (Korkmaz vd., 2007). Bu durum, Sasalı sekonderinde hem tersiyer kanal hem de tarla düzeyinde suyun etkin kullanılmadığını göstermektedir. Suyun etkin kullanılmaması parsellere gereksinim duyulandan fazla su verildiğinin bir göstergesidir. Yani yeterli miktarda su mevcut ise etkinlik değeri düşmektedir.

Eşitlik, su dağıtım sistemlerinde üreticilere suyun eşit oranlarda verilmesidir. Bu, planlamada hedeflenen miktarı kullanma hakkını ifade eder (Molden and Gates, 1990).

Eşitlik göstergesi (P_E) bu araştırmada, sistemdeki belli bir noktadan belli bir zaman periyodunda saptırılan su miktarının aynı periyotta saptırılması gereken su miktarına oranının mekansal varyasyonunun ortalaması olarak belirlenmiştir. P_E 'nin sıfıra yakın olması; dağıtımda daha yüksek derecede eşitliğin sağlandığını göstermektedir.

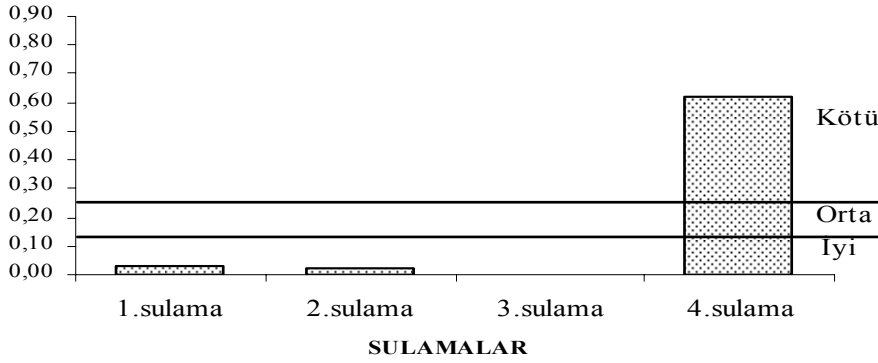
Araştırma yıllarına ilişkin $CV_R(Q_D/Q_R)$ değerleri Şekil 4.24 ve 4.25'de verilmiştir.



Şekil 4.24 2005 yılı eşitlik gösterge değerleri

2005 yılına ait $CV_R(Q_D/Q_R)$ değerleri, en yüksek beşinci (0.84), ardından dördüncü (0.28) ve en düşük (0.04) birinci sulamada elde edilmiştir (Çizelge 4.8). Bu değerlere göre beşinci sulama “kötü”, dördüncü sulama “orta”, diğer üç sulama “iyi” sınıfta yer almıştır. Sistemden su elde etme olanağı arttığında buna bağlı olarak eşitlik sınıfı da yükselmektedir.

$$CV_R(Q_D / Q_R)$$



Şekil 4.25 2006 yılı eşitlik gösterge değerleri

2006 yılına ait en yüksek $CV_R(Q_D/Q_R)$ değeri dördüncü sulamada (0.62) saptanmıştır. Üçüncü sulamanın değeri ise sıfıra eşit olmuştur. Performans değerlendirmesinde bütün sulamalar “iyi” sınıfa, sadece dördüncü sulama “kötü” sınıfa girmiştir.

$CV_R(Q_D/Q_R)$ göstergeleri, araştırmanın iki yılında da ilk üç sulamada “iyi”, diğer sulamalarda “kötü” sınıf içerisinde yer almıştır. Bu durum, ilk üç sulamada tarlalar düzeyinde eşit su dağıtımının yapıldığını, dördüncü ve beşinci sulamada eşitliğin ortadan kalktığını göstermektedir.

4.4.3 Performans Göstergelerinin Ortalama Değerleri

2005-2006 sulama sezonlarına ilişkin ortalama su dağıtım performans gösterge değerlerinden yeterlilik, sırasıyla 0.85 ve 0.98 bulunmuştur. P_A 'nın ortalama değerinin 0.90'dan küçük çıkması, araştırmanın ilk yılının yeterlilik yönünden “orta” düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır. 2006'da ise yeterlilik değeri “iyi” sınıfı içerisinde yer almıştır. Menemen Sol Sahil sulama sisteminde 1999 ve 2000 yılları için tersiyer kanal düzeyinde su dağıtım performansını değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada, yeterlilik göstergeleri sırasıyla 0.53 ve 0.57 olarak bulunmuştur (Ünal et al., 2004). Karataş, (2006), yeterlilik göstergesi açısından en kötü performansın Ulucak-Sasalı-Kaklıç sekonderinde (0.31) olduğunu belirtmiştir. 2005-2006 yılları için Sasalı sekonderinin yeterlilik (0.60) yönünden “kötü” düzeyde olduğu saptanmıştır (Korkmaz vd., 2007). Jahromi et al., (2000) İran Doroodzan sulama sisteminde, sulama alanının başında, ortasında ve sonunda olmak üzere seçilen üç adet tersiyerden ardışık beş sulama için alınan su miktarını ölçmüşler ve yeterlilik göstergesini ortalama 1.00 olarak bulmuşlardır. Bu çalışmalara göre, Sasalı sekonderinde su dağıtımını yeterlilik yönünden tersiyer kanal düzeyinde “kötü” sınıfta olmasına karşın, tarla düzeyinde “orta” ve “iyi” sınıfta yer alması üreticilerin tarlalarına yeterli miktarda sulama suyu uyguladıklarını göstermektedir.

Etkinlik (P_F) göstergesi, araştırma yıllarında sırasıyla 0.85 ve 0.81 bulunmuştur. Buna göre etkinlik 2005'de “iyi”, 2006'da “orta” sınıfta yer almaktadır. Menemen Sol Sahil sulama sisteminde 1999 ve 2000 yılları için etkinlik göstergeleri sırasıyla 0.83 ve 0.84 (Ünal et al., 2004), su

kıtlığı yaşanan 2001 yılında ise Ulucak-Sasalı-Kaklıç sekonderinde 1.00 olarak belirlenmiştir (Karataş, 2006). Bu sonuçlar, suyun yetersiz olduğu koşullarda daha etkin kullanıldığını ortaya koymaktadır.

2005’de P_A “orta” ve P_F “iyi”, 2006’da ise P_A “iyi”, P_F “orta” performans sınıfında bulunmaktadır. Her iki yılda yeterlilik açısından çok büyük sorunların olmadığı, ancak etkinliğin üreticilerin sulama suyunu yeterli miktarda bulup bulamamalarına göre değiştiği görülmüştür.

Araştırma yılları için tüm parseller birlikte değerlendirildiğinde ortalama P_D değerleri sırasıyla 0.15 ve 0.10 bulunmuştur (Çizelge 4.8 ve 4.9). Bu değerler, araştırmanın birinci yılında güvenilirlik performansının “orta”, ikinci yıl ise “iyi” düzeyde olduğunu göstermektedir. Menemen Sol Sahil sulama sisteminde, P_D , tersiyer düzeyinde “kötü” (Ünal et.al., 2004), sekonder düzeyinde “iyi” sınıfta bulunmuştur (Karataş, 2006). 2005 ve 2006 yıllarında Sasalı sekonderinde tersiyer kanal düzeyinde güvenilirlik göstergesi bitki su gereksinimlerinin yüksek olduğu Haziran-Eylül döneminde 0.54, 2006 yılı tüm sulama dönemi için ise 0.53 olarak belirlenmiştir. Performans standartları güvenilirlik performansının bu iki yıl ve dönem için kötü olduğunu göstermiştir (Korkmaz vd., 2007). Sekonder ve tersiyer düzeyinde su dağıtımı güvenilir olmayan Menemen Sol sahil sulama sisteminde, araştırma yıllarında tarla düzeyinde bu sorunun yaşanmadığı belirlenmiştir. Bu durum, su iletimini sağlayan sekonder ve tersiyer kanallarda dağıtım güvensizliği olduğunu, suyun tarlalara dağıtımında ise güvensizlik olmadığını göstermektedir. Üreticilerin pamuk sulamaları başlamadan önce sisteme verilen birikinti suyunu ve tersiyerlerdeki sulama fazlası suyu gerektiğinde kullanılmak üzere drenaj kanallarında biriktirmesi tarla düzeyinde güvenilirliği artırmaktadır.

İran'ın Doroodzan sulama sisteminde, 1997-1998 bitki yetiştirme sezonunun Mayıs ve Haziran ayları içindeki ardışık beş sulama dönemi için güvenilirlik göstergesi ortalama 0.08 (iyi) bulunmuştur. Tersiyer kanalların tarla düzeyinde su dağıtım güvenilirliğinin, eşitlikten daha yüksek olduğu ve sulama sisteminde gerçek bitki gereksinimine göre su dağıtımının yapılmadığı belirlenmiştir (Jahromi et al., 2000). Menemen Sol Sahil sulama sisteminin tarla düzeyinde su dağıtım güvenilirliği iyi sınıfta olmasına karşın Doroodzan sulama sisteminin ortalama P_D değeri az da olsa daha yüksektir.

Sulama değerlendirme parsellerinin sulama sezonu için eşitlik gösterge değeri, 2005'de 0.26; 2006'da ise 0.23 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.8 ve 4.9). Bu değerler, performans göstergesi standartlarına göre eşitliğin, ilk yıl “kötü”, ikinci yıl “orta” olmasına rağmen “kötü” sınıfa (0.25) yakın olduğunu göstermektedir.

Menemen Sol Sahil sulama sisteminde yapılan bazı çalışmalarda, P_E , tersiyer düzeyinde 1999-2000 yılları için sırasıyla 0.67 ve 0.74 (Ünal et al, 2004); sekonder düzeyinde 2001'de 0.24 (Karataş, 2006) olarak saptanmıştır. Sasalı sekonderinde tersiyer düzeyinde, 2005 ve 2006 yıllarının 4 aylık (Haziran-Eylül) döneminde P_E , sırasıyla 0.67 ve 0.51, 2006'nın tüm sulama sezonunda ise 0.49 bulunmuş olup standartlara göre “kötü” sınıfa girmiştir (Korkmaz vd., 2007). Menemen sulamasında, şebekenin baş, orta ve son kısmında sulama aralığı, sulama sayıları aynı olmasına karşın şebekenin sonundaki parsellerin sulama süresinin (0.35 saat/da), baştakilere (0.66 saat/da) göre yaklaşık %47 daha az olduğu belirlenmiştir (Avcı vd., 1999). Bu bulguların tümü,

Menemen Sol Sahil sulama sisteminde sekonder, tersiyer ve tarla düzeyinde eşit bir su dağıtımının olmadığını göstermektedir.

İran-Doroodzan sulama sisteminde Mayıs ve Haziran ayları içindeki ardışık beş sulama dönemi için eşitlik göstergesi ortalaması 0.16 bulunmuştur (Jahromi et al., 2000). Bu değer ile çalışmadan elde edilen P_E değerlerini (0.26 ile 0.23) karşılaştırdığımızda, sistemde tarla düzeyinde su dağıtım eşitsizliği olduğu görülmektedir.

Menemen Sol Sahil sulama sisteminde tarla düzeyinde su dağıtımının eşit olmadığı, su miktarı yeterli olduğunda etkinliğin düştüğü ve güvenilirliğin arttığı saptanmıştır.

4.5 Su İletim ve Sulama Randımanları

Sulama suyunun bir kısmı, iletim, dağıtım ve uygulama aşamalarındaki kayıplar nedeniyle bitki kök bölgesine ulaşamaz veya tutulamaz. Sulama uygulamalarında su kaynağından alınan suyun araziye iletildikten sonra ne derece yararlı olduğu sulama randımanları ile belirtilir.

