

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**AKÇAY SOL SAHİL SULAMA BİRLİĞİ
BÜNYESİNDE YETİŞTİRİLEN BİTKİLER İÇİN
EN UYGUN SULAMA ZAMAN PLANLAMASI**

Hatice GÜRGÜLÜ

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 501.04.01

Sunuş Tarihi: 26.12.2007

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Ali UL

Bornova – İZMİR

KABUL VE ONAY LİSTESİ

Sayın Hatice GÜRGÜLÜ tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak sunulan “**Akçay Sol Sahil Sulama Birliği Bünyesinde Yetiştirilen Bitkiler İçin En Uygun Sulama Zaman Planlaması**” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 26.12.2007 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

İmza

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Mehmet Ali UL	
Raportör Üye: Prof. Dr. Ferit DORSAN	
Üye : Doç. Dr. Necdet DAĞDELEN	

ÖZET

AKÇAY SOL SAHİL SULAMA BİRLİĞİ BÜNYESİNDE

YETİŞTİRİLEN BİTKİLER İÇİN

EN UYGUN SULAMA ZAMAN PLANLAMASI

GÜRGÜLÜ, Hatice

Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Mehmet Ali UL

Aralık 2007, 95 sayfa

Tatlı su kaynaklarının en çok tüketildiği tarım sektöründe, su tasarrufu sağlamaya yönelik önlemler son yıllarda büyük önem kazanmış ve bunlar arasında sulama programı çalışmaları ön plana çıkmıştır. Bu nedenle, su kaynaklarının etkin kullanımına yönelik olarak, bitki su-verim ilişkisi yanında su-gelir ilişkisi ve kısıtlı sulama programlarına yönelik araştırmalar giderek önem kazanmaktadır.

Ülkemizde sulu tarımdan beklenen üretim artışı istenilen düzeyde gerçekleşmemektedir. Sulama projeleri hazırlanırken belirli alanların sulanması amaçlanmakta, ancak alanların sulanmasında değişen koşullara ilişkin alternatif programlar hazırlanmamaktadır. Oysaki sulamadan beklenen yararın ve verim artışının sağlanabilmesi, her şeyden önce, bitkinin suya gereksinim duyduğu zamanın, her sulamada verilecek su miktarının ve sulama süresinin gerçeğe yakın olarak belirlenmesine bağlıdır. “Sulama Zamanının Planlanması” olarak adlandırılan bu işlem, gerek su kaynaklarının tüm bitki gelişimi süresince yeterli olduğu yörelerde ve gerekse su kaynaklarının kısıtlı bulunduğu durumlarda,

sulama uygulamalarının en önemli ögesini oluşturmaktadır. Çünkü sulama zamanı planlaması yapılmadan gerçekleştirilen bir sulama, su kaynağının kısıtlı olduğu yerlerde suyun optimum şekilde kullanılmasını engellerken, su kaynağının yeterli olduğu yerlerde aşırı sulamanın yol açtığı olumsuz etkileri ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, çağımızda bitkisel üretimde su kullanımının etkin bir biçimde planlanması zorunlu duruma gelmiştir.

Bu çalışmada, büyük bir tarım potansiyeline sahip olan Büyük Menderes Havzası içerisinde yer alan Akçay Sol Sahil Sulama Birliği bünyesinde yetiştirilen bazı bitkiler için sulama zamanı planlaması gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Sulama zamanının planlanmasında kullanılan toprak-su bütçesi yaklaşımı, yöre koşullarına uygun sulama planlarının elde edilmesinde ve farklı koşullarda (yeterli ve kısıtlı sulama) ortaya çıkacak değişimlerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu amaca yönelik olarak çalışmada, Büyük Menderes Havzası'nda yer alan Akçay Sol Sahil Sulama Birliği için referans bitki su tüketimi değerleri Penman (FAO Modifikasyonu) yöntemi ile hesaplanarak Belçika'da K.U. Leuven Üniversitesi tarafından geliştirilen IRSIS bilgisayar yazılımı kullanılarak sulama zaman planları belirlenmiştir (Raes et al. 1988). Çiftçilerin sulamada, özellikle de sulama zamanı ve uygulanacak su miktarı konusunda birçok sorunla karşılaştığı bilinmektedir. Bu açıdan araştırmada elde edilen sonuçların yöre çiftçilerini sulama konusunda aydınlatacağı ve ilgili teknik elemanlara rehber olacağı düşünülmektedir.

Anahtar sözcükler: Akçay Sol Sahil Sulama Birliği, sulama zaman planlaması, sulamanın programlanması, IRSIS.

ABSTRACT**APPROPRIATE IRRIGATION SCHEDULING FOR CROP****PATTERN OF AKÇAY LEFT BANK IRRIGATION****ASSOCIATION**

GÜRGÜLÜ, Hatice

MSc in Agricultural Structures and Irrigation Department

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Ali UL

December 2007, 95 pages

In recent years, some measures were taken in order to provide water saving in the agriculture sector which is one of the major fresh water consumer. Implementation of irrigation scheduling practices in irrigated agriculture is of prime importance among these measures taken. Therefore, plant-water-yield relationships, water vs. income relations and deficit irrigation practices are getting more importance towards making effective use of water resources.

In Turkey, the production increase in irrigated agriculture is not at expected level. By irrigation projects it was aimed to irrigate some certain areas, but no alternative plans are existing for possible changes of conditions. However, expected benefit and production increase are dependent on determination of proper timing and duration of irrigation, and applying adequate amount of irrigation water to the plant. This activity called as “Irrigation Scheduling” is the most important component of irrigation practices either in water-abundant or in water-short regions. Irrigation activity without irrigation scheduling, prevents

optimum usage of water in case of water shortage or exhibits negative effects of excessive water use in case of water abundance. For this reason, planning effective water use in crop production is inevitable.

In this study, it is aimed to prepare irrigation scheduling models for some plants grown in crop pattern of Akçay Left Bank Irrigation Association situated in Buyuk Menderes River Basin with a great agricultural potential. Soil-water budget approach implemented in irrigation scheduling is used to determine the irrigation plans compatible with the local conditions and the possible variations under different conditions such as adequate water and deficit irrigation. Reference evapotranspiration values were calculated by IRSIS software developed in K.U. Leuven University of Belgium using Penman-FAO Modification Method for plants grown in Akçay Left Bank Irrigation Association situated in Buyuk Menderes River Basin. It is known that the farmers are facing problems in irrigation especially in irrigation timing and amount of irrigation water to be applied. In this point of view, the results obtained in this study will guide the local farmers and technical staff in irrigation sector.

Keywords: Akçay Left Bank Irrigation Association, planning irrigation time, irrigation scheduling, IRSIS.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince değerli görüşlerinden yararlandığım sayın hocam **Prof. Dr. Mehmet Ali UL**'a, tezin oluşum aşamasında bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Öğretim Üyesi sayın **Prof. Dr. Süleyman Kodal**'a, tezdeki kaynak araştırmalarımnda yardımcı olan sayın **Araş. Gör. Selin Akçay**'a ve Yüksek Lisans öğrenimim boyunca desteğini benden esirgemeyen **aileme** teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	V
ABSTRACT.....	VII
TEŞEKKÜR.....	IX
İÇİNDEKİLER.....	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XIII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XIV
1.GİRİŞ.....	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	6
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	47
3.1 Materyal.....	47
3.1.1 Araştırma Alanına İlişkin Genel Bilgiler.....	48
3.1.1.1 Coğrafi Durumu.....	48
3.1.1.2 İklim Durumu.....	52
3.1.1.3 Tarımsal Durum.....	52
3.1.1.4 Toprak Durumu.....	53
3.1.1.5 Su Kaynakları ve Su Yapıları.....	56
3.2 Yöntem.....	57
4.BULGULAR VE TARTIŞMA.....	64
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	80

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	95

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Şanlıurfa Yöresinde Yetiştirilen Pamuk Bitkisi İçin IRSIS Yazılımından Elde Edilen Örnek Bir Sulama Programına Ait Nem Grafiği.....	30
3.1 Büyük Menderes Havzası.....	50
3.2 Akçay Sol Sahil Sulama Birliği Çalışma Alanı.....	51
3.3 IRSIS Yazılımında Destek ve Planlama Kütüğü Bölümleri.....	60
4.1 Pamuk Nem Grafiği.....	72
4.2 Mısır Nem Grafiği.....	74
4.3 Domates Nem Grafiği.....	75
4.4 Yonca Nem Grafiği.....	75
4.5 Narenciye Nem Grafiği.....	76
4.6 II. Ürün Mısır Nem Grafiği.....	76
4.7 Bostan Nem Grafiği.....	77
4.8 Şeftali Nem Grafiği.....	77
4.9 Zeytin Nem Grafiği.....	78
4.10 Biber Nem Grafiği.....	78

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Devir Öncesi (1984-1995) Dönem İçin Akçay Sulaması'na Ait Ortalama Ekiliş Alanları ve Ortalama Ekiliş Oranları.....	48
3.2 Devir Sonrası (1996-2005) Dönem İçin Akçay Sol Sahil Sulama Birliği'ne Ait Ortalama Ekiliş Alanları ve Ortalama Ekiliş Oranları.....	48
3.3 Araştırma Alanına Ait Bazı İklim Verilerinin Uzun Yıllar Aylık Ortalama Değerleri.....	52
3.4 Akçay Sulama Şebekesi'nde Sulama Yönünden Toprak Sınıflandırması.....	54
3.5 Akçay Sol Sahil Sulama Birliği Bünyesinde Yer Alan Bazı Alanların Toprak Fiziksel Özellikleri.....	55
3.6 Akçay Sol Sahil Sulama Birliği Bünyesinde Yer Alan Bazı Alanların Toprak Verimlilik Analiz Sonuçları.....	56
3.7 Akçay Sol Sahil Sulama Birliği Bünyesinde Kullanılan Sulama Sularının Analiz Sonuçları.....	56
4.1 Akçay Sol Sahil Sulama Birliği Bünyesinde Yetiştirilen Bitkilere Ait Yağış Seçeneği, Planlama Türü ve Sulama Planlaması Sonuçları.....	64
4.2 Pamuk Bitkisinin Sulama Programı.....	67
4.3 Mısır Bitkisinin Sulama Programı.....	67
4.4 Domates Bitkisinin Sulama Programı.....	68
4.5 Yonca Bitkisinin Sulama Programı.....	68
4.6 Narenciye Bitkisinin Sulama Programı.....	69

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.7 II. Ürün Mısır Bitkisinin Sulama Programı.....	69
4.8 Bostan Bitkisinin Sulama Programı.....	70
4.9 Şeftali Bitkisinin Sulama Programı.....	70
4.10 Zeytin Bitkisinin Sulama Programı.....	71
4.11 Biber Bitkisinin Sulama Programı.....	71

1.GİRİŞ

Dünyamızın 2/3'lük bölümü suyla kaplı olmakla birlikte bu suların ancak % 2,5'i tatlı ve kullanılabilir su niteliğindedir. Bu düşük orandaki tatlı suların da büyük bir bölümü (% 78'i) kuzey ve güney kutuplardaki buzullarda bulunmaktadır. Geriye kalan % 22'lik bölüm, tüm dünya ülkeleri arasında içme, kullanma, sulama, sanayi vb. amaçlar için kullanılmaktadır. Başlı başına bu rakamlar bile tatlı su kaynaklarının ne denli kısıtlı olduğunu anlatmaya yetmekle birlikte, günümüzde dünya nüfusunun 1/3'lük bölümünün ciddi su sorunu ile karşı karşıya olduğu bilinmektedir. Nüfus ve sanayileşmedeki artışa paralel olarak kirlilik ve tüketimin de artması nedeniyle su kaynakları, dünyada etkin kullanımı ve korunması gerekli doğal kaynaklar arasında ilk sırayı almıştır (Ul, 2001a).