Araştırmada Sasalı Sekonderinin baş, orta ve sonunda seçilen üç tersiyer kanalda (Sa-5, Sa-13 ve Sa-25) sızma kayıpları ile iletim randımanı (E_c), sulama değerlendirme parsellerinde tarla su uygulama randımanı (E_a), depolama randımanı (E_s), eş dağılım randımanı (CU) ve dağılım türdeşliği (D_U) belirlenmiştir.

4.5.1 İletim Randımanı

İletim randımanı (E_c), su dağıtım sistemlerine alınan suyun ne derecede etkin kullanıldığını ifade etmek için kullanılmaktadır. Su dağıtım etkinliği su iletim randımanı kavramını içermektedir. Dağıtım noktalarından yeterli miktardan daha fazla sulama suyu dağıtan su dağıtım sistemleri, su kaynaklarını korumadığı gibi aşırı su kullanımı sonucunda yaşlılık ve tuzluluk sorunlarını da yaratır. Aslında, bir dağıtım noktasındaki su gereksinimi sistemin aşağı kısmına kadar olabilecek kayıpları da içermelidir (Molden and Gates, 1990).

Sulama sistemlerinde iletim ve dağıtım sırasında meydana gelen kayıpların en önemlisi sızma kayıplarıdır. Bu kayıplar, kanalların kaplama durumuna, akım hızına ve kanal uzunluğuna göre değişmektedir.

Kaplamalı kanallarda sızmalar, kanal tabanı ve yan yüzlerdeki derz boşluklarından ve çatlaklardan meydana gelir. Toprak kanallardaki sızma kayıpları ise toprak bünyesine bağlıdır. Ağır bünyeli topraklarda sızma kayıpları düşük, hafif bünyeli topraklarda ise yüksektir.

Sulama değerlendirme parsellerinin bulunduğu tersiyerlerin sızma kayıpları ve iletim randımanları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10 Tersiyer kanalların sızma kayıpları ve iletim randımanı

Yıllar	Tersiyer Adı	Kanal Ölçüm Uzunluğu (m)	Giren Akım (L/s)	Çıkan Akım (L/s)	Sızma Kayıpları				İletim Randımanı (Ec) (%)
					(L/s)	(%)	(100m)'de L/s	%	
2005	Sa-5	1700	124.0	109.4	14.6	11.8	0.9	0.69	88.2
	Sa-13	820	105.3	93.5	11.8	11.2	1.4	1.37	88.8
	Sa-25	700	71.3	65.4	5.9	8.3	0.8	1.18	91.7
2006	Sa-5	950	259.2	227.8	31.4	12.1	3.3	1.28	87.9
	Sa-13	1500	160.6	126.0	34.6	21.5	2.3	1.44	78.5
	Sa-25	850	78.9	67.9	11.0	13.9	1.3	1.63	86.1

Tersiyerler parsel sınırında bulunduğundan, saptırılan sulama suyu kayıpsız parsellere iletilmiştir.

Tersiyer kanallarda yapılan ölçümlerde sızma kaybı Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi, 2005 yılında en az Sa-25 (%8.3), en fazla Sa-5 (%11.8), 2006 yılında ise en az Sa-5 (%12.1), en fazla Sa-25 (%21.5) tersiyerlerinde bulunmuştur. Sızma kayıpları 100 m kanal uzunluğunda, 2005'de %0.69-1.37, 2006'da ise %1.28-1.63 arasında değişmiştir. 100 m kanal uzunluğunda en yüksek sızma kaybı, 2005 yılında Sa-13 (%1.37), 2006'da Sa-25 (%1.63) tersiyerinde, en düşük sızma kaybı ise her iki yılda da Sa-5 tersiyerinde saptanmıştır. Sızma kayıpları kanaletlerin birleşim yerindeki bağlayıcıların iyi çalışmamasından kaynaklanmakta olup kayıp miktarı yıldan yıla da artmıştır. Ayrıca, 2006 yılında Sa-25 tersiyerinde kanaletler kırılarak yeni su alım yerlerinin oluşturulması sızma kaybının yükselmesine neden olmuştur. Güngör ve Yıldırım (1987) sızma kayıplarını kanaletlerde %3-5 olarak vermektedir. Benzer çalışmalarda sızma kayıpları, Konya Çumra'da %3.5 (Çakmak, 1994), Harran Ovasında %3.7 (Gerçek, 1999), Hayrabolu sulamasında kanalet olan tersiyerlerde %1.3-4.9 arasında (Şener ve Yüksel, 2005), Eskişehir sulama projesinde 100 m kanal uzunluğu için sızma kayıpları ana kanalda %3.5-6.4, kaplamalı sekonder kanalda %0.2-0.5, kaplamalı tersiyer kanallarda %0.2-0.5 (Öğretir, 1992) olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre araştırmadaki tersiyerlerin sızma kayıpları yüksektir.

Kanalların iletim randımanları, bakım-onarım çalışmalarına bağlı olarak yıldan yıla değişmiştir. Eliptik kesitli prefabrik beton (kanalet) tersiyer kanalların ortalama iletim randımanları 2005'de %88.2-91.7; 2006'da %78.5-87.9 arasında değişmiştir. En düşük randıman yıllara göre Sa-5 ve Sa-13 tersiyerlerinde, en yüksek randıman ise Sa-25 ve Sa-5 tersiyerlerinde belirlenmiştir. Araştırmada, Sa-5 tersiyerinin ortalama E_c

değeri %88.05, Sa-13 tersiyerinin %83.7 ve Sa-25 tersiyerinin %88.9 olarak bulunmuştur. Tersiyer kanalların 2005 yılı için ortalama iletim randımanı %89.6, 2006 yılı için ise %84.2'dir. Araştırma yıllarının ortalama E_c değeri %86.9'dur. Güngör vd. (1996), iyi planlanmış bir sulama şebekesinde iletim randımanının toprak kanallarda %70, kaplamalı kanallarda %85, kanaletlerde ise %97'den az olmaması gerektiğini belirtmişlerdir. Kaplamalı kanallarda su iletim randımanını Bos and Nugteren (1990), %69; Wolters (1992), %76 olarak vermektedir. Bu değerlere göre, araştırmada elde edilen iletim randımanları eliptik kanallar için düşüktür. Bununla birlikte, başka araştırmalarda da araştırmamızda bulunan değerlere yakın sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, su iletim randımanı Asya, Afrika ve Latin Amerika'daki sulama kanallarında %61-93 arasında (Plusquellec et al. 1990), Türkiye'deki sulamalardan Kahramanmaraş sulama projesinde ortalama %91.04 (Uçan ve Yüksel, 2000), Eskişehir Sağ Sahil sulamasında %92 (Benli ve Beyribey, 1998) olarak bulunmuştur.

Tersiyerlerin iletim randımanının düşük olmasının nedenlerinden biri, eliptik kanallardaki deformasyona bağlı sızmalardır. İletim randımanına, kanalların su alım yerlerinden olan sızmalar; çiftçiler tarafından proje dışı su alım noktalarının oluşturulması ve bunların teknik açıdan uygun olmaması nedeniyle oluşan sızmalar; priz kapaklarının tam kapanmaması; kanallarda oluşan çatlak ve yarıklar; sulamalar sonrasında kanal içerisine bırakılan taş ve toprak doldurulmuş çuvallar ve katı maddelerin tabana çökmesi etki etmiştir. Ayrıca, tersiyer güzergahlarında yetişen saz ve kamış gibi yabancı otların temizlenmemesi kanaletlerin ve ters sifonların tıkanmasına neden olmaktadır.

4.5.2 Tarla Su Uygulama Randımanı

Su uygulama randımanı (E_a), tarlaya uygulanan suyun bitki kök bölgesinde depolanma oranını göstermektedir. E_a , 2005 yılında 35 adet, 2006'da ise 34 adet olmak üzere toplam 69 adet sulamada belirlenmiştir. Sulama değerlendirme parsellerine her bir sulamada saptırılan (Q_D), saptırılması gereken (Q_R) su miktarları ile tarla su uygulama randımanları Çizelge 4.11 ve 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.11 2005 yılına ait tarla su uygulama randımanları

Parsel No	Sulama No	Mevcut Nem (mm)		Tutulan Su (mm)	Q_D (mm)	Q_R (mm)	E_a	
		Önce	Sonra				(%)	Ort. (%)
Sa-5-baş	1	173	297	124	160	135	78	77
	2	170	287	117	158	138	74	
	3	199	294	95	119	109	80	
Sa-5-orta	1	195	275	80	106	94	76	74
	2	200	286	86	113	89	76	
	3	199	286	87	137	90	63	
	4	191	279	88	119	98	74	
	5	216	289	73	89	73	81	
Sa-5-son	1	215	280	65	89	102	73	75
	2	213	268	55	80	104	68	
	3	216	296	80	98	101	81	
	4	225	295	70	89	92	78	
Sa-13-baş	1	240	287	47	75	49	64	56
	2	254	287	33	76	35	43	
	3	250	285	35	64	39	55	
	4	246	289	43	71	43	61	
Sa-13-orta	1	260	321	61	106	102	58	61
	2	258	329	71	110	104	64	
	3	241	324	83	133	121	62	
	4	277	347	70	119	85	59	
Sa-13-son	1	199	223	24	28	66	85	90
	2	193	216	23	25	72	94	
	3	192	218	26	28	72	93	
	4	189	214	25	29	76	86	
	5	179	199	20	22	85	92	
Sa-25-baş	1	176	286	110	151	121	73	65
	2	201	294	93	142	96	66	
	3	195	286	91	140	102	65	
	4	186	294	108	200	111	54	
Sa-25-orta	1	180	295	115	138	119	84	78
	2	184	297	113	144	115	79	
	3	185	296	111	157	114	71	
Sa-25-son	1	229	330	101	144	119	70	75
	2	246	325	79	107	102	74	
	3	232	334	102	125	116	82	

Çizelge 4.12 2006 yılına ait tarla su uygulama randımanları

Parsel No	Sulama No	Mevcut Nem (mm)		Tutulan Su (mm)	Q _D (mm)	Q _R (mm)	E _a	
		Sulama					(%)	Ort. (%)
		Önce	Sonra					
Sa-5-baş	1	155	274	119	141	153	84	82
	2	150	302	152	188	158	80	
	3	199	308	109	133	109	82	
Sa-5-orta	1	179	264	85	113	110	75	66
	2	195	281	86	128	94	67	
	3	213	275	62	109	76	57	
Sa-5-son	1	208	296	88	149	109	60	67
	2	180	289	109	181	137	60	
	3	189	273	84	129	128	65	
	4	180	241	61	75	137	81	
Sa-13-baş	1	217	265	48	93	72	52	44
	2	215	258	43	103	74	41	
	3	222	264	42	95	67	44	
	4	228	254	26	67	61	39	
Sa-13-orta	1	251	331	80	129	111	62	67
	2	232	330	98	134	130	73	
	3	233	334	101	151	129	66	
	4	238	343	105	155	124	68	
Sa-13-son	1	268	363	95	139	92	69	56
	2	264	336	72	123	96	59	
	3	278	328	50	104	82	48	
	4	271	324	53	113	89	47	
Sa-25-baş	1	192	293	101	146	105	69	69
	2	206	272	66	84	91	78	
	3	186	278	92	147	111	63	
	4	197	285	88	135	100	65	
Sa-25-orta	1	203	305	102	136	96	75	65
	2	190	283	93	137	109	68	
	3	196	293	97	123	103	79	
	4	206	296	90	238	93	38	
Sa-25-son	1	248	337	89	144	100	62	63
	2	249	330	81	126	99	64	
	3	253	323	70	116	95	61	
	4	225	299	74	111	123	66	

Sulama değerlendirme parsellerine uygulanan her sulama için tarla su uygulama randımanı belirlenmiştir. Sulama numaralarına göre tarla su uygulama randımanları izelge 4.11 ve 4.12’de görüldüğü gibi, 2005 yılında %43-94, 2006’da %38-84 arasında olup en düşük değerler sırasıyla Sa-13-baş parselin ikinci ve Sa-25-orta parselin dördüncü sulamasında, en yüksek değerler ise Sa-13-son parselin (karpuz) ikinci ve Sa-5-baş parselin birinci sulamasında saptanmıştır.