Su kaynaklarının giderek azaldığı ve kısıtlı kullanımı gerektirdiği günümüzde, sulama suyu olarak içme suyu niteliğindeki suların kullanılması yerine, arıtılmış atık suların bu amaçla kullanılması günümüzde oldukça yaygın bir uygulama haline gelmiştir. Sulama suyu olarak atık suyun kullanımı durumunda bu suların içeriğinde bulunan çeşitli toksik maddeler nedeniyle temiz su kullanımından farklı olarak bitkiye, tarım işçilerine ve tüketicilere bulaşma durumu, çevresel kirlenme, tuzluluk ve toksisite zararları gibi faktörlerin de göz önüne alınması gerekir (Aşık ve Karataş, 2001).

Tarımda kullanılan su miktarı 1900'lü yılların başlangıcında toplam suyun %83'ünü oluştururken 20. yüzyılın sonunda bu oran %80'in altına düşmüştür. Dünyada tarım yapılan alanların %19'una

karşılık gelen 280 milyon ha alanda sulama yapılmakta, tarımsal üretimin %35'i sulanan alanlardan elde edilmekte ve tatlı suyun bugün için %70'i tarımsal üretim amacıyla kullanılmaktadır (Çakmak ve Kendirli, 2004).

1999 yılı DSİ sulama sonuçları değerlendirme raporuna göre, ülkemiz koşulları için su kaynaklarından etkin olarak yararlanılması tarımın en önemli sorunlarından biridir. Çünkü kaynaktan saptırılan suyun %25-30'u iletim sırasında, yaklaşık %25'i de uygulama sırasında kaybolmakta, bunun sonucunda da sulama randımanı %40 dolayında olmaktadır (Çakmak ve Kendirli, 2004).

Son yıllarda başta sulama suyundaki azalma olmak üzere diğer bazı etkenlere bağlı olarak; su, enerji ve işgücü kullanımından tasarruf sağlayan teknolojilerin yoğun olarak kullanıldığı basınçlı sulama yöntemleri de hızla yaygınlaşmaktadır. Yağmurlama ile birlikte mini yağmurlama ve damla sulama tekniklerini içeren mikro sulama uygulamaları genel olarak basınçlı sulama yöntemleri olarak sınıflandırılmakta ve bu anlamda çağdaş ya da modern sulama sistemleri olarak da anılmaktadır. Söz konusu tekniklerin sulama adına birçok avantajı beraberinde getirmesine karşın ülkemizde yeterince kullanılmadığı, kullanıldığı koşullarda ise çoğu kez bilinçli ve tekniğine uygun davranılmadığı söylenebilir (Ul, 2001b).

Sulama genel anlamda, optimum bitki gelişimi yönünden gereksinim duyulan ve doğal yağışlarla karşılanamayan suyun, uygun zamanda ve miktarda, yapay yollarla bitki kök bölgesine verilmesi olarak tanımlanmaktadır. Tanımdan da anlaşılacağı gibi bitkisel üretimde gereksinilen suyun ana kaynağı doğal yağışlardır. Ancak, yağışların

gerek miktar gerekse de zaman içindeki dağılımının yetersiz olduğu koşullarda ideal bir bitki yetiştiriciliği için sulama uygulaması zorunlu olmaktadır. Bu noktada sulamalardan beklenen faydanın sağlanması, herhangi bir bölge ve bitki için sulamaların belirli bir programa göre uygulanması ile olasıdır. Sulamanın programlanması terimi ise genel olarak, sulamada kullanılacak olan suyun derlenmesi, iletimi, dağıtımı ve fazla suyun ortamdaki uzaklaştırılması gibi zincirleme bir şekilde cereyan eden olayların her aşamasını kapsamaktadır. Bu aşamalardan herhangi birinde yapılacak eksik ya da yanlış bir uygulama sulamalardan beklenen faydanın elde edilememesi yanında, daha önce yaşanmayan kimi sorunları da beraberinde getirebilecektir. Bu yönden yapılacak çalışmaların sürdürülebilir tarım stratejileri üzerine de önemli oranda etkisi bulunmaktadır (Ul, 2001a; Ul,2001b).

Son yıllarda bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmeler sonucu bitki sulama zamanının planlanmasında toprak su bütçesi esasına dayanan, iklim, toprak ve sulama yöntemini dikkate alan bilgisayar yazılımları da geliştirilmiştir. Bitkilerin sulama zamanının planlanması amacıyla geliştirilen bilgisayar programları yardımıyla farklı iklim koşulları, farklı toprak bünyeleri ve su kaynağının yeterlilik durumuna göre, herhangi bir bitkinin sulama zamanının planlanması değişik alternatifler için kısa sürede elde edilebilmektedir (İstanbuluoğlu ve Şişman, 2004).

21. yüzyıl koşullarında tarımsal amaçlı sulama suyuna olan ihtiyacın giderek arttığı, dolayısıyla bu kaynağı dikkatli kullanmanın gerekliliği yadsınamaz bir gerçektir. Sulu tarımın yoğun olarak yapıldığı Büyük Menderes Havzası'nda çiftçiler geçmişten edindikleri sulama

alışkanlıkları doğrultusunda bol su uygulayarak, sık aralıklarla yaptıkları sulamanın bitki verimini olumlu yönde etkilediği kanısına sahiptirler. Ancak özellikle de sulama zamanı ve uygulanacak su miktarı konusunda birçok sorunla karşılaştıkları da bilinen bir gerçektir. Bunun yanında artık neredeyse tarımsal sulamada kullanılamayacak düzeyde düşük su kalitesi özelliklerine sahip olan Büyük Menderes Akarsuyu'nun yöre çiftçisi tarafından sulamada kullanılmasının orta vadede birçok sorunu beraberinde getireceği de düşünülerek, kısıtlı sulama koşulları için de alternatiflerin türetilmesi ve bu seçeneklerin de uygulamada göz önüne alınması gerekmektedir. Ayrıca bu yönde yapılacak yayım faaliyetleri ile çiftçi bilincinin yükseltilmesinin, toprak ve su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasında uzun dönemli olumlu etkiler yaratacağı göz ardı edilemez bir gerçektir.

Ülkemizde kamu ve özel kaynaklar kullanılarak gerçekleştirilen sulama projelerinde arzu edilen amaçlara süreç içerisinde tam olarak ulaşılamadığı görülmektedir. Bu durum sistemin projelenmesinden daha çok, sulama şebekelerinin işletme-bakım-yönetim organizasyonu sorunları ile tarla içi su dağıtımına ilişkin sorunlardan kaynaklanmaktadır. Üreticiler, sulamadan beklenen faydanın sağlanabilmesi adına kesinlikle sorulması gerekli olan hangi yöntemle, ne zaman sulanmalı ve ne kadar su uygulanmalı sorularını genellikle ya hiç ya da eksik sorgulamaktadır. Ülkemizde sulu tarımın bu yönü, suyun depolanması, tarım alanlarına iletilmesi ve dağıtılmasına yönelik çalışmalar kadar ilgi görmemiştir. Oysaki sulama projelerindeki başarının iyi planlanmış ve hayata geçirilmiş mühendislik tesisleri yanında, sulamanın tarımsal yönüne verilen öneme, iyi bir çiftçi eğitime ve proje

alanında görev yapan kuruluşlar arasındaki etkin işbirliğine de bağlı olduğu unutulmamalıdır (Ul, 2001a; Ul, 2001b).

Akçay Sol Sahil Sulama Birliği bünyesinde yetiştirilen pamuk, mısır, II. ürün mısır, yonca, domates, biber, bostan, narenciye, şeftali ve zeytin bitkilerine yönelik olarak yürütülen bu çalışma ile mevcut koşullar altında söz konusu bitkiler için sulama zaman planlaması yapılarak, bölge için en uygun sulama aralıkları ve sulama suyu miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu açıdan araştırmada elde edilen sonuçların yöre çiftçilerini sulama konusunda aydınlatacağı ve ilgili teknik elemanlara rehber olacağı düşünülmektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Sulamanın programlanmasında amaç, uygun miktardaki suyu doğru zamanda ve yöntemle uygulayarak su ve enerjinin en etkin (randımanlı) kullanımını sağlamaktır. Doğru sulama programı, sulama için verilen kararların güvenilir bir temelde sağlam olmasına ihtiyaç duyar. Sulama programlama teknikleri; toprak nemi ölçümleri, meteorolojik veriler ya da bitkinin içsel su potansiyelinin izlenmesi esasına dayanabilmektedir. Tansiyometreler, toprak su içeriğiyle bağlantılı olarak toprak nem tansiyonunu ölçmektedir. Sulamanın programlanmasıyla, yüzey akışı ve derine sızım kayıpları en aza indirildiğinden sulama etkinliği artırılmış olur. Bu da genellikle daha düşük enerji ve su kullanımıyla, optimum bitki verimi ve gelir şeklinde sonuçlanmaktadır. Ancak, suyun uygun kullanılmadığı durumlarda enerji ve su kullanımının artmasıyla tam tersi sonuçlar da alınabilmektedir (Water Conser. Fact., 1998).

Sulama zamanının planlanmasında amaç, sulama zamanının ve uygulanacak sulama suyu miktarının belirlenmesidir. Bu işlemlerin yapılabilmesi için ise bitki özellikleri, ıslatılacak toprak derinliği, toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesi, sulamaya başlanacak nem düzeyi, her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimi gibi bilgilere gerek vardır. Su kaynağının yeterli olduğu koşullar için sulama zamanının planlanmasında temel ilke, toprak nemini sulamaya başlanacak düzeye düşüğünde tarla kapasitesine çıkaracak kadar sulama suyu uygulamaktır. Sulama zamanı, çeşitli yöntemlere göre planlanabilmektedir. Bunlardan en çok kullanılanları;

- Toprak neminin ölçülmesi ile,

- Fenolojik gözlemlerle ve
- Bitki su tüketiminden yararlanarak sulama zamanının planlanmasıdır (Güngör vd., 2004).

Sulama zaman planlaması modelleri ile belirli bir alanda farklı toprak tiplerinde yetiştirilen farklı bitkilerin yağışlı, normal ve kurak yıllara ilişkin sulama zaman planlaması yapılabilmektedir. Belirli bir bitkinin farklı iklim koşullarında, farklı bünyeli topraklarda ve sulama suyunun yeterli veya kısıtlı olduğu durumda sulama programlarındaki değişimin nasıl olacağı gibi çok sayıda alternatifte bu modeller ile kısa sürede çözüm getirilebilmektedir. Yöre koşullarına uygun bir sulama programının elde edilebilmesi için birkaç çözüm alınması ve çözüm sonuçlarının işletme koşulları dikkate alınarak sulama aralıkları, sulama suyu miktarları, sulama suyu ve yağıştan yararlanma durumu ve verim azalması açısından değerlendirilmesi gerekmektedir (Kodal vd., 1997b; Kendirli, 2001).

Sulama birliklerinin faaliyet alanlarında su dağıtım hizmetlerini de yürüttüğü belirtilmiş ve bu amaçla haftalık, on günlük, yirmi günlük gibi değişik periyotlarda su dağıtım programlarının yapılabileceğinden söz ederek bir sulama birliğinin başarısının, iyi bir sulama planlaması ile birlikte su dağıtım programlarının yapılması ve uygulanmasına bağlı olduğu vurgulanmıştır. Diğer yandan bir sulama işletmeciliğinin başarısı, iyi bir sulama planlaması ile birlikte su dağıtım programlarının yapılması ve uygulanmasına bağlıdır. Bu başarıda birlikte çalışan mühendis, sulama teknisyeni ve işçilerin bilgi, beceri ve sulayıcılarla olan ilişkileri büyük önem taşımaktadır (Kendirli, 2001).

Su-verim arasındaki ilişkiler su kaynağının etkin kullanımı ve sulama zaman planlaması çalışmalarında oldukça önemlidir. Sulamanın bir fonksiyonu olarak bitki veriminin hesaplanması için kullanılan su verim ilişkileri çalışmaları verim azalmalarıyla $(1-Y_a/Y_m)$ evapotranspirasyon açığı $(1-ET_a/ET_m)$ arasında her karakteristik gelişim aşaması için doğrusal bir ilişki olduğu düşüncesine dayanmaktadır (Sagardoy et al., 1986).

Son yıllarda, sulama suyunun doğru olarak kullanılmasını amaçlayan bilimsel araçlar ve teknikler konusunda önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Bu konuyla ilgili olarak toprak nem tansiyonunun tarla gözlemleri ile izlenmesi çalışmaları 1930'lu yıllarda tansiyometrelerin geliştirilmesiyle başlamış, daha sonra bunu toprak içerisinde nötronların saçılmasından yararlanarak toprak nemi ölçümleri ve son zamanlarda daha çok kullanılan toprağın elektrik özelliklerinden yararlanarak doğru sonuca ulaşmayı sağlayan aletlerin geliştirilmesi izlemiştir. Suyun doğru olarak kullanımını sağlayan toprağa dayalı bu ölçüm tekniklerinin yanında, evapotranspirasyonun belirlenmesi için geliştirilmiş bitki su potansiyelini ölçmeye yarayan birçok yöntem söz konusudur. Bunlardan en basiti bitki taç sıcaklığının ölçülmesidir. Bununla birlikte bitki su gereksiniminin potansiyel evapotranspirasyonun belirlenmesiyle hesaplanabileceği ve bitki yaprak alanının genişlemesinden ortaya çıkan bitki faktörlerinin deneysel olarak ortaya konmasının da bu hesaplamalardan biri olduğu belirtilmektedir. Bu yöntemlerden daha gelişmiş olan toprak ve iklim verilerinden yararlanarak bitki gelişimi ve evapotranspirasyonun önceden hesaplanmasını sağlayan bilgisayar modellerinin önemi vurgulanmaktadır. Sulama suyunun doğru

kullanılmasını sağlayan tüm bu gelişmelere rağmen sulayıcıların çoğunluğu, ya sözü geçen araçlar tarlada güvenilir olarak kullanılamadığından, ya da çiftçiler kendilerine sağlanan verilerle doğru zamanda doğru yorumları yapıp istenen sonuca varamadıklarından bu tür yöntem ve araçları etkin bir şekilde kullanamamaktadırlar (Stirzaker, 2003).

Dünyada geleneksel sulama uygulamalarının çoğunluğu verimi arttırmak yerine, bitkinin strese girmesini engellemeyi amaçlamaktadır. Önümüzdeki 20-30 yıl içerisinde nüfus artışına paralel olarak artan gıda üretimi ve bununla birlikte sulanan alanların da hızlı bir artış göstereceği belirtilmekte, bunun da beraberinde su için oluşacak ekonomik bir mücadele ve çevre ile ilgili endişelerin giderek önemli düzeylere ulaşacağına vurgu yapılmakta; böylece geleneksel sulama yöntemleri gibi önemli bir konu olan bu işletim kurallarının büyük bir olasılıkla bırakılacağı ve bu işletim kuralının yerini toplam faydanın artırılması kuralının alacağı belirtilmektedir. Sulama ile ilgili bilimsel araştırmaların mevcut avantajlarını gören çiftçilerin, optimum sulama stratejilerini geliştirmek istedikleri, ancak bilimsel, ekonomik ve mühendislik birimlerinden çok az yararlandıkları konusuna vurgu yapılmaktadır (English, 2002).

Büyük ve ticari amaçlı üretimin yapıldığı tarımsal alanlardaki sulama uygulamaları ile küçük tarımsal alanlardaki sulama uygulamalarının oldukça farklı olduğu; büyük ve ticari amaçlı üretimin yapıldığı alanlarda sulama sürelerinin daha kısa olmakla beraber sulama için daha az su uygulandığı ve üreticilerin de ticari olarak odaklanmış olduğu belirtilmektedir. Sulama suyu kullanım etkinliğinin gelecekte

artacağına, günümüzde de büyük ve ticari üretime odaklanmış olan üreticilerin işletmelerinde zaten yüksek bir fiziksel etkinlik düzeyine sahip olduklarına değinilmiştir. Skaggs ve Samani (2005)'e göre, küçük üreticiler ise, gelir sağlamaktan çok sulamayı, rekreasyon, sosyal ya da yaşam aktivitesi olarak görmektedirler; bu nedenle, uygulamalarındaki değişikliklerin neden olduğu maliyet küçük üreticiler için oldukça yüksek olabilecektir. Sulama etkinliğinin artırılması, basınçlı sulama sistemlerine geçilmesi gibi teknolojik değişimler ve sulamanın programlanması şeklindeki yönetim uygulamalarının her ikisini de içine almaktadır (Skaggs and Samani, 2005).

Bitki su tüketiminde meydana gelen değişiklikler, bitki çeşidi, gelişim aşaması, toprak tipi ve kimyasal bileşimi, iklim koşulları, bitki sağlığı vb. etmenlerin yanı sıra, özellikle toprak nem düzeyi ile yakından ilişkilidir. Birçok araştırmacı bitkideki verim azalmasının toprak nemi ile dolaylı, buna karşılık bitki su potansiyeli ile doğrudan ilişkisi olduğunu belirtmektedirler. Bunun sonucu olarak sulama zamanının belirlenmesinde bitkideki su stresini saptamaya yönelik yapılan doğrudan ölçümlerin, toprak nemi ölçümlerine oranla daha iyi bir indikatör olduğu kabul edilmektedir. Bu görüşe göre, toprak nem düzeyini belirlemeye yönelik ölçümler, bitkiye dayalı gözlemler ile sulama zamanının geldiğinin belirlenmesinden sonra, uygulanacak sulama suyu miktarının saptanmasında kullanılabilir. Sulama zamanını belirlemeye yönelik bitkiye dayalı izleme teknikleri kendi içerisinde çeşitlilik göstermektedir. Bunlardan birincisi ve en belirgin yöntem, bitkinin dış görüntüsüdür. İkincisi özellikle bitki yaprak su potansiyelini belirlemeye yönelik olarak geliştirilen basınç odası (pressure chamber), üçüncüsü ise bitki örtü

yüzeyi sıcaklığını ölçen ve buna bağlı olarak transpirasyonun oransal hızını belirleyen kızılötesi termometrelerdir (infrared thermometer) (Ul ve Balcı, 1993).

Büyük Menderes Ovası'nda sulu koşullarda yetiştirilen buğdayın veriminin irdelenmesi, uygun sulama zamanının ve sulama düzeyinin saptanması, kısıtlı sulama koşullarında alternatif sulama programının belirlenmesi amacıyla yapılan araştırmada, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü 10 konulu olarak yürütülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre en yüksek verim üç kez su uygulanan (başaklanma öncesi+çiçeklenme+dane doldurma döneminde) konudan elde edilmiş ve bunu iki kez su uygulanan (çiçeklenme+dane doldurma) konu izlemiştir. Suyun yeterli olmadığı, ancak bir kez su uygulanabilecek yer ve koşullarda buğdayın suya en duyarlı olduğu çiçeklenme döneminde bir kez sulanmasının uygun olacağı belirlenmiştir (Sezgin vd., 1997a).

Korukçu ve Evsahibioğlu (1982), farklı sulama zamanı planlama yöntemlerinin şeker pancarı yaprak verimi üzerindeki etkilerinin araştırılmasını amaçlayan çalışmalarında, bitki gelişme süreleri boyunca yürütülen denemelerde üç farklı sulama zamanı planlama yöntemi uygulamışlardır. Araştırma sonuçları, şekerpancarında yaprak verimi yönünden Nötron-Ölçüm yöntemi (C) ile sulama zamanı planlamasının, Jensen-Haise (A) ve Christiansen-Hargraves (B) yöntemlerine göre önemli düzeyde üstünlük sağladığını göstermiştir. Ancak Jensen-Haise ve Christiansen-Hargraves yöntemleri arasında önemli bir farklılık saptanamamıştır. Uygulanan her üç sulama zamanı planlama yönteminde de şahit bırakılan ve sulanmayan (kuru) uygulamaya göre, istatistiksel yönden, önemli düzeyde yüksek şekerpancarı yaprak verimi elde

edilmiştir. Sudan yararlanma oranları yönünden Jensen-Haise yöntemi diğer yöntemlere göre önemli düzeyde üstünlük göstermiştir. Farklı uygulamalar arasında, sulama suyu miktarları, sulama aralıkları ve sulama sayıları yönünden oluşan farklılıklar, bu uygulamalarda yararlanılan farklı potansiyel su tüketimi eşitliklerinde değişik iklim etmenleri kullanılmasından ve bu eşitliklerin geliştirildiği bölge koşulları ile deneme yeri koşulları arasındaki olası farklılıktan kaynaklanmıştır. Aynı uygulamanın farklı yıllarda gösterdiği değişim ise iklim etmenlerinin araştırma yıllarındaki değişiminden ortaya çıkmıştır.