Parsel sulamalarının her biri için belirlenen tarla su uygulama randımanların ortalaması alınarak hesaplanan yıllık ortalama E_a değerleri, 2005’de %56-90, 2006’da %44-82 arasında değişmiş olup en düşük değer her iki yılda da Sa-13-baş parselde, en yüksek ise sırasıyla Sa-13-son ve Sa-5-baş parsellerinde belirlenmiştir. 2005 yılında Sa-13-orta parselin (%61), 2006’da Sa-13-son (%56) parselin randımanları alt sınır değerlerine yakın bulunmuştur. Diğer parsellerin genellikle ortalama randıman değerleri 2005’de %65-78; 2006’da %63-69 arasında değişmiştir.

Parsellerin iki yıllık ortalama E_a değerleri, tersiyerlerdeki parsel konum sırasına göre Sa-5’de %80, %70, %71; Sa-13’de %50, %64, %73; Sa-25’de %67, %72 ve %69 olarak bulunmuştur.

Araştırmanın birinci yılının ortalama E_a değeri %72, ikinci yılın ise %64’dr. Araştırma alanının ortalama su uygulama randımanı %68 olarak belirlenmiştir.

Araştırma yıllarında, en düşük tarla su uygulama randımanı değeri Sa-13-baş parselinden elde edilmiştir. Bu parselde saptırılması gereken sulama suyu miktarları 2005 yılında 35-49 mm arasında değişirken 2006 yılında 61-74 mm'ye yükselmiştir. Bu durum, parselin tesviye edilmesinden ve etrafına drenaj kanalı açılmasından kaynaklanmış olabilir. Saptırılan sulama suyu miktarlarının ortalaması ilk yıl 72 mm, ikinci yıl 90 mm olmasına karşın sulamalar sonrasında toprakta en fazla 48 mm sulama suyu depolanmıştır. Yüksek taban suyu seviyesi ve alkalilik sorunu saptırılan sulama suyunun toprağa infiltre olmasını engelliyerek yüzey akış kayıplarının meydana gelmesine neden olmaktadır. Bu kayıplar saptırılan suyun yaklaşık %50'si kadardır. Güngör ve Yıldırım (1987), kayıpların genellikle tarlaya alınan suyun %20-60'ı kadar olabildiğini belirtmektedir.

Tarla içi sulamalarında başlıca kayıplar, yüzey akış nedeniyle ve suyun arazide düzensiz dağılmasıyla ortaya çıkmaktadır. Ayrıca uzun süreli sulamalarda çok miktarda su bitki kök bölgesinden aşağılara perkole olmaktadır. Kayıpların birinin diğerine göre azlığı veya çokluğu toprağın su emme hızına, arazinin eğimine, sulama yöntemine, sulama suyu debisine, tarlanın büyüklüğüne ve sulayıcının yeteneğine bağlı olarak değişmektedir (Jensen et al. 1967).

Tarla su uygulama randımanına, su kayıpları yanında suyun maliyeti, miktarı, toprak ve bitki özellikleri de etkili olmaktadır. Suyun pahalı ve kısıtlı olduğu koşullarda randıman genellikle yüksek, suyun bol olduğu koşullarda ise düşük olmaktadır. Araştırma yıllarının tarla su uygulama randımanları arasındaki farklılık, üreticilerin sulama alışkanlıkları, bitkinin suya gereksinimi olmadığı durumlarda sulama

yapılması, alet ve ekipman, tarlanın tesviye durumu, toprak bünyesi, bitki çeşidi ve uygulanan sulama yönteminden kaynaklanmaktadır.

Su uygulama randımanının bitki çeşidine, ekim ve sulama yöntemine göre nasıl değiştiği Sa-13-son parselinde görülmektedir. En yüksek (%90) randımanın belirlendiği yıl seddeye ikinci ürün karpuz ekilmiş ve karık sulama yöntemiyle sulanmıştır. Derine sızma ve yüzey akış ile su kayıpları meydana gelmemiştir. Aslında, gereksinimin 1/3'nü karşılayacak miktarda sulama suyu uygulanmıştır. Aynı parselde, randımanın düşük (%56) olduğu yıl ise pamuk ekilmiş ve border yöntemiyle sulanmıştır.

Türkiye'deki bazı sulamalarda tarla su uygulama randımanları; Eskişehir-Alpullu'da tesviyeli arazilerde %58, tesviyesiz arazilerde %53-81 (Oylukan, 1970), Konya Ovasında %16-86, Tokat Ovasında % 31-83 (Balaban, 1970); Menemen Ovasında azaltılmış debi ve kesikli akış (surge) sulamalarında %80-90 arasında (Anaç, 1979) olduğu belirlenmiştir. İyi planlanmış bir sulama şebekesinde tarla su uygulama randımanının %50-60'dan az olmaması istenir (Güngör vd., 1996). E_a 'nın dağılım aralığı, border sulamada %60-90, karık sulama da ise %50-90'dır (Rogers et.al., 2008). Buna göre, parsellerin E_a 'ları genellikle belirtilen dağılım aralığı içerisinde kalmıştır.

4.5.3 Depolama randımanı

Sulamada amaç, verilen suyun önemli bir bölümünün bitki kök bölgesinde biriktirilmesidir. Bitki için gerekli suyun kök bölgesinde depo edilme durumunu depolama randımanı (E_s) gösterir. Özellikle suyun kıt ve yüksek maliyette olduğu durumlarda uygulamanın etkenliğinin ölçütüdür.

Sulama değerlendirme parsellerinde (9 adet) depolama randımanı, 2005’de 35 adet, 2006’da 34 adet sulama için belirlenmiştir. Parsellere uygulanan her bir sulama için belirlenen depolama randımanı (E_s) değerleri Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13 Değerlendirme parsellerinde depolama randımanı (%)

Yıllar	Sulama No	Tersiyer Kanallar								
		Sa-5			Sa-13			Sa-25		
		Baş	Orta	Son	Baş	Orta	Son	Baş	Orta	Son
2005	1	91	85	63	97	61	37	91	97	85
	2	84	97	52	96	68	32	97	99	78
	3	87	96	79	91	69	36	89	98	89
	4		89	75	100	83	33	97		
	5		99				23			
Ortalama		87	93	67	96	70	32	94	98	84
2006	1	77	77	81	67	73	103	97	107	89
	2	96	91	80	57	76	76	72	86	82
	3	100	82	66	63	78	61	83	95	75
	4			44	43	85	59	88	97	60
Ortalama		91	83	68	58	78	75	85	96	77
Genel Ortalama		89	88	68	77	74	54	90	97	81

2005 yılında parsellere uygulanan 35 adet sulamanın depolama randımanları, genellikle farklı değerler göstermiş olup en düşük Sa-13-son parselinde ikinci ürün karpuzun beşinci sulamasında (%23) ve en yüksek Sa-13-baş parselde pamuğun dördüncü sulamasında (%100) elde edilmiştir.

2006 yılında 34 adet sulamanın depolama randımanları %43-100 arasında değişmiş olup en düşük Sa-13-baş parselinde dördüncü sulamadan ve en yüksek Sa-5-baş parselinde üçüncü, Sa-13-son ve Sa-25-orta parsellerinin birinci sulamalarından elde edilmiştir. Ancak, Sa-13-son ile Sa-25-orta parselinde tarla kapasitesinin 3-5 mm üzerinde ölçüm yapıldığından depolama randımanları sırasıyla %103-107 olarak tespit edilmiştir.

Parseldeki sulamaların her biri için belirlenen depolama randımanlarının ortalaması alınarak hesaplanan yıllık ortalama E_s değerleri Çizelge 4.13'de de görüldüğü gibi, 2005 yılında %32-98 arasında değişmiş olup en düşük değer Sa-13-son parselinde, en yüksek ise Sa-25-orta parselinde bulunmuştur. Diğer parsellerin ortalama E_s 'ı %70-94 arasındadır. Ancak, Sa-5-son parselinin E_s 'ı %67'dir.

Parsellerin 2006 yılına ait yıllık ortalama depolama randımanları %58-96 arasında olup en düşük değer Sa-13-baş parselinde, en yüksek ise Sa-25-orta parselinde bulunmuştur. Diğer parsellerin ortalama E_s 'ı %75-91 arasındadır. Bir önceki yılda olduğu gibi Sa-5-son parselinin E_s 'ı (%68) yine düşüktür.

Parsellerin iki yıllık ortalama E_s değerleri, %54-97 arasında bulunmuş olup en düşük değer Sa-13-son parselde, en yüksek ise - Sa-25-orta parselde elde edilmiştir.

Tüm parseller göz önüne alındığında 2005 yılının ortalama depolama randımanı %80; 2006'nın ise %79'dur. Araştırma sonucunda, araştırma alanı için depolama randımanı ortalama %80 olarak belirlenmiştir.

Depolama randımanını, bitki kök bölgesinde geçirimsiz katmanların bulunması, ağır bünyeli topraklarda sulamanın gereğinden fazla uzatılması, tuzluluk ve alkalilik sorunu gibi nedenler düşürmekte olup iyi bir sulama şebekesinde, su depolama randımanının %75'ten az olmaması istenir (Güngör vd., 1996). Bu araştırmada, depolama randımanı 2005 yılında Sa-5-son (%67), Sa-13-orta (%70) ve Sa-13-son (%32) parsellerinde; 2006 yılında ise Sa-5-son (%68) ve Sa-13-baş (%58) parsellerinde %75'den düşük bulunmuştur. Bu durum, Sa-5-son ve Sa-13-son parsellerine 2005'de tüm sulamalarda, 2006'da Sa-5-son parseline sadece dördüncü sulamada gereksinim duyulandan az sulama suyu saptırılmasından kaynaklanmaktadır. Düşük miktardaki su uygulamalarında sulama suyu bitki kök bölgesinde tamamen depolanmakta, yüzey akış ve derine sızma kayıpları olmamakta ve bu nedenle su uygulama randımanı yüksek, depolama randımanı düşük çıkmaktadır (Hart et al., 1979). Benzer sonuç bu araştırmada da elde edilmiştir. Örneğin; Sa-13-son parselinin depolama randımanı %32 iken su uygulama randımanı %90'dır. Sa-13-baş parselinde ise alkalilik nedeniyle sulama suyu infiltre olamamakta ve yüzey akış kayıpları meydana gelmekte, depolama randımanı bundan dolayı düşük bulunmuştur.

Türkiye’de yapılan bazı çalışmalarda, Eskişehir-Alpu Sulama sisteminde su depolama randımanları %75-80 (Oylukan, 1970); Köy Hizmetleri tarafından inşa edilen gölet sulamalarında en düşük depolama randımanı %17, en yüksek %90.8, ortalama %52.2 olarak bulunmuştur (Bayrak, 1991). Konya Doğanhisar Yazlıca gölet sulamasında, sulama uygulamalarında toprak yüzeyinin ıslatılmasının yeterli görülmesi nedeniyle depolama randımanları çok düşük oranlarda (%13) kalmıştır (Soğancı, 1999). Bu değerlere göre, bu araştırmada bulunan ortalama depolama randımanı (%80) daha yüksektir.