Çakmak ve Kendirli (2004), Malatya Yöresi'nde kayısının farklı toprak ve yağış koşullarına göre sulama programlarını ve brüt kar değerlerini elde etmek amacıyla yaptıkları çalışmada, yeterli sulama suyu koşulu için elde edilen programa göre verilecek su miktarlarının 356-533 mm, kısıtlı sulama koşulunda ise, 240-294 mm arasında değiştiğini; yeterli sulama koşulunda, en yüksek brüt kar değerlerinin yaş ve kuru kayısıda olduğunu belirlemişlerdir. Kayısı ağaçlarında sulamanın başarılı olabilmesi için sulama zamanının, sulama aralığının ve her sulamada verilecek su miktarının doğru belirlenmesi gerektiği; bitki yetiştirme mevsimi içerisinde su stresinin oluşma zamanına ve şiddetine göre, verim miktarındaki azalmanın az veya çok olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, yüzey sulama yöntemlerine göre kayısı ağaçlarının sulama programları oluşturulmuş, bununla birlikte kısıtlı sulama koşullarında su miktarındaki % 30-40'lık azalma durumu dikkate alınarak sulama programları geliştirilmiştir.

Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanında 1997 ve 1998 yıllarında yapılan çalışmada, soğanın (*Allium cepa* L.) su tüketimi

ölçülmüştür. Sulamalara 40 cm. kök derinliğindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin % 30'u tüketildiğinde başlanmıştır. Su tüketimi ölçmeleri, toprak nemi azalmasının denetimi yoluyla, yaklaşık on günlük periyotlarda yapılmıştır. Bu değerler, bitki su tüketimi tahminlerinde kullanılan Jensen-Haise (J-H) yöntemi, Penman yönteminin FAO modifikasyonu (P-FAO), Penman-Monteith yöntemi (P-M), kap buharlaşması yönteminin FAO (A-FAO) ve Christiansen-Hargreaves (A-CH) modifikasyonları ile hesaplanan referans bitki su tüketimi değerleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçta, deneme koşulları için en yakın tahminin Jensen-Haise (J-H) yöntemi ile elde edilebileceği saptanmış ve bu yönteme ilişkin bitki katsayısı (k_c) eğrisi hazırlanmıştır (Orta ve Şener, 1999).

Tokat Kazova'da 1994-1996 yılları arasında, domatesin su tüketimi ve sulama programını belirlemek amacıyla oluşturulan deneme tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede ana parsellere sulama aralıkları (7, 14 ve 21 gün), alt parsellere ise bitki pan katsayılarına göre (0,75-1,00 ve 1,25 konuları olarak Class A Pan Buharlaşma Kabı katsayıları) (0,75-1,00 ve 1,25) yerleştirme yapılmıştır. Yapılan birleştirilmiş varyans analizi sonuçlarına göre, sulama aralıklarının domates verimlerine istatistiksel anlamda % 99 olasılıkla farklı etki ettiği belirlenmiştir. En yüksek verim, 7 günde bir yapılan sulamalardan elde edilmiştir. Anılan konu birinci verim grubunu oluşturmuştur. Bitki pan katsayılarının verim üzerinde istatistiksel anlamda önemli etkileri olmadığı belirlenmiştir. Domates bitkisine ilk suyun ilk meyvelerin görüldüğünde verilmesi,

sulamalara 7 gün aralıkla Eylül ayı sonuna kadar devam edilmesi önerilmiştir (Balçın vd., 1999).

Ul (1985) çalışmasında, Bornova Ovası koşullarında yetiştirilen şeftalinin su tüketimi, net sulama suyu gereksinimi ve sulama programını belirlemeye çalışmıştır. Şeftali için her bir sulamada verilecek sulama suyu miktarı olarak, bitki kök bölgesi toprağının kullanılabilir nem kapasitesinin % 50'si baz alınmıştır. Buna göre şeftalinin etkili kök bölgesindeki toprak katmanının kullanılabilir nem kapasitesi 212 mm. ve bunun yarısı (106 mm.) tüketildiğinde sulama yapılacağından, uygulanacak net sulama suyu derinliği de 106 mm. olarak verilmiştir.

Sulamanın programlanması ile ilgili olarak bilimsel alanda son zamanlarda önemli gelişmeler kaydedilmesine karşın, sulama yapanlar arasında bu konuda tarla uygulamaları bazında yeterli bir bilgi olmadığı ve bu konudaki bilgilerin de sınırlı düzeyde kaldığı kaydedilmektedir. Tarla denemeleri ile sulama programlarının güvenilirliği konusunda yeterli bilginin olmayışı, sulama yapanların bu konudaki yenilikleri kabullenmemelerine ve geleneksel sulama yöntemlerine direnmelerine neden olmaktadır. Bu güvensizliği gidermek amacıyla, sulamanın programlanması için tarla koşullarında yeni araştırmalar yapılmalı, bununla birlikte güvenilir sonuçlar veren alet ve sistemler geliştirilmelidir. Bu amaçla kullanılan yöntemlerden biri de, mikro sulama sisteminin kurulu olduğu alanda sulamanın programlanması için ıslatma ön dedektörlerinden (wetting front detector) yararlanmadır. Bunlar bitki kök bölgesinde uygun bir derinliğe gömülmüş, boru şeklindeki dedektörlerdir. Bu dedektörler bitki kök bölgesindeki toprak nemi düzeyinin gözlenmesini sağlayarak, sulamanın ne zaman

durdurulacağıının tespitinde kullanılmasının yanında, bitki kök bölgesinin altında ve içindeki nitrat hareketinin gözlenmesinde de etkili olmaktadır (Stirzaker, 2003).

Son yıllarda, gövde çapının düzenli olarak ölçülmesi sonucu elde edilen veriler kullanılarak sulama programlama stratejilerinin geliştirilmesi ile ilgili bazı teorik ve deneysel görüşler sunulmaktadır. Hafif bir su açığına maruz bırakılan şeftali ve olgun badem ağaçları için, minimum günlük gövde çapı (MNTD: Minimum trunk diameter), maksimum günlük gövde çapı (MXTD: Maximum daily trunk diameter) ve maksimum günlük gövde daralmasını (MDS: Maximum daily trunk shrinkage) içeren gövde çapı ölçümlerinden elde edilen parametreler, düşük sulama sıklığı altındaki olgun ağaçlar ve yüksek sulama sıklığı altındaki genç ağaçların sulama programlarının hazırlanmasında kullanılabilmektedir. Programlama koşulları, sulamanın az veya çok yapıldığı durumlar için gerekli esasları sağlamakta ve gövde çapı ölçümleriyle (TDM: Trunk diameter measurements) bitkinin çok hafif bir su açığına olan hassasiyeti belirlenebilmektedir. Bu yöntem, sulamayı otomasyona dayalı elektronik sistemlerle yapan ve bitkiye dayalı stres belirtilerinden yararlanmak isteyen üreticiler için, ek bir sulama programlama aracı olarak da sunulmaktadır (Goldhamer and Fereres, 2001).

Mandal et al. (2002), referans evapotranspirasyonun hesaplanmasında Modifiye Penman yöntemini; bitki katsayısının (K_c) hesaplanmasında ise, geliştirdikleri regresyon eşitliklerini kullanmışlardır. Çalışmalarında kullandıkları modelin, tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası gibi minimum toprak verisine gereksinim duyan

çok kolay bir yöntem olduğunu belirtmektedirler. Toprak içerisindeki su hareketi ile ilgili prensiplerin anlaşılması, toprak su dengesi ve toprakta suyun depolanmasının sürekli olarak hesaplanması, su ve toprağın etkin bir şekilde kullanımı, sulamanın programlanması ve yüzey akışın belirlenmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Fakat gravimetrik yöntemle toprak neminin belirlenmesinde, toprak ve bitki kök bölgesi bozulmadan işlem yapılamayacağından, her tarlada ölçüm yapılması uygulamada güçtür. Son zamanlarda, toprak su dengesi modelleri, CREAMS, EPIC, ANSWERS gibi su toplama havzalarının korunumu ve yönetimi modellerinde ana unsur olarak kullanılmakta, ancak bu modellerin hepsi toprak ve bitki parametreleriyle ilgili geniş bir bilgi setine ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle, benzer toprak karakteristiklerinin ve toprak kullanım desenlerinin olduğu geniş alanlar üzerinde toprak neminin hesaplanması için toprak ve bitki parametrelerine daha az gereksinim gösteren profil suyu dengesi modelinin geliştirilmesi ve tarla düzeyinde denenmesi konularında çalışmalar yapılması gerektiği, bununla birlikte bitki katsayısı (K_c) ve toprak profilindeki su içeriğinin hesaplanmasında bilgisayar programlarından yararlanmanın önemi vurgulanmaktadır (Mandal et al., 2002).

Sulamanın buharlaşma ve yağış dikkate alınarak programlanması, sulayıcı ve çiftçiler tarafından suyun daha etkin bir şekilde uygulanması konusunda yardımcı olmakla birlikte, küçük işletmeler düzeyinde bu tür yöntemler daha sofistike gözlem ekipmanına ve veri girişine gereksinim gösterdiğinden pratik olarak uygulanamamaktadırlar. Yapılan çalışmalar sonucunda mevcut sulama takvimlerinin, gerçek iklim verileri ve standart hale getirilmiş bitki ve toprak verilerini kullanan çiftçiler için ne kadar

yararlı olduğu görülmüştür. Gerçek hava koşulları için bazı ampirik düzeltmeler yapılmadan çiftçilere sabit sulama aralıkları ve sabit su uygulama derinlikleri önerilmiş, fakat değişen yağış koşullarında bu sabit takvimlerin güvenilirliği düşük bulunmuştur. Gerçek hava koşullarında ve sulama suyu kaynağının kısıtlı olduğu durumda, sulama takvimlerinin geliştirilmesi için basit ve kullanışlı bilgiler içeren, her biri bitki, bölge, toprak tipi ve sulama yöntemine özel olarak hazırlanmış sulama programlarına ait kuralları sunan yardımcı çizelgeler hazırlanmıştır. Böylece çiftçilerin kurallara adapte olması, takvimlerin uygulanması ve anlaşılması daha kolay hale getirilmiştir. Ayrıca, sulama sistemlerinin ve sulama programlarının çoğunlukla, bitki su tüketiminin yüksek ve yağışın kıt olduğu zamanlarda, sulama ihtiyacının pik olduğu dönemlerdeki koşulları içerecek şekilde dizayn edildiği ve bu pik periyotlar dışında, sulama programının hakim hava koşullarına adapte edilmesi ihtiyacı olduğu belirtilmektedir (Raes et al., 2002).