4.5.4 Eş dağılım randımanı

Sulamada, uygulanan sulama suyu miktarı kadar verilen suyun bitkilere türdeş dağıtımı da önemlidir. Eş dağılım randımanı (CU), suyun yetiştirilen bitkinin kök bölgesinde ne ölçüde türdeş biriktiğini ve uygulamanın türdeş olup olmadığını gösterir. Bu araştırmada, parsellere uygulanan her bir sulama için belirlenen eş dağılım randımanı (CU) değerleri Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14 Değerlendirme parsellerinde eş dağılım randımanı (%)

Yıllar	Sulama No	Tersiyer Kanallar								
		Sa-5			Sa-13			Sa-25		
		Baş	Orta	Son	Baş	Orta	Son	Baş	Orta	Son
2005	1	80	91	80	68	73	95	80	94	83
	2	81	88	65	44	85	66	85	81	78
	3	79	73	70	64	82	66	88	84	86
	4		81	70	85	68	78	93		
	5		89				77			
Ortalama		80	84	71	65	77	76	87	86	82
2006	1	87	85	77	90	91	83	88	84	84
	2	91	77	89	88	85	75	81	87	90
	3	75	85	84	74	98	81	88	93	82
	4			84	72	93	76	94	92	64
Ortalama		86	82	84	81	92	79	88	89	80
Genel Ortalama		83	83	78	73	85	78	88	88	81

2005 yılında 35 adet sulamanın eş dağılım randımanları Çizelge 4.14’de de görüldüğü gibi, en düşük (%44) Sa-13-baş parselinin ikinci, en yüksek (%95) Sa-13-son parselinin birinci sulamasında elde edilmiştir. Sa-13-baş parselinin ikinci sulamasında depolama randımanı %97’e ulaşmış ancak sulama suyu parselin her bölümüne türdeş olarak dağıtılmadığından CU değeri %44’de kalmıştır. Sa-25-orta (%94) ve Sa-5-orta (%91) parsellerinin birinci, Sa-25-baş parselinin dördüncü sulamalarının CU’ları üst değere yakın, Sa-13-baş parselinin (%64) üçüncü, Sa-5-son parselinin ikinci (%65) ve Sa-13-son parselinin ikinci ve üçüncü (%66) sulamaları alt değere en yakın bulunmuştur. Diğer 26 adet sulamanın CU değerleri %68 ile %89 arasındadır.

2006 yılında 34 adet sulamanın eş dağılım randımanları, en düşük (%64) Sa-25-son parselinin dördüncü, en yüksek (%98) Sa-13-orta parselinin üçüncü sulamasında belirlenmiştir. Sa-25-baş (%94) ve Sa-25-orta (%92) parsellerinin dördüncü, Sa-13-orta parselinin (%93) üçüncü sulamalarının CU'ları üst değere, Sa-13-baş parselinin (%72) dördüncü sulamasının en alt değere yakın bulunmuştur. Diğer 28 adet sulamanın CU değerleri, %74 ile %91 arasında değişmiştir.

Parsellerin yıllık ortalama CU'ları, 2005'de %65-87 arasında değişmiş olup en düşük değer Sa-13-baş parselinde, en yüksek ise Sa-25-baş parselinde bulunmuştur. 2006 yılının ortalama CU'ları %79-89 arasında olup en düşük değer Sa-13-son parselinde, en yüksek ise Sa-25-orta parselinde tespit edilmiştir.

Sulama değerlendirme parsellerinin iki yıllık ortalama CU değerleri %73-88 arasında bulunmuştur. En düşük CU değeri Sa-13-baş parselinde (%73), en yüksek ise Sa-25-baş ve Sa-25-orta parsellerinde (%88) belirlenmiştir. Bu üst değere yakın değerler, Sa-13-orta (%85), Sa-5-baş ve orta (%83) parsellerinde belirlenmiştir (Çizelge 4.13).

Tüm parseller göz önüne alındığında 2005 yılına ait ortalama eş dağılım randımanı %79 iken 2006 yılında %85'e yükselmiştir. Araştırma alanın eş dağılım randımanı ortalama %82 olarak belirlenmiştir.

Sulama sistemlerinde %100 türdeşlik ile sulama suyu uygulanmasına olanak bulunmamaktadır. Sulama yöntemi ile sistemin planlanmasına bağlı olan CU değeri, karık ve uzun tava sulama yönteminde ortalama %75 kadardır (Güngör vd., 1996). Bu değerlere göre, araştırma yıllarının ortalama eş dağılım randımanları yüksektir.

Eş dağılım randımanı, tarla su uygulama randımanını, dolayısıyla bitki için gerekli olan sulama suyu miktarını da etkilemektedir. Eğer su kısıtlı değilse, arazinin her bölümüne eşit miktarda su uygulamak için gerekenden fazla sulama suyu uygulanmalıdır. Sulama suyunun yetersiz olduğu koşullarda uygulanan kısıntı nedeniyle arazinin bazı bölümlerinin su almaması söz konusudur (Clemmens, 1991). 2005 yılında Sa-25 tersiyerinin parsellerine tüm sulamalarda gereksinim duyulan miktardan fazla sulama suyu uygulanmış olup eş dağılım randımanları (%78-94) sınır değerinden yüksek bulunmuştur.

Eş dağılım randımanı düşük sulamalar, sulanan arazinin bir kısmının sudan yoksun bırakmakla kalmayıp, diğer bölümlerin gerektiğinden fazla su alarak göllenmesine ve bitkilerin aşırı sudan zarar görmesine, toprağın tuzlulaşmasına, bitki besin maddelerinin yıkanarak taban suyuna karışmasına neden olmaktadır (Solomon, 1984).

Konya Doğanhisar Yazlıca göleti sulama sahasından seçilen, dört parselin (1-8 da) CU değerleri %59-89 arasında değişmiştir. Şekerpancarı ve fasulye yetiştirilen parseller içersinde suyun devamlı olarak yönlendirilmesi CU değerlerinin yükselmesine neden olmuştur (Soğancı, 1999). Yüksek değer elde edilmesinin bir diğer nedeni parsellerin küçük olmasıdır. Bu araştırmadaki sulama değerlendirme parsellerinin alanları (11-90 da) söz konusu çalışmadakinden yaklaşık 10 kat daha büyüktür. Büyük alanlarda türdeş dağılımlı sulama yapmak oldukça güçtür. Yine de araştırma parsellerinde genellikle sınır değerinin üzerinde türdeş sulama uygulamaları yapılmıştır.

4.5.5 Dağılım Türdeşliği

Sulama uygulamalarında, sulama suyunun miktarı ve sulama yöntemi yanında suyun ne kadar türdeş uygulandığı da önemlidir. Dağılım türdeşliği (D_U), sulama sisteminin etkinliğini ifade eden bir ölçüttür. Türdeş olmayan bir dağıtım bitkilerin bir kısmını gereksinim duydukları sudan yoksun bırakmakla kalmaz, ayrıca tarlanın bir kısmının da aşırı sudan zarar görmesine neden olur. Merriam et al., sulama sistemlerini değerlendirmede dağılım türdeşliğini, en az su alan çeyrekte infiltre olan ortalama sulama suyu derinliğinin ortalama infiltrasyon derinliğine oranı olarak tanımlamışlardır. En az su alan çeyrekteki ortalama infiltre olan su derinliğini arazide ölçülen ve her biri eşit alanı temsil eden değerlerin en düşük dörtte birinin ortalaması alınarak saptanmaktadır (Rao, 1993).

Bu araştırmada sulama değerlendirme parsellerine uygulanan her bir sulama için belirlenen dağılım türdeşliği (D_U) değerleri Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15 Parsel sulamalarının dağılım türdeşliği değerleri (%)

Yıllar	Sulama No	Tersiyer Kanallar								
		Sa-5			Sa-13			Sa-25		
		Baş	Orta	Son	Baş	Orta	Son	Baş	Orta	Son
2005	1	76	90	72	60	69	78	72	90	75
	2	82	84	45	49	73	72	77	81	56
	3	70	69	58	55	76	62	87	67	69
	4		76	62	81	58	69	94		
	5		84				71			
Ortalama		76	81	59	61	69	70	83	79	67
2006	1	82	79	66	88	84	74	70	75	72
	2	88	70	84	89	75	70	68	81	95
	3	68	96	76	73	96	78	75	92	74
	4			81	69	87	72	92	92	87
Ortalama		79	82	77	80	86	74	76	85	82
Genel Ortalama		78	82	68	71	78	72	80	82	75

2005 yılında dağılım türdeşliği en düşük (%45) Sa-5-son parselin ikinci, en yüksek (%94) Sa-25-baş parselin dördüncü sulamasında gerçekleşmiştir. Çizelge 4.15’de görüldüğü gibi dağılım türdeşliği, Sa-25-orta ve Sa-5-orta parsellerin birinci (%90) sulamalarında üst değere, Sa-13-baş parselin ikinci (%49) ve üçüncü (%55) ile Sa-5-son parselin üçüncü (%58) sulamasında alt değere yakın bulunmuştur. Düşük dağılım türdeşliği olan Sa-5-son ve Sa-13-baş parsellerin ikinci sulamalarının CU değerleri de düşüktür (sırasıyla %65, %44). Diğer sulamaların D_U değerleri ise %62 ile %87 arasında değişmiştir.

2006 yılında dağılım türdeşliği en düşük (%66) Sa-5-son parselin birinci, en yüksek (%96) Sa-5 ve Sa-13 tersiyerlerinin orta parsellerinin üçüncü sulamalarında elde edilmiştir. Dağılım türdeşliği, Sa-25-baş parselin dördüncü ve Sa-25-orta parselin üçüncü ve dördüncü (%92) sulamalarında üst değere, Sa-5-baş parselin üçüncü ve Sa-25-baş parselin ikinci (%68), Sa-13-baş parselin dördüncü (%69) sulamalarında ise alt değere yakın bulunmuştur. Diğer sulamaların D_U değerleri %70 ile %88 arasında değişmiştir.

Parsellerin yıllık ortalama D_U 'ları 2005 yılında %59-83 arasında bulunmuş olup en düşük değer Sa-5-son parselde, en yüksek ise Sa-25-baş parselde tespit edilmiştir. 2006 yılına ait parsel ortalama D_U 'ları %74-86 arasında olup en düşük değer Sa-13-son parselde, en yüksek ise Sa-13-orta parselde belirlenmiştir.

Sulama değerlendirme parsellerinin araştırma yılları ortalama D_U değerleri %68-82 arasında elde edilmiştir. Dağılım türdeşliği Sa-5-son parselde en düşük, Sa-5-orta ve Sa-25-baş parsellerde en yüksek düzeyde olmuştur.

Tüm parseller göz önüne alındığında yıllık ortalama dağılım türdeşliği 2005'de %72; 2006'da ise %80'dir. Araştırmanın iki yıllık sonuçları değerlendirildiğinde, araştırma alanı için dağılım türdeşliği ortalama %76 olarak saptanmıştır.

Dağılım türdeşliği, bir randıman kavramı olarak kabul edilmemiş ve yüzde değer yerine oran olarak sunulması gerektiği önerilmiştir. Bir sulamada yüksek D_U değeri elde edilebilir, ancak uygulanan su miktarı fazla ise yüzey akışı ve derine sızma kayıpları olur. Bu da düşük su

uygulama randımanına (E_a) neden olur. Bununla birlikte D_U yüksek ise minimum sulama ile yüksek E_a elde edilebilir (Burt et.al., 1997).

Yüksek dağılım türdeşliği her zaman yüksek sulama randımanına eşit değildir (Little et. al., 1993). Bu değerlendirmeyi doğrulayan sonuçlar araştırmada da saptanmıştır. Örneğin; 2005’de en yüksek (%94) dağılım türdeşliği elde edilen Sa-25-baş parselin dördüncü sulamasında tarla su uygulama randımanı düşük (%54) bulunmuştur.

Konya Doğanhisar Yazlıca göleti sulama alanında, dört parselde çiftçi sulamalarına dayanarak belirlenen D_U değerleri %49-87 arasında değişmiştir (Soğancı, 1999). Border sulama için D_U değerinin %80’den büyük olması gerekmektedir (Burt et al., 1979). Border yöntemiyle sulanan pamuk sulama değerlendirme parsellerinin ortalama D_u değeri 2005 yılında %70.8, 2006 yılında ise %79 bulunmuş olup iki yılın ortalaması ise %74.9’dur. Bu değerler ile karşılaştırıldığında; araştırmadaki pamuk parsellerinin dağılım türdeşliği sınır değerinden düşüktür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, Türkiye'nin batısında yer alan ve açık kanal sulama sistemi ile işletilen Menemen Sol Sahil sulama sistemine bağlı Sasalı Sekonderinde tarla düzeyinde su dağıtım performansı ve sulama randımanları değerlendirilmiştir. Sasalı Sekonderinden su alan 11 adet tersiyer kanalın suladığı alana (2293 ha) ait bitki deseni ve toprak özellikleri Coğrafi Bilgi Sistemi ile sorgulanmıştır.

Araştırmadan elde edilen sonuçlar ve buna bağlı olarak sunulan öneriler aşağıda belirtilmiştir.

Araştırma alanı Coğrafi Bilgi Sistemi ile değerlendirildiğinde, topraklarının ince ve kaba bünyeli, fena ve yetersiz drenajlı ve yaygın yetiştirilen bitki çeşidinin pamuk olduğu görülmüştür. Menemen Sol Sahil sulama sisteminin tümü için Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama teknikleri kullanılarak ayrıntılı, güvenilir ve güncellenebilir veri tabanı oluşturulmalı ve sistem alansal olarak sorgulanıp, yorumlanmalıdır. Sulama sisteminin ayrıntılı ve sağlıklı olarak değerlendirilmesi ancak böyle sağlanabilir.

Üreticiler tarafından yapılan pamuk sulamaları toprak nemi sulamaya başlanması gereken düzeye veya düzeyin altına düştüğü zaman yapılmıştır. Üreticilerin sulama zamanına bitkilere, toprak nemine (elle kontrol ederek) ya da tersiyerdeki su durumuna göre karar vermesi, her sulamada verilmesi gereken su miktarının belirlenmemesi ve tarla içi geliştirme hizmetlerinin yetersiz olması gibi sorunlar neticesinde parsellere gereksinimden fazla sulama suyu saptırılmıştır. Aslında,

sulamalarda saptırılması gereken su miktarı; bitkilerin su tüketimleri, topraktaki mevcut nem, toprağın su tutma kapasitesine göre belirlenmelidir. Bu amaçla sulama alanında toprak nemini ve taban suyu seviyesini düzenli izleyen, bunlara dayalı olarak sulama zamanına ve miktarına karar verecek bir birim kurulması gerekmektedir.

Bitki deseninde yer alan çeşitler ve ekim oranları sulama suyu miktarına göre belirlenmediğinden ana ürün pamuğun sulama döneminde sorunlar ortaya çıkmaktadır. Sistemde tarla düzeyinde su dağıtım planlaması olmadığından üreticiler su alım zamanını isteklerine göre düzenlemektedirler. Sulama suyunu zamanında ve yeter düzeyde tersiyer kanaldan saptıramayan üreticiler ise sisteme müdahale etmekte, sulama düzenini bozmakta ve sonuçta da sosyal sorunlar oluşmaktadır. Araştırma alanındaki tersiyer kanallardan aynı anda en fazla üç parsel sulanabilmektedir. Sekonderin sonunda bulunan Sa-25 tersiyerine yeterli miktarda su gelmediğinde sulamalar drenaj kanalında biriktirilen su ile yapılmaktadır. Bu nedenle, mevcut su miktarına göre bitki deseni belirlenmelidir. Planlı su dağıtımına önem verilerek özellikle sulamaların yoğunlaştığı dönemlerde, üreticilerin tersiyer kanallarda su bulması ve drenaj kanalından sulama yapmasına gerek kalmaması sağlanmalıdır. Bu bakımdan tersiyer kanalların su taşıma kapasitesi yeniden belirlenmeli, ek kanal yapılmalı, su alma yapıları yeniden düzenlenmelidir. Bitki desenine kuraklığa dayanıklı, su gereksinimi daha az ve ekonomik değeri yüksek yeni bitki çeşitlerinin katılması olanakları araştırılmalıdır.

Menemen Sol Sahil sulamasının tarla düzeyinde performans değerlendirmesinde, 2005 yılında yeterlilik “orta” ve etkinlik “iyi”; 2006 yılında ise yeterlilik “iyi” ve etkinlik “orta” sınıfta bulunmuştur. Tarla düzeyinde su dağıtımında yeterlilik açısından çok büyük sorunlar bulunmayan sistemde, üreticilerin yeterli miktarda sulama suyunu temin ettiklerinde suyu etkin kullanmadıkları belirlenmiştir. Tarlalara eşit su dağıtımının olmadığı sistemde pamuk sulamaları başlamadan önce sisteme verilen birikinti suyunun ve tersiyerlerdeki sulama fazlası suların gerektiğinde kullanılmak üzere drenaj kanallarında biriktirilmesi güvenilirliği artırmıştır. Menemen Sol sahil sulamasının tarla düzeyinde su dağıtım performansının istenen seviyeye gelmesi için su kullanımını etkin kılacak yeni kurumsal düzenlemeler ve yetkilendirmeler yapılmalıdır. Bu çerçevede, sulama birliği, DSİ, üniversiteler ve araştırma enstitülerinin koordinasyonu ile izleme ve değerlendirme birimi kurulabilir.

Tersiyer kanalların iletim randımanı bakım-onarım çalışmalarına bağlı olarak yıldan yıla değişmiş ve olması gereken %97 değerinden düşük bulunmuştur. Tersiyer kanallara atılan içi kum dolu çuvallar, taşlar, kanal kenarlarındaki kuruyan kamışların kanalette birikmesi vs. kanallarda düzenli su akımını engellemektedir. Ayrıca üreticilerin sifon ile su alma yerine kanaleti kırarak veya taş vb. materyallerle kanalın önünü tıkayarak su alması su iletim randımanını olumsuz etkilemektedir. İletim kayıplarına kanaletlerin su alım yerlerinde olan sızmalar, kanalette oluşan çatlak ve yarıklar da neden olmaktadır. Bu durum, sistemde her yıl düzenli ve bilinçli bakım ve onarım çalışmalarının yapılması ve ayrıca bu çalışmalara üretici katılımının da sağlanması ile düzelebilir. Tarımsal

yönden, özellikle sulama yönünden üreticiyi ve sulama birliği personelini eğitici kurslar düzenlenmeli, uygulanabilecek teknik yöntemler ve sonuçlar görsel olarak anlatılmalıdır.

Sulama alanında su ücretleri, bitki çeşidi ve ekilen alan üzerinden alınmaktadır. Bitkiye verilen sulama suyu miktarı ile sulama suyu ücreti arasında doğrudan bir ilişki kurulmadığından genellikle sulama randımanları istenilen düzeye yükselememekte aksine düşük kalmaktadır. Aşırı su kullanımını engellemek için su ücretlerinin alan üzerinden değil, kullanılan su hacmi üzerinden alınması önerilmektedir.

Araştırma sonuçlarına bakıldığında su uygulama randımanlarının sulama yöntemlerine, aynı sulama yöntemi içersinde de değişik bitki, bölge ve toprak yapısına bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Sonuçlardaki farklılığa çiftçinin sulama kültürü, yöresel sulama alışkanlıkları, eldeki sulama alet ve ekipmanları, tersiyer kanaldaki su miktarı, tarla parsellerinin tesviyesi gibi birçok faktör de etkili olmuştur. Araştırma alanında su ücretlerinin alan üzerinden alınması, fazla su kullanımını teşvik ettiğinden, özellikle yüzey sulama yöntemlerinin uygulandığı alanlarda, su uygulama randımanlarının düşük olmasına temel neden gösterilebilir. Araştırma alanında ana ürün pamuk sulamasında kullanılan border sulama yerine su uygulama randımanı daha yüksek olan göllendirmeli karık sulama yöntemi önerilebilir. Sulamalarda uygulanan su miktarının ölçülmediği bu gibi durumlarda göllendirmeli ardışık karık işletim biçiminin uygulanması soruna önemli ölçüde çözüm getirecektir. Ardışık göllendirmeli karık sulamasında, sulanacak karıktaki 0-90 cm toprak katmanındaki eksik nemi tarla kapasitesine çıkaracak miktarda su uygulanması durumunda %45'lik su tasarrufuna karşılık pamuk

veriminde %9 azalma olmaktadır (Gündüz ve Korkmaz, 2007). Su uygulama randımanı yüksek olan basınçlı sistemlerden damla sulama yöntemi, sulama suyunun yüksek oranda sediment ve yosun içermesi nedeniyle önerilmemektedir. Ayrıca, mevcut sulama sisteminde cazibeyle tarlaya alınan suyun basınçlı bir sistemle uygulanması durumunda ek enerji masrafına sebep olacaktır..

Su dağıtımının ve sulama uygulamalarının etkin bir şekilde yapılabilmesi için sekonder kanal, tersiyer kanal ve tarla düzeyinde saptırılan su miktarları mutlaka ölçülmeli, bunlara ilişkin sağlıklı kayıtlar tutulmalı ve saklanmalıdır. Alansal çözünürlüğü yüksek uydu görüntüleri ile izinsiz kullanılan yeraltı suyu kuyularının yerleri tespit edilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır. Sulama sisteminin su dağıtım performans değerlendirmesi yıl bazında yapılması performansı etkileyen aksaklıkları çok daha kısa sürede ve sağlıklı olarak ortaya koyması açısından önemlidir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile Menemen Sol Sahil sulama sisteminin tarla düzeyinde su dağıtım performansı ve sulama randımanları belirlenmiştir. Özellikle son yıllarda etkisini ciddi bir şekilde hissettiren kuraklık sorunu da dikkate alındığında, verim ile sulama suyu arasındaki ilişkiyi ortaya koyan, yeterli, etkin, güvenilir ve eşit su dağıtımını sağlayan, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri ile destekli modeller geliştirilmeli ve bu modellerin sulama birlikleri tarafından kullanılması sağlanmalıdır.

6. KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abdraimov, A.A. and Budarina, A.R.**, 1977, Results of Investigations and Nutritions Negimes of Cotton in Calodnola Steppe, SSR.
- Akkuzu, E.**, 2001, Aşağı Gediz Havzasındaki Bazı Sulama Sistemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Bornova-İzmir.
- Akkuzu, E., Aşık, Ş., Ünal, H.B., Karataş, B.S. ve Avcı, M.**, 2003, Menemen Sol Sahil Sulama Sistemi Su Dağıtımında Yeterliliğin ve Değişkenliğin Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi, 2003, 40 (3):97-104, ISSN 1018-8851, Bornova.
- Akkuzu, E. ve Karataş, B.S.**, 2004, İzmir İli Dahilindeki Sulama Birliklerinin Genel Sulama Planlarına Göre İşletim Performansı, Ege Üniversitesi. Ziraat Fak. Dergisi, 2004, 41(1):107-116, İzmir.
- Allen, M.F.E.**, 1985, Effect of the Method of Water Delivery and Operational Constraints on Irrigation System Capacity, Institute of Irrigation Studies, University of Southampton, England.
- Altuğlu, B.**, 1966, Menemen Ovası Sulama Şebekesi Sekonder Kanallarında Sızma Kayıpları, Tarım Bakanlığı Ege Bölgesi Menemen Sulu Ziraat Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, yayın no:21, Menemen.
- Amber, L.W and Galbraith, M.J.C.**, 2000, Using GIS as an Agricultural Land-Use Planning Tool, Virginia Agricultural Experiment Station Bulletin 00-2. www.vaes.vt.edu
- Anaç, S.**, 1979, Menemen Ovasında Sulama Faktörleri ile Karık ve Border Sulama Metodları Arasındaki İlişkiler Üzerinde Araştırmalar, E.Ü.Z.F. Dergisi, Cilt:16, No:3, İzmir, s.227-241.
- Anonim**, 1973, Gediz Projesi Menemen Sol Sahil Ovası Detaylı Arazi Tasnifi ve Drenaj Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.