Kuzey Çin Ovası'ndaki (NCP) su kaynaklarının % 70'inden fazlası kışlık buğdayın (*Triticum aestivum* L.) sulanması için kullanıldığından, yeraltı suyunun korunması ve bitkisel üretimin sürdürülebilirliği açısından, özellikle kışlık buğday için tarımda su tasarrufunun geliştirilmesi önemli bir amaç olmuştur. Yüksek buğday verimi ve yüksek su kullanım etkinliği (WUE: Water use efficiency) bakımından, sulama programının optimize edilmesine çalışılmış ve bunun için Çin Ziraat Üniversitesi'nin Wuqiao Araştırma İstasyonu'nda 3 yetiştirme dönemi için tarla denemeleri yürütülmüştür. Çalışmalarla, kullanılabilir su içeriği (AWC: Available water content), yağış olayları, toprak-su kullanımı (SWU: Soil water use), evapotranspirasyon (ET) ve dane

verimi kaydedilip, su kullanım etkinliği (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE: Irrigation water use efficiency) değerleri hesaplanmıştır. Bu bۆlgedeki (NCP) su kaynaklarının durumu da dikkate alınarak, yapılan çalışma sonucunda, kışlık buğday ۆretiminde kullanışlı olacağı dۆřۆnۆlen, yۆksek verim ve su kullanım etkinliği ile su tasarrufu sağlayan ۆ sulama programı ۆnerilmiřtir (Li et al., 2005a).

Damla yۆntemiyle sulanan domates bitkisine (*Lycopersicon esculantum* Mill.) 2 ve 4 gۆn ara ile A sınıfı buharlaşma kabından ۆlۆlen buharlaşma miktarlarının % 50, % 100 ve % 150'si kadar sulama suyu uygulanmış ve alınan sonuçlara gۆre, sulama aralıkları ve sulama suyu miktarlarının verim ۆzerinde % 1 dۆzeyinde etkili olduğu anlaşılmıştır. Deneme konularının, meyve ağırlığı ve meyve çapı ۆzerinde istatistiksel açıdan ۆnemli bir etkisi olmadığı; bununla birlikte en yۆksek verimin, A sınıfı buharlaşma kabından ۆlۆlen buharlaşma miktarının % 50'si kadar sulama suyunun 2 gۆn ara ile uygulandığı deneme konularından elde edildiği belirtilmiştir (Orta vd., 1997).

Tarla koşullarında yetiştirilen hıyar için, buharlaşma kabı değerlerine bağlı olarak sulamanın programlanmasında, en uygun sulama aralığı ve sulama suyu miktarını belirlemek amacıyla pan buharlaşmasına dayalı ۆlۆmler yapılmıştır (Class-A Pan). Sulama uygulamalarında iki farklı sulama sۆresi (I 1:4 ve I 2:8 gۆn), bitki katsayısı olarak da ۆ farklı katsayı ($K_{cp1}:0,50$; $K_{cp2}:0,75$ ve $K_{cp3}:1,00$) kullanılmış ve sulama uygulamalarının ۆrۆn verimi ۆzerine ۆnemli bir etkisi olduğu ($P<0,01$) belirlenmiştir. Ayrıca, meyve sayısı ve sulama suyu, bitki su tۆketimi ve verim arasında ۆnemli dۆzeyde pozitif doğrusal bir ilişki olduğu bildirilmektedir. alışmalar, bitki su tۆketimi ve pan buharlaşması

arasında yakın bir ilişki bulunduğunu gösterdiğinden, pan buharlaşmasının çiftçiler açısından sulamanın programlanmasında kullanılabilir olduğu belirtilmiştir (Ertek vd., 2005).

Asmaların su stresine olan fizyolojik tepkilerine ait bugünkü bilgiler, su kullanım etkinliğini sağlayan sulama programları için fizyolojik bir temel oluşturmakta; bunun için de, bölgesel kök kurumasına dayalı (PRD: Partial root drying) ve düzenli kısıtlı sulama (RDI: Regulated deficit irrigation) programları geliştirilmektedir. Özsü akışı, gövde büyümesindeki değişiklikler, bitki taç sıcaklığı ve fotokimyasal belirtilere (PRI: Photochemical reflectance index) ait parametreler kullanılarak düzenli kısıtlı sulama programlarının hazırlanması mümkün olabilmektedir. Bütün bu araçlar ekofizyolojik düzeyde ümit verici sonuçlar üretmişlerdir. PRD ve RDI tekniklerinin kombinasyonu henüz test edilmemekle birlikte, ümit verici sonuçlar ortaya çıkarabileceği düşünülmektedir. Bu tür çalışmaların yararlı olduğunu göstermek için, bağ yetiştiriciliği ve sulaması açısından tarımsal düzeyde çeşitli araştırmalar yürütülmektedir (Cifre et al., 2005).

Çin'in kuzeydoğusunda bitki su açığının hesaplanması ve sulamanın programlanması amacıyla yapılan çalışmada, gerçek bitki su ihtiyaçlarının hesaplanması; mısır, soya fasulyesi ve sorgum gibi ana bitkiler için su açıklarının büyüklüğünün belirlenmesi ve sulama zamanlaması yapılabilmesi için çalışmalar yürütülmüştür. Bitki su ihtiyaçlarının belirlenebilmesi için geçmişte meydana gelen yağış dağılımlarıyla bitki su ihtiyaçları değerlerinden yararlanılmıştır. Sulama zamanı, 1992 ve 2001 yılları boyunca her yetiştirme sezonu içerisinde dikim öncesi toprak nemi, ET_c ve eski yıllara ait yağış verilerinin

ortalamasına bağılı olarak, toprakta kullanılmasına izin verilen yarayışılı toprak nemi dengesinin gözlenmesiyle hesaplanmıştır. Geçmiş yıllara ait tüketilmesine izin verilen toprak neminin bitki tarafından kullanılmasına yakın bir değere gelindiğinde sulama suyu uygulanmıştır. Sulama süresi de, bitkinin kritik büyüme aşamasına göre, bir su açığı oluşturmıyacak şekilde bitkinin su ihtiyacını karşılayacak kadar suyun uygulanması olarak planlanmıştır. Tam bir sulama programı için, sulama süresi tarlanın gerçek kullanılabilir toprak nemi dengesi dikkate alınarak belirlenmiş ve kullanılabilir toprak neminin % 50'si bitki tarafından alındığında sulama uygulaması yapılmıştır (Li et al., 2005b).

1993-1994 yıllarında GAP Bölgesi Harran Ovası koşullarında yetiştirilen pamuğun sulama zamanının saptanmasında tansiyometrelerin kullanılma olanaklarının ele alındığı araştırmada, gravimetrik yöntemle saptanan toprak nem miktarları, aynı derinlikteki tansiyometre okuma değerleriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, Şanlıurfa Harran Ovası koşullarında, kil bünyeli topraklarda tansiyometrelerle pamuk sulama zamanını saptamak için, tansiyometrelerin toprağın 30 veya 45 cm derinliğe yerleştirilebileceğı, bu iki derinlikteki tansiyometre okuma değerleri arasında önemli bir fark olmadığı belirtilmiş; bu durumda pamuğun, tansiyometre okuma değeri 30 cm derinlikte 60-65 cb, 45 cm derinlikte ise 55-60 cb olduğunda sulanması gerektiğı sonucuna varılmıştır. 60 cm toprak derinliğine yerleştirilen tansiyometreler ise, sulama zamanının tespitinde uyumlu sonuçlar vermemiştir. Buna göre, Harran Ovası iklimi ve kil bünyeli toprak koşullarında pamuk sulama zamanının tespiti için, 60 cm toprak

derinliğine tansiyometre yerleştirilmesinde dikkatli olunması, ya da bu derinliklerden kaçınılması önerilmiştir (Çetin, 1997).

1995 ve 1996 yıllarında, Aydın Ovası koşullarında tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülen araştırmada, ilk su uygulama zamanını belirlemek amacıyla, 1995 yılında ilk sulama ekimden 40, 47, 54, 61, 68 gün; 1996 yılında ise 48, 51, 54, 57 ve 60 gün sonra olmak üzere beş farklı sulama konusu incelenmiş ve araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, ilk su uygulama zamanı verimi etkilemiştir. Denemede, orta blok gözlem bloğu olarak kabul edilmiş, sulama zamanı gelen parsellerden sulama öncesi toprak sondası ile alınan toprak örneklerinde nem gereksinimi gravimetrik olarak belirlenmiştir. Diğer bloklardaki parsellere de, örneklerin alındığı orta bloktaki benzer konular için hesaplanan sulama suyuna eşit miktarda su uygulanmıştır. Gereksinim duyulan su miktarı her parsele bir su sayacından yararlanmak suretiyle ölçülü bir şekilde verilmiş ve her bir konunun mevsimlik bitki su tüketimi değerleri belirli bir alana giren ve çıkan suyun ölçülmesi esasına dayalı su dengesi eşitliğinden hesaplanmıştır (Sezgin vd., 1997b).

Sulama projelerinin hazırlanması ve sulama zamanının planlanması çalışmalarında bitki su tüketimi değerlerinin kullanıldığı; bununla birlikte bitki su tüketimlerinin tarla denemeleri ile doğrudan ölçülebildiği gibi, iklim verilerinden yararlanılarak çeşitli yöntemlerle tahmin de edilebileceği belirtilmektedir. Kırklareli yöresinde çeşitli bitkilerin su tüketimlerinin tahmininde kullanılabilecek yöntemlerin tespitinde, bitki su tüketimi tahmin yöntemlerinden Blaney-Criddle, Penman-Monteith, Penman-FAO modifikasyonu ve Jensen-Haise yöntemlerinin kullanılma olanakları araştırılmıştır. Buğday bitkisi için on günlük periyotlara ilişkin

bitki su tüketimi tahminlerinde Penman-FAO yönteminin, şekerpancarı ve ayçiçeği bitkileri için Blaney-Criddle yönteminin yeterli sonuç verdiği saptanmıştır. Yöresel koşullarda bitki su tüketimi tahmin eşitliklerinin etkin ve yaygın kullanımı için, k_c bitki katsayılarının tarla denemeleriyle ölçülen bitki su tüketimi değerlerine göre kalibre edilmesinin büyük önem taşıdığı sonucuna varılmıştır (Yüksel ve Erdem, 1997).