KAYNAKLAR (devam)

- Anonim**, 1992, Aşağı Gediz Projesi Kelebek (Gökkaya) Baraj Sulama Alanı Planlama Revize Arazi Sınıflandırma ve Planlama Drenaj Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, II. Bölge Müdürlüğü, İzmir.
- Anonim**, 2001, İzmir İli Arazi Varlığı, Köy Hizmetleri Genel Müd. Yayınları, İl Rapor No:35, Ankara.
- Aronoff, S.**, 1989, An Introduction to Geographic Information System, WDL Publications, Ottawa, 294 s.
- Atış, E., Kenanoğlu Bektaş, Z., Günden, C. Gündoğdu, H.**, 2005, Sulama Sistemi Performansının Değerlendirilmesi ve Çevresel Faktörlerin Değerlendirmeye Dahil Edilmesi Üzerine Bir Araştırma, Ege Üniv. Bilimsel Araştırma Proje Kesin Raporu, Prj No:2003-Zrf-048.
- Avcı, M., Akkuzu, E., Ünal, H.B. ve Aşık, Ş.**, 1998, Bergama–Kestel Baraj Sulaması Performansının Değerlendirilmesi, Ege Böl. I. Tarım Kong, 7-11/09/1998, s. 62-69, Aydın.
- Avcı, M., Akkuzu, E., Kılıç, M. ve Karataş, B.S.**, 1999, Sekonder Sulama Kanalı Düzeyinde Su Dağıtım Eşitliği Üzerine Bir Araştırma, VII. Kültürteknik Kongresi. 11-14 Kasım 1999, s.29-33, Kapadokya.
- Ayvaz, İ.**, 1999, DSİ Sulama Tesislerinde İşletme ve Bakım Hizmetlerinin Faydalananların Kurdukları Örgütlere Devrinde Menemen Örneği, İzmir Su Kongresi, s. 297-303, İzmir.
- Balaban, A.**, 1970, Sulama Şebekelerinde Kanal ve Tarla Arkları Sızma Kayıpları, Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler, Ankara.
- Balçın, M., Ağırbaş, N., Karaata, H., Güleç, H. ve Aydın, O.**, 2000. Artova Çelikli Göleti Sulama Şebekesi Performansı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 2000, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Yayın No: 117, Ankara.

KAYNAKLAR (devam)

- Baran, T., Durnabaş, İ., Öziş, Ü. ve Gül, A.,** 1999, Ege Bölgesinin Yerüstü Su Potansiyeli, İzmir Su Kongresi, 4-5 Haziran 1999, İzmir, s.57- 73.
- Bastiaanssen, W.G.M., Molden, D.J., Thiruvengadachari, S., Smith, A.A.M.F.R., Mutuwatte,L. and Jayasinghe, G.,** 1999, Remote Sensing and Hydrologic Models for Performance Assessment in Sirsa Irrigation Circle, India, Research Report 27, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- Bastiaanssen, W.G.M. and Bos, M.G.,** 1999, Irrigation Performance Indicators Based on Remotely Sensed Data: a Review of Literature, Irrigation and Drainage Systems 13: 291-311.
- Bayrak, F.,** 1991, Samsun Yöresinde Sulamaya Açılan Alanlarda Su İletim Kayıpları ve Su Uygulama Randımanları, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Samsun Araştırma Enstitüsü, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yayın Özetleri, yayın no:96, s:222, Ankara.
- Bell, J.P. and Mcculloch, L.,** 1993, Soil Moisture Content, Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology, Technical Reports Series No:91, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- Benli, B. ve Beyribey, M.,** 1998, Eskişehir Sulaması Sağ Sahil Sulama Alanında Sistem Performansının Değerlendirilmesi, Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bitkileri Bölümü-Ankara. <http://www.agri.ankara.edu.tr/tarimbilimleri/cilt41.htm>
- Beyazgül, M., Kayam, Y., Özder, E. ve Burto, M.,** 1999, Gediz Havzası Sulama Şebekelerinde Performans Değerlendirmesi, VII. Kültürteknik Kongresi, 11-14 kasım 1999, s 55-67, Kapadokya.
- Beyazgül, M., Kayam, Y. ve Gündüz, M.,** 2001, Plastik Malçlama Tekniği ile Erken Ekimin Pamukta Su Tasarrufuna, Verime ve Kalite Üzerine Etkileri, Köy Hizmetleri Genel Müd., Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müd, yayın no:119, s:166-182, Ankara.

KAYNAKLAR (devam)

- Beyribey, M.**, 1989, Konya-Alakova Yeraltısuyu İşletmesinde Su Dağıtım ve Kullanım Etkinliği, A.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi (yayınlanmamış), Ankara.
- Beyribey, M. ve Şahin, L.**, 1990, Konya Alakova Sulama Alanında 1989 Yılı Sulama Sonuçlarının Bilgisayarla Değerlendirilmesi, DSİ Teknik Bülteni, sayı 72.
- Beyribey, M., Erdoğan, F.C., Çakmak, B. ve Aküzüm, T.**, 1997, Katılımcı Sulama Yönetimi ve Sulama Birliklerinde Sistem Performansının Değerlendirilmesi, 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, Kirazlıyayla-Bursa, s. 162-171.
- Beyribey, M. ve Tatlıdil, F.F.**, 1999, Ereğli İvriz sağ Sahil Sulama Birliğinde Sulama Sistem Performansının Değerlendirilmesi, Ziraat Dünyası, Türkiye Ziraatçılar Derneği, Sayı: 448, s: 28-32, Ankara.
- Bocco G., Mendoza M. and Velázquez A.**, 2001, Remote Sensing and GIS-Based Regional Geomorphological Mapping-A Tool For Land Use Planning in Developing Countries, Elsevier Geomorphology Vol.39, 211-219 p.
- Bos, M.G. and Nugteren, J.**, 1990, On Irrigation Efficiencies, International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI) ILRI Publication19, Wageningen, The Netherlands: 138 p. Revised 1990.
- Bouyoucos, G.J.**, 1962, Hydrometer Method Improved For Making Particle Size Analysis of Soil, Agronomy Journal Vol. 54, No:5.
- Braunworth, W.S. and Mack, H.J.**, 1990, Crop Water Production Functions for Sweet Corn, Journal of the American Society for Horticultural Science, 114:2, p:210-215, USA.
- Brewer, J.D., Sakthivadivel, R. and Raju, K.V.** 1997, Water Distribution Rules and Water Distribution Performance: A Case Study in the Tambrapani System, IWMI Research Report 12, India.

KAYNAKLAR (devam)

- Burt, C., Clemmens, A.J., Strelkoff, T.S., Solomon, K.H.,** 1997, Irrigation Performance Measures; Efficiency and Uniformity, Irrigation and Drain. Engin. 123 (6): 423-442.
- Büyükçangaz, H. ve Demirtaş, Ç.,** 2003, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Ortamında Farklı Yüzey Modellerinin Oluşturulması: Bursa-Mustafakemalpaşa Sulama Projesi Alanı Örneği, Uludağ Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi (2003) 17 (1): 159-169.
- Carneiro, C. and De Jong, E.,** 1985, In Determination of Slope the Calibration Curve of a Neutron Probe Using a Volumetric Technique, Soil Science, Vol.139(3):250-254.
- Clemmens, A.J.,** 1991, Irrigation Uniformity Relationships For Irrigation System Management, J. of Irr. and Drain Engin. 117(5): 682-699.
- Cuenca, R.H.,** 1989. Irrigation System Design, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 552s.
- Çakmak, B.,** 1994, Konya-Çumra Sulamasında Su Dağıtım ve Kullanım Etkinliği, Doktora tezi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çakmak, B., Aküzüm, T., Çiftçi, N., Zaimoğlu, Z., Acar, B., Şahin, M. ve Gökalp, Z.,** 2007, Su Kaynaklarının Geliştirme ve Kullanımı, <http://www.zmo.org.tr>, Erişim tarihi: 08.10.2007.
- Çamoğlu, Ç., Karataş, B., Ölgün, K. ve Aşık, Ş.,** 2006, Taban Suyu Tuzluluğunun Coğrafi Bilgi Sistemi Ve Jeostatistiksel Yöntemler İle Değerlendirilmesi, www.sulama-tuzlanma.org, Erişim tarihi:2007.
- Çetin, M. ve Diker, K.,** 2003, Assessing Drainage Problem Area by GIS: A Case Study in the Eastern Mediterranean Region of Turkey, Irrigation and Drainage 52:343-353, John Wiley & Sons, Ltd.

KAYNAKLAR (devam)

- Çetiner, S., Korkmaz, H. ve Kite, G.,** 1999, Hidrolojik Modellerden Slurp Programının Gediz Havzasına Uygulanması, VII. Kültürteknik Kongresi, 11-14 Kasım 1999, Kapadokya, s. 274-279.
- Çullu, M.A.,** 2003, Estimation of the Effect of Soil Salinity on Crop Yield Using Remote Sensing and Geographic Information System, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, Vol. 27, No:1,p: 23-28
- Değirmenci, H.,** 1997, Sulama Yönetiminde İzleme ve Değerlendirmenin Etkinliğı  zerinde Bir Araştırma, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Bursa.
- Değirmenci, H.,** 2004, Kahramanmaraş Bölgesinde Bazı Sulama şebekelerinin Karşılaştırma Göstergeleri İle Değerlendirilmesi, KSU Journal of Science and Engineering, 7(1)-2004.
- Değirmenci, H.,** 2007, Sulama Yönetimi ve Sorunları, KS  Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Kahramanmaraş. www.bahcesel.com, Erişim tarihi: 12.09.2007.
- Derviş,  .,** 1986, Çukurova Koşullarında Buğdaydan Sonra İkinci  r n Mısıрын Su Tüketimi, Köy Hizmetleri Tarsus Arş. Ens. M d., Genel Yayın No:106, Tarsus.
- Droogers, P., Kite, G. and Murray-Rust, H.,** 2000a, Use of Simulation Models to Evaluate Irrigation Performance Including Water Productivity, Risk and System Analyses, Irrigation Science (2000) 19, pp.139-145.
- Droogers, P., Bastiaanssen, W.G.M., Beyazgül, M., Kayam, Y., Kite, G. and Murray-Rust, H.,** 2000b, Distributed Agro-Hydrological Modeling of an Irrigation System in Western Turkey, Agricultural Water Management, Vol 43, no 2, pp. 183-202.
- DSİ,** 2001, Planlı Su Dağıtım Uygulama Raporları, DSİ II.Bölge Müdürlüğü, İzmir.