Sulama projelerinin yönetiminde karar-verme, birçok karar-destek bileşenine bağlı olmakla birlikte, günlük yönetim faaliyetlerinin planlanması için projeye ilişkin çok sayıda veriye ve bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Sulama sistemleri yöneticileri geleneksel olarak elle işlenen tarla bilgileri ve veri derlemelerinin üstesinden gelmeye çalışmakta; ancak orta büyüklükteki bir sulama sisteminin hizmet ettiği kullanıcı sayısı binlerle ifade edilmekte ve bu durumda bilgilerin elle işlenmesi uzun ve pahalı bir işlem olmaktadır. Ayrıca bu bilgiler zamanında hazırlanamamakta veya tamamlanamamakta ve bu koşullarda bilgi girişi, işlenmesi ve depolanması güvenli olmamaktadır (Kodal vd., 2003).

Teknolojinin oldukça geliştiği ve yaygınlaştığı günümüzde ülkemizde sulama birlikleri de alet ve ekipman bakımından gelişmektedir. Sulama projelerine ilişkin veri ve bilgilerin depolanma ve işlenmesinde bilgisayarlar önemli bir yer tutmaya başlamış, bu amaçla sulama birlikleri yönetim, organizasyon ve muhasebe gibi konularda kullanılmak üzere bazı yazılımlar edinmişlerdir. Fakat özellikle bu konuların bir bütün olarak tamamını veya çoğunu kapsayan, teknik personelin işlerini sistemli bir biçime dönüştürebilecek, ayrıca birliğin kapsadığı alana ait proje bilgilerini parsel düzeyinde depolayıp

düzenleyecek bir bilgi sistemini de içeren gelişmiş bir yazılım ülkemizde mevcut değildir. Dünyada az sayıda örneği bulunan bu tür yazılımların sulama birliklerimizde kullanımında oldukça geç kalınmıştır (Kodal vd., 2003).

Ülkemizdeki birçok araştırmacının günümüzde, diğer pek çok ülkede de olduğu gibi bilgisayar model çalışmalarına ilgi duyduğu ve her model çalışmasının geliştirildiği sistem içerisinde belirli varsayımlara dayanarak gerçekleştirildiği belirtilmektedir. İster başka araştırmacılar tarafından geliştirilmiş, isterse de kendi geliştirdiğimiz modeller olsun, bir modeli belirli bir amaca yönelik olarak kullanmadan önce, gerçekleştirilmesi gereken testler ve modelin kalibrasyonu ile birlikte gerçekleştirilmesi gereken analizler söz konusudur. Şu unutulmamalıdır ki, bir bilgisayar modelinin gücü ve kalitesi, geliştiricinin ve kullanıcının bu modelin varsayımlarına ve matematiksel yapısına olan yakınlığıyla doğru orantılıdır. Her model ancak geçerliliği doğrulandıktan sonra varsayımları çerçevesinde doğru tahminler verebilir (Yıldız ve Yıldız, 1997).

Sulama zamanının planlanmasında kullanılan toprak su bütçesi yaklaşımı özellikle bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, son yıllarda gitgide bir önem kazanmış ve su dengesi esasına dayanan, toprak, bitki ve iklim koşulları yanında sulama yöntemi ve sulama sisteminin özelliklerini de göz önüne alan ve bilgisayar yazılımı bulunan çeşitli simülasyon modelleri geliştirilmiştir. Dünya Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından geliştirilen CROPWAT ve Belçika'da K. U. Leuven Üniversitesi'nde geliştirilen IRSIS bu modellere örnek olarak verilebilir. Bu modellerle sulama zamanının planlanmasında, iklimle ilgili veriler

(bitki su tüketiminin hesaplanmasında kullanılan iklim faktörleri, yağış), bitkiyle ilgili veriler (bitki gelişme aşamaları, bitki katsayısı, verim faktörü, kök derinliği, p değeri), toprakla ilgili veriler (tarla kapasitesi, solma noktası, infiltrasyon hızı, yüzey akış metodu ve parametreleri) ile sulama yöntemi ve sulama sistemi ile ilgili bilgiler kullanılmaktadır. Bu tür modellerin ülkemizde başarı ile kullanılabilmesi için, tarla koşullarında test edilmesi, modelde kullanılan girdilerin dikkatli seçilmesi (örneğin yöre koşullarına uygun bitki su tüketimi tahmin yöntemi ve uygun bitki katsayılarının kullanılması ve modelde yer alan eşitliklerdeki regresyon katsayılarının yöre koşullarına uygun değerlerinin belirlenmesi ve kullanılması) gerekmektedir (Kodal vd., 1993).

Uçan ve Yüksel'in (2000) çalışmalarında, araştırma alanında rastgele seçilen parsellerde tarla su uygulama randımanının belirlenmesi için alınan toprak örnekleri, aynı zamanda çiftçilerin sulama zamanını belirleme yeteneklerinin tespiti amacıyla bir kriter olarak kullanılmış; yağış, bitki ve toprak özelliklerine ilişkin veriler toplanmış ve sulama zamanı konusunda çiftçilerin görüşleri alınmıştır. Araştırma alanında yetiştirilen bitkilerin su tüketimleri FAO tarafından geliştirilen CROPWAT (7.0) paket programı yardımıyla Penman-Monteith yöntemine göre hesaplanmış ve sulama zamanları belirlenmiştir. Her sulamada toprakta nemin tarla kapasitesine getirileceği göz önüne alınmıştır.

Tekirdağ Ziraat Fakültesi kampüs alanında yer alan arazilerde yetiştirilen şekerpancarı, ayçiçeği, buğday ve mısır bitkilerinin su tüketimleri, sulama suyu ihtiyaçları ve sulama programlarının

belirlenmesinde, Penman-Monteith eşitliğini esas alan ve FAO tarafından geliştirilmiş olan CROPWAT bilgisayar programı kullanılmıştır. Şekerpancarı için Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının ilk yarılarında sırasıyla 98, 99 ve 105 mm. olmak üzere üç; ayçiçeği için Haziran ayının ortalarında, Temmuz ve Ağustos aylarının ilk yarılarında sırasıyla 98, 99 ve 101 mm. olmak üzere üç; buğday için Haziran ayının ilk yarısında 110 mm. olmak üzere bir ve mısır için Haziran ve Temmuz aylarının ikinci yarılarında sırasıyla 99 ve 106 mm. olmak üzere iki sulama yapılması gerektiği saptanmıştır (İstanbuluoğlu ve Şişman, 1997; Şişman ve İstanbuluoğlu, 2004).

CROPWAT paket programı yardımıyla, proje alanına ilişkin bitkiler için sulama zamanı planlaması, şebeke su ihtiyacının belirlenmesi ve sulama yöntemi açısından proje değerlendirmesi yapılabilmektedir. Bitki su tüketiminin belirlenmesi Penman-Monteith yöntemi yardımıyla, sulama zamanının planlanması ise FAO tarafından geliştirilen CROPWAT paket programı ile oluşturulmakta ve elde edilen bu optimum bitki desenine ilişkin bitki su tüketim değerleri ve sulama zamanı planları kullanıcıların hizmetine sunulabilmektedir (Ağlamış ve Tokgöz, 1997).

Kars-Aralık rüzgâr erozyon sahasının sulama zamanının planlanması amacıyla FAO tarafından geliştirilen CROPWAT bilgisayar paket programı kullanılmış ve yörenin çok yıllık meteorolojik değerlerinden yararlanılarak, sahanın tarıma açılması ile önerilecek bitki desenine ait su tüketimleri ve ana sulama sistemine çekilmesi gerekli su miktarı hesaplanmıştır. Ayrıca, Köy Hizmetleri Erzurum Araştırma Enstitüsü'nün yöre koşullarında yaptığı tarla deneme ve demonstrasyon

alışmaları ile ifti uygulamaları göz önüne alınarak, saha için sulama zamanın planlanması yapılmıştır. Programda yörenin çok yıllık meteorolojik değerleri kullanılarak bitki su tüketimleri Modifiye Penman yöntemi ile hesaplanmıştır. Programda belirtilen aşamalar izlenirken, yağışın tümü etkili olarak kabul edilmiş, ayrıca sulama zamanının planlanmasında optimum sulama koşulu seçilmiş ve her sulamada eksik toprak nem düzeyi tarla kapasitesine yükseltilmiştir. Tarla su uygulama randımanı da sahanın toprak koşulları dikkate alınarak % 60 olarak alınmıştır (İstanbuluoğlu ve Sevim, 1992).

George et. al (2000), yaptıkları çalışmada, veri bankası işletim sisteminden oluşan (DBMS: Database management system) sulama programlama modeli (ISM: Irrigation scheduling model) ve grafiksel kullanıcı ara yüzünden oluşan (GUI: Graphical user interface), tekli ve çoklu üretim yapılan alanlarda çeşitli işletim opsiyonları altında sulama programlarının çalıştırılması için geliştirilmiş iki model kullanmışlardır. ISM modeli, günlük su dengesi araştırmasına dayanmaktadır ve bu modelde iklim, bitki ve toprak verileri girdi olarak alınmaktadır. ISM modeli ile iklim verilerinin uygunluğuna bağlı olarak, referans evapotranspirasyonun (ET_0) hesaplanmasında bir, ya da daha fazla yöntem önerilmektedir. GUI modeli ise, “mouse” (fare) hareketleri ile pencerelerin bilgisayarda değiştirilmesi, menüler içinde gezilmesi ve tuşlar ile kontrolün sağlandığı bir modeldir. Model tarla verilerine karşı test edilmiştir (CROPWAT). Bu modelde verilen toprak nem içerikleri tek bitkinin veya çeşitli bitkilerin yetiştirildiği tarla koşullarının her ikisi için de tarla ölçümleriyle karşılaştırılmış; ikinci sulamadan sonra 2 model arasında küçük bir fark görülmesinin nedeni olarak, hatalı köklenme

fonksiyonları, ET hesaplamaları, ya da iki model arasındaki diğer farklar gösterilmiştir.

LQD (The Loma de Quinto Irrigation District) için, bitki verimi açısından geçmiş bilgiler uygun ve yeterli olmadığından, bölgedeki bitkisel üretim ve su kullanımı üzerine sulama yönteminin etkilerini değerlendirmek amacıyla sulama programlama simülasyon modelleri kullanılmıştır. Çiftçilerin işletim uygulamalarını (sulama zamanları ve miktarları) ve en iyi sulama programlarını simüle etmek için CROPWAT yazılımı kullanılmış; sulama değerlendirmeleri, sabit yağmurlama sistemi ve sulama programıyla bitkisel verim arasındaki ilişki de ele alınmıştır (Dechmi et al., 2003).

Hindistan'a ait agro-ekolojik bir bölgenin (AER: Agro-ecological region), coğrafi bilgi sistemi (GIS: Geographic information system) ve çeşitli modeller kullanılarak, soğuk periyotlarının haritalanması, olası aylık Muson Yağışları ve iklimsel su dengesinin (su fazlalığı, gerçek evapotranspirasyon) mekansal değişimi üzerine analizler yapılmıştır. Çeltik, bölgede en çok yetiştirilen bitki olduğundan, farklı agro-ekolojik alt bölgelerde, CROPWAT 4.0 modeli ve GIS kullanılarak bitki su ihtiyaçları bölgesel olarak analiz edilmiştir. Bölgede (AER 12.0) yetiştirilen çeltik bitkisi için sonbahar, kış ve yaz aylarına ait bitki su ihtiyaçları, normal yağışlı bir yılda sırasıyla 450-550, 600-720 ve 775-875 mm. olarak CROPWAT 4.0 modeliyle hesaplanmıştır (Kar and Verma, 2005).

IRSIS (Irrigation Scheduling Information System), parsel düzeyinde, yetiştirilen herhangi bir bitki için bölgenin iklim ve toprak

koşulları, yetiştirilen bitkinin karakteristikleri, çiftçi istekleri ve kullanılan sulama yöntemi ile sulama sisteminin özelliklerini göz önüne alarak yeterli ve kısıtlı su koşullarında sulama zaman planlarının (sulama tarihi, sulama aralığı, her sulamada uygulanacak sulama suyu derinliği) belirlenmesi amacı ile geliştirilmiş bir bilgisayar yazılımıdır (Koçak Tahmaz, 2006).

IRSIS bilgisayar yazılımıyla bitkilerin sulama zamanının planlanmasında, iklimle ilgili veriler (bitki su tüketiminin hesaplanmasında kullanılan iklim faktörleri, yağış), bitkiyle ilgili veriler (bitki gelişme aşamaları, bitki katsayısı: k_c , verim faktörü: k_y , kök derinliği, kullanılabilir toprak suyunun tüketilmesine izin verilen yüzdesi: p), toprakla ilgili veriler (tarla kapasitesi, solma noktası, infiltrasyon hızı, yüzey akış metodu ve parametreleri) ile sulama yöntemi ve sulama sistemi ile ilgili bilgiler kullanılmaktadır. Değişik toprak tiplerinde yetiştirilen farklı bitkilerin yağışlı, normal ve kurak yıllara ilişkin sulama zaman planları yapılabilmekte; yeterli sulama koşulunda optimum sulama programları, yetersiz sulama koşulunda ise kısıtlı sulama programları geliştirilebilmektedir (Çakmak ve Kendirli, 2001).

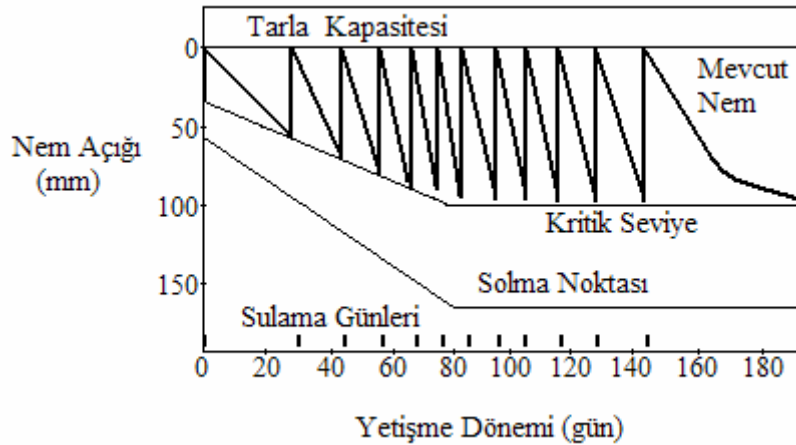
Hidrolojik kayıtların homojenliğini test etmek, yağış ve buharlaşma verilerinin sıklık analizlerini yapmak için, K. U. Leuven Üniversitesi'nin Toprak ve Su Yönetimi Enstitüsü tarafından Rainbow bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Program, özellikle su depolama yapısının kapasitesi, drenaj şebekesi ve sulama sistemlerinin projelenmesi ve yönetimi konusunda önemli değişkenler olan düşük ya da yüksek yağış miktarlarının meydana gelme olasılığının tahmin edilmesi için uygun olmakla birlikte, sulamanın programlanması amacıyla da yardımcı olarak

kullanılmaktadır. Bu program aynı zamanda su bütçesi modelleriyle, IRSIS ve CROPWAT gibi sulamanın programlanmasında kullanılan yazılımlarla kombine olarak çalışmaya uygundur. Değişkenliği yüksek olan yağış koşullarındaki iklimlerde, pratik sulama programlarının hazırlanmasında, farklı hava koşulları için alternatif programların geliştirilmesi zorunlu hale gelmekte ve bu gibi bilgisayar yazılımlarının önemi artmaktadır. Geliştirilecek olan programın, yağışlı yıllarda aşırı derine sızım kayıplarına ve kurak yıllarda bitki stresine neden olmaması gerekmektedir. Farklı iklim koşulları altında sulama programları dizaynı ve planlanması konusunda etkin ve çok yararlı olan bilgisayar destekli kombine sistemler geliştirilmektedir (Raes et al., 1997).

Beypazarı için referans su tüketimi (ET_0) değerleri Penman (FAO modifikasyonu) yöntemiyle hesaplanmış, bu amaçla IRSIS bilgisayar yazılımından yararlanılmıştır. Bu yazılım farklı yöntemlerle ET_0 hesaplamasına ve iklim faktörleri olarak mevcut olanların kullanılmasına olanak vermektedir. Yöntem için gerekli olan iklim faktörlerinden ortalama maksimum sıcaklık, ortalama minimum sıcaklık, ortalama oransal nem ve ortalama rüzgar hızı olarak Beypazarı Meteoroloji İstasyonu değerleri alınmıştır. Beypazarı'nda güneşlenme süresi ve güneş ışınları şiddeti gözlemi yapılmadığından, onar günlük dönemlere ilişkin güneşlenme süresi ve onar günlük dönemler için güneş ışınları şiddetleri hesaplanmıştır. Yöntem için gerekli olan gündüz-gece rüzgar hızı oranı, yöre için önerilen mevsimlik ortalama değer (1,9) alınmıştır. Uzun yıllar ortalaması iklim faktörlerinden yararlanılarak ortalama yıl için onar günlük ET_0 değerleri bulunduğundan sonra, ET_0 analizlerinin yapılabilmesi için, 1971-1994 yıllarının her biri için onar günlük ET_0 değerleri de elde

edilmiştir. Araştırmada, 1971-1994 yıllarına ilişkin onar günlük yağış değerlerinin analizi için RAINBOW bilgisayar yazılımından, yeterli ve kısıtlı su için bitki su tüketimlerinin hesaplanmasında ve sulama programlarının geliştirilmesinde ise IRSIS yazılımından yararlanılmıştır. ET_0 , yağış, bitki ve toprak kütüğü olmak üzere dört bölümden, destek kütüğü ve sulama programlamasına ilişkin işlemlerin yapıldığı işletme kütüğünden oluşan IRSIS yazılımında, istenilen sulama programı elde edilebilmekte ve bu programa ilişkin su bütçesi elemanları sayısal değerler ve grafikler şeklinde alınabilmektedir (Kodal, 1996).

Şekil 2.1’de Şanlıurfa Yöresi’nde yetiştirilen pamuk bitkisi için IRSIS yazılımından elde edilen örnek bir sulama programına ait nem grafiği verilmiş ve grafiğin açıklaması yapılmıştır.



Şekil 2.1. Şanlıurfa Yöresi’nde yetiştirilen pamuk bitkisi için IRSIS yazılımından elde edilen örnek bir sulama programına ait nem grafiği (Kodal, 2004)

Nem grafiği, bitki kök derinliğindeki toprak katmanında zaman boyutunda yani gelişme dönemi boyunca mevcut nemin değişimini gösteren bir grafikdir. Bu grafikte belirli bir andaki mevcut nem, nem

açığı yani tarla kapasitesine olan açık şeklinde ifade edilir. Diğer bir deyişle, bu grafik aslında nem açığı grafiğidir, ancak pratikte sadece nem grafiği olarak isimlendirilir. Nem grafiğinde yatay eksen gün olarak zamanı (gelişme dönemi uzunluğunu), düşey eksen ise nem açığını gösterir.

Nem grafiğinde toprak özelliklerine bağlı olarak üç sabit, bir değişken çizgi yer alır. Grafikte en üstte yer alan ve sıfır su açığına karşılık gelen yatay çizgi “tarla kapasitesi” çizgisidir. En altta yer alan ve önceleri değeri yükselen sonra sabit kalan çizgi ise “solma noktası”nı temsil eder. Bu çizgi, solma noktasında tarla kapasitesine göre kök bölgesi toprak katmanı için nem açığını gösterir ve dolayısıyla kök derinliği ve toprağın su tutma kapasitesinin bir fonksiyonudur. Özellikle tek yıllık bitkiler için solma noktasının başlangıçtan itibaren zamanla değerinin artması, bitki kök derinliğinin artmasından kaynaklanmaktadır. Bitki kök derinliği ekim-dikimde düşüktür (genellikle 30 cm alınır), bitki kökleri geliştikçe bu çizgi değeri artar, kökler maksimum etkili kök derinliğine ulaştıktan sonra hasada kadar bu çizgi yatay kalır. Tarla kapasitesi ile solma noktası çizgileri arasında yer alan ve genellikle solma noktası çizgisine paralel bir değişim gösteren üçüncü çizgi “kritik seviye” çizgisidir. Bu çizgi, kritik seviyenin yani bitkinin strese gireceği su miktarının zaman boyunca değişimini gösterir. Diğer bir ifadeyle, kök derinliğinin, su tutma kapasitesinin ve kritik seviyenin yani p faktörünün bir fonksiyonudur. Dördüncü çizgi, kök derinliğindeki toprakta zaman boyutunda mevcut nem değerinin değişimini gösterir (Kodal, 2004).