KAYNAKLAR (devam)

- Erdem, T. ve Alput, S.,** 1997, Bitki Deseni ve Su Dağıtım Yöntemlerinin Sulama Şebekelerinin Yönetimine Olan Etkilerinin Araştırılması, 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, Kirazlıyayla- Bursa, s. 354-362.
- Erkan, A.Z.,** 1995, Sulama Sistemlerimizde İzleme, Değerlendirme ve Geri Bilgilendirme Sistemi Bünyesinde Yer Alan Performans Göstergelerini İnceleme Gereği, Tarımda su Yönetimi ve Çiftçi Katılımı Sempozyumu, 5-7 Haziran 1995, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara, s.127-134.
- Ertem, Z.H.,** 1994, Menemen Sulaması Taban Suyu Kontrol Raporu, DSİ II.Bölge Md. 21. Şube Md. Menemen İşl. ve Bkm Müh., İzmir.
- Ertaş, M.R.,** 1980, Konya Ovası Sulama Şebekesi Alanında Su Nakil Kayıpları ve Su Uygulama Randımanları, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yayın Özetleri, yayın no:96, s:201, Ankara.
- Espejel I., Fischer D.W., Hinojosa A., Garcia C. and Leyva C.,** 1999, Land Use Planning for The Guadalupe Valley, Baja California, Mexico, Landscape and Urban Planning, USA, 45: 219-232p.
- Fradkin, K. and Doytsher, Y.,** 2002, Establishing an Urban Digital Cadastre: Analytical Reconstruction of Parcel Boundaries, Computers, Environment and Urban Planning (to be published).
- Gençoğlu, C. ve Yazar, A.,** 1999, Kısıntılı Su Uygulamalarının Mısır Verimine ve Su Kullanım Randımanına Etkileri, Tr. J. of Agriculture and Forestry, 23 (1999) s: 233-241.
- Gerçek, S.,** 1999, Şanlıurfa-Harran Ovası Fırat Sulama Birliği Sahasındaki Sulama Suyu Dağıtım ve Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi, Doktora tezi, T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

KAYNAKLAR (devam)

- Girgin, A., Geçgel, G., Gül, S. ve Özder, E.,** 1999, Menemen Sulama Şebekesinin Sulama Birliklerine Devri Öncesi ve Sonrasında Su Yönetimine İlişkin Bazı Değerlendirmeler, S. 34-35, VII. Kültürteknik Kongresi, 11-14 kasım 1999, Kapadokya.
- Guinn, G., Mauney, J.R., Ery, K.E.,** 1980, Irrigation Scheduling and Plant Population Effects on Growth, Bloom Rates, Boll Abscission and Yield of Cotton Agronomy Vol:73, No:3, p:529-634, USA.
- Günbatılı, F.,** 1979, Tokat-Kazova Koşullarında Mısırın Su Tüketimi, Topraksu Genel Müdürlüğü, Tokat Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü yayınları, Genel yayın no:33, rapor seri no:21, Tokat.
- Gündüz, M. ve Korkmaz, N.,** 2007, Göllendirmeli ve Ardışık Göllendirmeli Karık İşletim Biçimlerinin Pamuk Bitkisinde Karşılaştırılması, III.Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, 10-14.Eylül 2007, s: 679-690, Gümüşdüz-İzmir.
- Gündüz, M., Korkmaz, N., ve Şen, S.,** 2008, Güney Marmara Koşullarında Mısırın Su-Verim İlişkisi, Ege Tarımsal Arş. Ens. Müd, Yayın No:132, Menemen-İzmir.
- Güngör, Y., ve Yıldırım. O.,** 1987, Tarla Sulama Sistemleri, A.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları, No:1155. Ankara.
- Güngör, Y., Ersözel, A.Z. ve Yıldırım, O.,** 1996, Sulama, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1443, Ders Kitabı:424.
- Hales, A.L. and Burton, M.A.,** 2000, Using the IRRMOS Model for Diagnostic Analysis and Performance Enhancement of The Tio Cobre Irrigation Scheme, Jamaica, Agricultural Water management. Vol.45, p.185-202.
- Hart, W.E., Pen, G. and Skogerboe, G. W.,** 1979, Irrigation Performance and Evaluation, ASCE, Journal of Irrigation and Drainage Division, USA.

KAYNAKLAR (devam)

- Holmes, J.W., Taylor, S.A., Richards, S.J.**, 1967, Measurement of Soil Water, "Irrigation of Agricultural Lands, Ed.R.M. Hagan et al." ASA pub. 11, Madison, Winconsin.
- Jahromi, S.s., Depeweg, H. and Feyen, J.**, 2000, Water Delivery Performance in the Doroodzan Irrigation Scheme, Iran, Irrigation and Drainage Systems 14: 207-222.
- Jensen, E.M., Swarner, L.R. and Phelan, J.T.**, 1967, Improving Irrigation Efficiencies, Irrigation of Agricultural Lands, American Society of Agronomy, Publisher Madison Wisconsin, USA 1967.
- Jurriens, M.**, 1993, Monitoring of Irrigation Systems Operation Advances in Planning, Design and Management of Irrigation Systems as related to Sustainable Land Use. Proceedings of an International Conference, 14-17 September 1992, p:515-523, Belgium.
- Karagüllü, E., Sherill, D., Harrison, J.**, 1998, Bilgi Teknolojisi Yönetim Planı, Veri tabanı Tasarımı ve CBS Uygulamalarının Geliştirilmesi Projesi, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Merkezi, Ankara.
- Karataş, B.S.**, 2006, Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama Teknikleriyle Menemen Sulama Sistemi Performansının Değerlendirilmesi, Doktora tezi, Ege Üniversitesi Tarımsal yapılar ve Sulama Anabilim dalı, Bilim dalı Kodu:501.04.01, İzmir.
- Kayam, Y. ve Korkmaz, N.**, 2005, Bitki İçsel Su Düzeyini ve Yaprak Yüzey Sıcaklığını Ölçen Tekniklerin Pamuk Sulamasında Kullanılması, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Menemen Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü, Yayın No: 142, Menemen-İzmir.
- Keller, J.**, 1967, Irrigation Handbook for Irrigation Engineers, W.R. Amers Company, Printed in the USA.

KAYNAKLAR (devam)

- Khepar, S.D., Gulati, H.S., Yadav, A.K. and Brar, T.P.S., 2000,** A Model for Equitable Distribution of Canal Water, Irrigation Science (2000) 19: 191-197.
- Kılıç, M., 2004,** Sulama Şebekelerinde En İyi Su Dağıtımının Doğrusal Olmayan Programlama Yöntemi ile Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Doktora tezi, İzmir.
- Kılıç, M. ve Özgürel, M., 2005,** Tersiyer Kanal Düzeyindeki Bir Sulama Ünitesinde Kaynak Seviyeleme ve Sulamanın Optimizasyonu, Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 42(2):97-108, ISSN 1018-8851.
- Kite, G., Droogers, P., Çetiner, S. ve Korkmaz, H., 1999,** Havza Su Kaynakları Yönetimi, İzmir Su Kongresi, 4-5 Haziran, İzmir, s.11.
- Korkmaz, N., Avcı, M. ve Gündüz, M., 2007,** Menemen Sol Sahil Sulamasında Su Dağıtım Performansının Değerlendirilmesi, III. Ulusal Su Kongresi, s: 667-677, Gümüşdör-İzmir.
- Kurucu, Y., Atiwag, J.A. and Isse, A., 1991,** Use of Remote Sensing Techniques for Soil Survey of Humilladero Area Malaga-Spain, International Institute For Aerial Survey and Earth Sciences (ITC), Holland.
- Levine, G., 1982,** Relative Water Supply: An Explanatory Variable for Irrigation Systems, Technical Report No:6, Cornell University, Ithaca, New York.
- Levine. D., Cruz Galvan, A., Garcia, D., Garces-Restrepo, C. and Johnson III, S., 1998,** Performance of Two Transferred Modules in The Lagunera Region: Water Relations, IWMI Research Report 23, Colombo, Sri Lanka 15 p.
- Little, G.E., Hills, D.J. and Hanson, B.R., 1993,** Uniformity in Pressurized Irrigation Systems Depends on Design, Installation. California Agriculture, 47(3).

KAYNAKLAR (devam)

- Malano, H.M., Boonlue, C. and McMahon, T.A.,** 1993, Developing An Improved Operational Strategy for The Thup-Salano Irrigation System, Thailand, Irrigation and Drainage Systems, Vol. 7, pp: 205-220.
- Manz, D.H.,** 1991, Performance Evaluation of Irrigation Conveyance Systems Using Dynamic simulation models.
http://www.unesco.org.uy/phi/libros/efficient_water/wmanz.html
- Marikar, F., Wilkin-Wells, J., Smolnik, S. and Sampath, R.K.,** 1992, Irrigation System Performance and Its Impact on Crop Productivity in Sri Lanka, International of Journal Water Resources Development, Vol.8, No: 4, p.226-234.
- Menemen Sol Sahil Sulama Birliği.,** 2005, Bitki Deseni Kayıtları, Sol Sahil Sulama Birliği, Menemen-İzmir.
- Menemen Sol Sahil Sulama Birliği.,** 2006, Bitki Deseni Kayıtları, Sol Sahil Sulama Birliği, Menemen-İzmir.
- Menenti, M. and Visser, T.,** 1989, Appraisal of Irrigation Performance with Satellite Data and Georeferenced Information, Proceeding of the International Conference Held at The University of Southampton, 12-25 Sept. 1989.p.785-801.
- Merdun, H.,** 2004, Comparison of Irrigation Performance Based on the Basin, Crop Pattern and Scheme Sizes using External Indicators, Turkish Journal of Agriculture and Forestry 28 (2004) 321-331.
- Merry, D.J., Valera, A. and Dassenaik, L.,** 1993, Does Assessing Irrigation Performance Make a Difference?: Results from a Comparative Study Three Irrigation Systems, Quarterly Journal of International Agriculture, 33 (3), 276-293.
- Molden, D.J. and Gates, T.K.,** 1990, Performance Measures for Evaluation of Irrigation Water Delivery Systems, Journal Of Irrigation. and Drain. Eng., Vol: 116 (6), p. 804-823.

KAYNAKLAR (devam)

- Molden, D.J., Sakthivadivel, R., Perry, C.J., Fraiture, C. and Klozen, W.H.**, 1998, Indicators for Comparing Performance of Irrigated Agricultural Systems, IWMI Research Report No 20, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- MTSKAE**, 2006, Menemen 2006 Su Yılı Hidrometeorolojik Rasat Verileri, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Menemen Toprak ve Su Kaynakları Arş. Enst. Müd., Genel Yayın No: 229, Menemen.
- Myint, O.**, 1991, Kimmundaung Irrigation Project: A Case Study of Improved Irrigation System Performance, Improved Irrigation System Performance for Sustainable Agriculture, Proceedings of the Regional Workshop Organized FAO in Bangkok 22-26 October 1990, p.205-216
- Ocak, İ.**, 2000, Şanlıurfa-Harran Ovası Merkez Sulama Birliği Su Dağıtım Sisteminin Yeterliliğinin Araştırılması, Tezli Yük. Lisans.
- Oylukan, Ş.**, 1970, Eskişehir Alpu Ovası Sulama Şebekesinde Yapılan Sulamalarda Sulama Tespit Testi, Topraksu Genel Müdürlüğü, Eskişehir Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Yayın No:67, Eskişehir.
http://www.trakya.edu.tr/kutuphane/Tezler/Fen_Bilimleri
- Oylukan, S. ve Güngör, H.**, 1975, Orta Anadolu'da Mısır Su Tüketimi, Eskişehir Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 129, Rapor Seri No: 88, Eskişehir.
- Öğretir, K.**, 1981, Çifteler DSİ Sulama Şebekesinde Su İletim Kayıpları ve Sulanan Alanlarda Su Uygulama Randımanları, Topraksu Genel Müdürlüğü, Eskişehir Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Yayın No:164/124, s.57-60, Eskişehir.
- Öğretir, K.**, 1992, Investigation of Field Application Efficiency and Canal Losses. Improved Methodologies for Irrigation Water Management, Project TCP/TUR/0152 Workshop Vol:1 Papers. Eskişehir.p.13-37.

KAYNAKLAR (devam)

- Öğretir, K. ve Beyribey, M.**, 1997, Eskişehir DSİ Sulama Şebekesinde Sistem Performansının Değerlendirilmesi, KHGM Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Eskişehir.
- Özçelik, A., Tanrıvermiş, H., Gündoğmuş, E. ve Turan, A.**, 1999, Türkiye’de Sulama İşletmeciliğinin Geliştirilmesi Yönünden Şebekelerin Birlik ve Kooperatiflere Devri İle Su Fiyatlandırma Yöntemlerinin İyileştirilmesi Olanakları, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Yayınları, Yayın No: 32. Ankara.
- Özkara, M.M. ve Şahin, A.**, 1993, Ege Bölgesinde Farklı Sulama Programlarının Nazilli 84 ve Nazilli 87 Pamuk Çeşidinin Verim ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkileri, Köy Hizmetleri Genel Müd, Menemen Arş Enst. Müd, Genel Yayın No:193, Rapor Serisi No: 127, Menemen.
- Palmer, J.D.**, 1990, Ö Delivering Appropriate Quantities of Water to the Farm, ASCE Irrig. and Drain. Div. Spec. Conf., Irrigation and Drainage, 242-249.
- Peerbocus, M.A. and Jomier, G.**, 2002, The Management of Cadastral Evolution. Computers, Environment and Urban Systems (CEUS), Elsevier Science Ltd., 2002.
- Plusquellec, H.L., Mc Phail, K. and Polti, C.**, 1990, Review of Irrigation System Performance with Respect to Initial Objectives, Irrigation and Drainage System 4:313-327, The Netherlands.
- Pratt, C., Chaussod, R., Leveque, J. and Andreux, F.**, 1965, Long-term Effects of Metal Containing Farmyard Manure and Sewage Sludge on Soil Organic Matter in a Fluvisol, Soil Biology and Biochemistry 37(4):673-679.
- Raji. B.A.**, 2003, Agricultural Landuse Planning and Management in Kadawa Irrigation Schema, Kano State, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture/Institute for Agricultural Research, Ahmedu Bello University, Nigeria. <http://www.nasrda.gov.ng/>

KAYNAKLAR (devam)

- Ralphs, M., and Wyatt, P.**, 1998, The Application of Geographic and Land Information Systems to the Management of Local Authority Property, the Journal of Property Management, 16,2, pp:83-91.
- Ranjbar, H.B.**, 1989, Ankara Köprüköy Sulamasında Su Kullanım ve Dağıtım Etkinliğinin Saptanması, Doktora Tezi. A.Ü: Fen Bilimleri Enst. Kültürteknik Ana Bilim Dalı, Ankara.124s.
- Rao, P.S.**, 1993, Review of Selected Literature on Indicators of Irrigation Performance, IWMI, Colombo, 75p.
- Richards, L.A.**, 1954, Diagnosis and Improvement of Saline and Alcaly Soil, Agricultural Hand book No: 60, USA.
- Rijo,M. and Almedia, A.B.**, 1993, Performance of An Automatic Upstream Controlled Irrigation System: Conveyance Efficiencies, Irrigation and drainage Systems 7:161-172.
- Rogers, D.H., Lamm, F.R., Alam, M., Trooien, T.P., Clark, G.A., Barnes, P.L. and Mankin, K.**, 2008, Efficiencies and Water Losses of Irrigation Systems, www.oznet.ksu.edu/library
Erişim tarihi: 24.07.2008
- Sağlam, M.T., Bahtiyar, M., Cangir, C. ve Tok, H.H.**, 1993, Toprak Bilimi, Trakya Üniv. Tekirdağ Ziraat. Fakültesi, Toprak Bölümü, Ders Kitabı, Tekirdağ.
- Sakthivadivel, R., Thiruvengadachari, S., Amerasingh, U., Bastiaanssen, W.G.M. and Molden, D.**, 1999a, Performance Evaluation of the Bhakra Irrigation System, India, Using Remote Sensing and GIS Techniques, IWMI Research Report 28, Colombo, Sri Lanka, 22p.
- Sakthivadivel, R., Fraiture, C., Molden, D.J., Perry, C.J. and Klozen, W.H.**, 1999b, Indicators of Land and Water Productivity in Irrigated Agriculture, International of Journal Water Resources Development, Vol.15, No: 1-2, p.161-179.

KAYNAKLAR (devam)

- Sharma, D.N. and Oad, R.**, 1990, Variable-Time Model for Equitable Irrigation Water Distribution, Agricultural Water Management 26:213-225 Pp.
- Smith, M.**, 1991, Introduction to Irrigation Systems Performance: Comparative Analysis of Case Studies, Improved Irrigation System Performance for Sustainable Agriculture, Proceedings of the Regional Workshop Organized FAO in Bangkok 22-26 October 1990, P.25-35.
- Soğancı, A.**, 1999, Konya-Doğanhisar Yazlıca Göleti Sulama Ağı Etkinliğinin Değerlendirilmesi, KHGM Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1998, Yayın No:108, s:204-219, Ankara.
- Solomon, K.H.**, 1984, Yield Related Interpretation of Irrigation Uniformity and Efficiency Measures, Irrigation Scie,5(3): 161-172.
- Şahin, L.**, 1984, Aşırı Su Kullanımı ve Tabansuyu, 1.Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, s. 306-319, Adana.
- Şahin, A. ve Ekşi, I.**, 1998, Pamuk Tarımı, Nazilli Pamuk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın no:50,50s, Nazilli.
- Şahinler, Z.Ç. ve Gündoğdu, K.S.**, 2002, Bursa Ovası Yeraltısuyu Sulamasında Çiftçi Sulamalarının Değerlendirilmesi, Uludağ Üniv. Zir. Fak.Derg. (2002) 16: 97-104, Bursa.
- Şener, S.**, 1976, Menemen Ovası Sulama Şebekesinde Su Naklinde Meydana Gelen Kayıplar Üzerine Araştırmalar, Topraksu Genel Müdürlüğü Genel Yayın No: 47, İzmir.
- Şener, S.**, 1978, Menemen Ovası Sulama Şebekesinde Sulama Randımanlarının Saptanması, Topraksu Genel Müdürlüğü Genel Yayın No: 56, İzmir.

KAYNAKLAR (devam)

- Şener, S.**, 1995, Menemen Ovası Koşullarında Farklı Sulama Yöntemleriyle Sulamanın Pamuk Verimine ve Su Kullanımına Etkileri, Menemen Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel yayın No: 213, Menemen-İzmir.
- Şener, M. ve Yüksel, A.N.**, 2005, Hayrabolu Sulamasında Su Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi, Tekirdağ Ziraat fakültesi Dergisi, 2005 2(2), www.trakya.edu.tr
- Şener, M., Yüksel, A.N. ve Konukçu, F.**, 2007, Evaluation of Hayrabolu Irrigation Scheme in Turkey Using Comparative Performance Indicators, Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 2007 4(1).
- Tarım ve Köyişleri Bakanlığı**, 2001, Türkiye Sulama Raporu, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayını, Ankara.
- Tekinel, O., Ünlü, M., Topaloğlu, F. ve Kanber, R.**, 2002, GAP Yöresinde Su Kullanımı ve Tuzluluk. Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu, 18-20 Eylül 2002, Antakya-Hatay.
- Tuğaç, M., Torunlar, H. ve Peşkircioğlu, M.**, 2001, Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknikleri Kullanılarak Tarımsal Veri Tabanı Oluşturulması ve Arazi Kullanım Planlaması Yapılması, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- Topraksu**, 1971, Menemen Ovası Temel Toprak Etüdü, Topraksu Genel Müd. Toprak ve Etüt Haritalama Dairesi, 236, Ankara.
- Topraksu**, 1974, Gediz Havzası Toprakları, Topraksu Genel Müd. Toprak ve Etüt Haritalama Dairesi, 302, Ankara.
- Tüzüner, A.**, 1981, Alçı Blokları, Tansiyometre ve Nötronmetrelerin Sulama Zamanının Belirlenmesinde Kullanma Olanaklarının Araştırılması, Toprak Gübre Araş. Enst. Müd. Yay. Gen. Yay. No:97, tek. Yay. No:52, Ankara.

KAYNAKLAR (devam)

- Tüzüner, A., Kurucu, N., Gedikoğlu, İ., Börekçi, M., Sönmez, B. ve Açar, A.,** 1990, Toprak ve Su Analiz Laboratuarları El Kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Uçan, K. ve Yüksel, A. N.,** 2000. Kahramanmaraş Sulamasında Sulama Suyu Etkinliğinin Belirlenmesi, Fen ve Mühendislik Der, 2000, Cilt 3, Sayı 1, s: 120.
- U.S. Soil Survey Staff,** 1951, Soil Survey Manuel, U.S. Dept, Agr. Handbook 18. U.S. Govt. Printing Office, Washington D.C. USA.
- U.S. Salinity Laboratory Staff,** 1954, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Agri. Handbook No: 60, USA.
- Ünal, H.B., Şahin, A. ve Ayvaz, İ.,** 1999, İzmir-Menemen Ovası Sulama Tesislerinin Yapısal Yeterliliği Üzerine Bir İnceleme, VII. Kültürteknik Kongresi, 11-14 Kasım 1999, s 46-54, Kapodokya.
- Ünal, H.B., Aşık, Ş., Avcı, M., Yaşar, S., Akkuzu, E.,** 2004, Performance of Water Delivery System at Tertiary Canal Level: a Case Study of the Menemen Left Bank Irrigation System, Gediz Basin, Agricultural Water management, 65(2004):155-171, Turkey.
- Walsh, S.J.,** 1988, Geographic Information Systems: An Instructional Tool for Earth Science Educators, Journal of Geogr. 87 (1): 17-25.
- Wolters, W.,** 1992, Influences on the Efficiency of Irrigation Water Use, ILRI publication no. 51. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands.
- Yazgan, S. ve Değirmenci, H.,** 2002, Sulama Projelerinin Başarılarının Değerlendirilmesinde Kullanılan Etkinlik Göstergeleri: Bursa Yeraltı Sulaması Örneği, Turkish Jour. of Agriculture and Forestry Turkish Jour. of Agriculture and Forestry 26 (2002), 93-99.

KAYNAKLAR (devam)

Yomralıoğlu, T., 2000, Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. KTÜ, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 479 s, Trabzon.

Yoshida, K., Tanji, H., Somura, H., Toda, O. and Higuchi, K., 2004, Evaluation of Irrigation Efficiency at KM6 Project Site, Laos, Asia Oceania Geosciences Society. www.wrrc.dpri.kyoto-u.ac.jp

ÖZGEÇMİŞ

Nil KORKMAZ, 1962 yılında İzmir ilinde doğdu. İlköğrenimini Aydoğdu İlkokulu'nda, orta ve lise öğrenimini Karşıyaka Kız Lisesi'nde tamamladıktan sonra, 1981 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü'ünde lisans öğrenimine başladı ve 1985 yılında mezun oldu. Aynı yılda mezun olduğu bölümde başladığı yüksek lisans öğrenimini 1988 yılında tamamladı. 1990 yılında Siirt Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü Etüt ve Proje Şubesinde göreve başladı. Batman ve Afyon Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü Etüt ve Proje Şubesinde çalıştı.

1997 yılından beri Menemen Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nde çalışmaktadır.