Şekil 2.1’deki grafikte diğerlerine göre daha kalın olarak çizilen çizgi, kök derinliğindeki toprakta zaman boyutunda mevcut nemin

değişimini göstermektedir. Bu çizgi gelişme dönemi başlangıcında toprakta mevcut olan başlangıç neminden başlar. Verilen örnekte başlangıç nemi kritik seviyenin altında olduğundan gelişme dönemi başlangıcında ilk sulamaya ihtiyaç duyulmuş ve mevcut nem tarla kapasitesine çıkarılmıştır. Mevcut nem çizgisi bitki su tüketimi ile olan su kaybı nedeniyle zamanla aşağı doğru inmiştir. Eğer optimum sulama yapılacaksa, toprak nemi kritik seviye çizgisine gelince sulama zamanı gelmiş demektir ve mevcut nemi tarla kapasitesine çıkaracak kadar sulama suyu uygulanır. Sonra çizgi tekrar aşağıya doğru iner, yani nem açığı artar. Sulama zamanına ve uygulanacak sulama suyu miktarına gelişme dönemi sonuna kadar bu şekilde karar verilir. Gelişme dönemi sonunda topraktaki nem miktarının tarla kapasitesinde değil, kritik seviye civarında olması veya solma noktasına yakın olması arzu edilir (Kodal, 2004).

Nem grafiği, sulama programının görsel olarak kolaylıkla anlaşılması ve yorumlanması açısından önemlidir. Verilen örnekte toplam 12 sulama yapıldığı görülmektedir. Her sulamanın tarihi, sulama aralıkları, su miktarları yaklaşık olarak grafikten alınabilir. Grafik yardımıyla aşırı sulama yapılmadığı (mevcut nem çizgisi tarla kapasitesi çizgisinin üzerine çıkmamış), bitkinin strese girmediği (mevcut nem çizgisi kritik seviye çizgisinin altına düşmemiş), dolayısıyla verim azalması olmayacağı gibi yorumlar yapmak mümkündür.

Urfa Yöresi'nde yetiştirilen tarla bitkilerinden ayçiçeği, buğday, mısır, pamuk, patates, soya, şekerpancarı ve yerbıstığına ilişkin bitki su tüketimleri, sulama suyu ihtiyaçları, sulama zaman planları ve su-verim ilişkileri IRSIS bilgisayar yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Ayrıca

bitkilerin farklı yağış seçeneklerine göre, yeterli ve kısıtlı sulama suyu koşullarında yetiştirilmeleri halinde sulama zaman planlamaları yapılmış ve çözümler alınmıştır. Ortalama, kurak ve yağışlı geçen yıllar dikkate alınarak hazırlanan sulama zaman planlarında ortaya çıkan değişimler incelenmeye çalışılmış; sulama zaman planı yapılan bitkilerin farklı sulama programlarında bitki kök bölgesindeki su miktarının değişimleri IRSIS programı ile elde edilen grafiklerden yararlanılarak incelenmiştir (Kodal vd., 1997a).

Harran Ovası'ndaki sulama birliklerinde yetiştirilen antepfıstığının bitki su tüketimi, sulama suyu ihtiyacı, farklı yağış koşulları için sulama zaman planları ve su-verim ilişkileri IRSIS bilgisayar yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Buna göre, bitki yetişme mevsimi içerisinde suya karşı görülen gerilimin oluşma zamanına ve şiddetine göre, verim miktarındaki azalma az veya çok olabilmektedir. Bitki veriminde bir azalma istenmiyorsa, kök bölgesindeki su miktarının yetişme mevsimi boyunca kullanılabilir su tutma kapasitesinin belirli bir oranının (p) altına düşmesine izin verilmemesi gerekmektedir. P değerinin bitkiye, bitki gelişme aşamalarına, toprak özelliklerine ve maksimum su tüketim miktarına bağlı olarak değiştiği; sulama zamanı planlaması yapılan bitkilerin farklı sulama programlarında bitki kök bölgesindeki su miktarı değişimlerinin IRSIS programı ile elde edilen grafiklerden yararlanılarak incelendiği belirtilmektedir (Kendirli, 2001).

Gediz Havzası'nda zeytinin yeterli ve kısıtlı su koşullarında sulama zaman planları ve brüt kar değerleri belirlenmeye çalışılmış; yeterli ve kısıtlı su koşulları için IRSIS bilgisayar yazılımı kullanılarak sulama programları oluşturulmuştur. Önce yeterli su koşulları (% 100) için

sulama programı elde edilmiş, daha sonra bu su miktarının % 90, %80, % 70, % 60 ve % 50'si alınarak kısıtlı sulama suyu miktarları hesaplanmış, bunlara uygun kısıtlı sulama programları elde edilmiştir. IRSIS ve CROPWAT bilgisayar yazılımlarından elde edilen sulama sayılarının ve sulama suyu miktarlarının, tarla denemeleri sonucunda elde edilen değerlere yakın olduğu belirlenmiştir (Çakmak ve Kendirli, 2001).

Yağışlı ve kurak yıllara ilişkin sulama zaman planlanması çalışmalarında kullanılacak yağış değerleri, geçmiş yıllarda ölçülen yağışların analizi ile elde edilebilmektedir. Bununla ilgili olarak Salihli'de, 1971-2001 yıllarında ölçülen aylık ve yıllık yağış değerleri RAINBOW yazılımı yardımıyla istatistiksel olarak analiz edilmiş ve yağışlı, normal ve kurak ay ve yıllarda beklenen güvenilir yağış değerleri elde edilmiştir. Bu değerler sulama açısından kuraklık analizinde kullanılmıştır (Yıldırım, 2002).

Ankara Beypazarı'nda yeterli ve kısıtlı su koşullarında sulama programlaması ve işletme optimizasyonu yapılmış ve optimum su dağıtımı belirlenmiştir. Yağış ve ET_0 analizleri ile belirlenen ortalama, sıcak-kurak ve serin-yağışlı yıllar için yörede 180,9 da. tarım alanına sahip bir işletmede yetiştirilen 13 bitkinin sulama programları IRSIS yazılımı yardımıyla elde edilmiş; araştırma sonucunda kooperatif gelirinin maksimum olabilmesi için, yetersiz su kaynağının işletmeler arasında eşit bir şekilde dağıtılmasının gerektiği ve bu durumda aynı suyla daha fazla alanın sulanmasının, daha çok çiftçinin su kaynağından yararlanmasının ve daha fazla tarımsal ürün alınmasının mümkün olduğu tespit edilmiştir (Kodal, 1996).

İçel İli iklim koşullarında yetiştirilen turunçgilin farklı toprak ve yağış koşulları altında, IRSIS bilgisayar yazılımı ile yeterli ve kısıtlı su koşullarında sulama programlarını elde etmek amacıyla, yeterli su (% 100) koşulunda çözüm alınarak gerekli su miktarları elde edilmiş, daha sonra su miktarının % 90, % 80, % 70, % 60 ve % 50'si alınarak kısıtlı sulama suyu miktarları hesaplanmış ve bunlara uygun kısıtlı sulama programları elde edilmiştir. Optimum sulama koşulu için elde edilen plana göre, normal yağışlı yıl için killi tınlı toprakta 7 sulamada 597,4 mm.; kumlu killi tınlı toprakta 8 sulamada 592,1 mm.; kumlu tınlı toprakta 10 sulamada 620,6 mm. sulama suyu uygulanacak ve verimde azalma olmayacaktır. Kısıtlı sulama programları yalnızca kurak yıl koşulu için hazırlanmış ve mevsimlik kısıt uygulanmıştır. İçel Yöresi'nde yetiştirilen turunçgilin farklı toprak ve yağış seçeneklerine göre optimum ve kısıtlı olmak üzere iki şekilde sulama zaman planlaması yapılmış ve çözümler alınmıştır. Optimum sulama koşullarında gerçek su tüketiminin maksimum su tüketimine oranı 1,00 olup, gerçek verim (Y_a) maksimum verime (Y_m) eşittir. Bitkiye verilen su miktarı azaldıkça sulama sayısı da azalmaktadır. Kısıtlı sulama planları oluşturulurken, sulama suyunun optimum koşullarda verilmesi gereken toplam sulama suyunun kısıtlanan %'sine eşit ya da yakın olmasına çalışılmış ve kurak yıl koşullarında kısıtlı sulama planları hazırlanmıştır. Uygulanan kısıt arttırıldığında verim azalması değerleri artış göstermiş olup, % 80 kısıt için % 16,0; % 70 kısıt için % 22,9; % 60 kısıt için % 32,8 ve % 50 kısıt için % 38,9 olmuştur (Çakmak, 2001).

Maliyeti yüksek ve su stresine karşı duyarlılığı fazla olan bitkilerde, doğru bir sulama programı yöntemine ihtiyaç duyulmakta,

bunun için farklı uygulama sistemleri altında yetiştirilen bitkilere ait fenolojik dönemler boyunca bitki su ihtiyaçlarıyla ilgili programlama parametrelerinin hesaplanması gerekmektedir. Bitki gelişim aşaması içerisindeki günlere dayalı (GDD: Growing Degree Days) sulama programlarına ait parametreler ile ilgili birkaç model sunulmaktadır. Bunlar, izin verilebilir toprak nemi açığının yönetimi (Management allowed soil water depletion), köklenme derinliği (R_d : Rooting depth) ve bitki katsayısıdır (K_c). Önerilen modeller, ticari üretim yapılan, sulamanın yüzey ve yağmurlama sulama şeklinde olduğu iki farklı tarlada uygulanmış ve sonuçta kullanılan modelin, sulamaları tutarlı ve mantıklı bir yolla önceden bildirdiği belirlenmiştir. Önerilen modeller kolay uygulanabilir, mantıklı ve iyi sonuç veren sulama programlamasında kullanılan yararlı birer bilgisayar programıdır. Sulama programlamasında çoğunlukla kullanılan alternatif yöntemlerden biri kök bölgesindeki toprak su içeriğini hesaplamak için kullanılan su dengesi yöntemidir. Su dengesine dayalı, ticari amaçlar için geliştirilmiş ve sulamanın programlanması amacıyla kullanılan birçok bilgisayar programı mevcuttur. Bunlara AZSCHED, CROPWAT, SCHEDULER, ETWATBAL, SPRITER programları örnek olarak verilebilir (Bustamante et al., 2004).

Yeterli ve kısıtlı su kaynağı koşullarında, optimum bitki deseni ve su miktarıyla çiftlik gelirinin belirlenmesi için, doğrusal olmayan bir optimizasyon modeli oluşturulabilmekte; bu amaçla referans bitki su tüketimi FAO-Penman yöntemi kullanılarak hesaplanabilmektedir. Sulamanın programlanması için, IRSIS bilgisayar programından yararlanıldığında ve NLP (Non-linear programming) ile LP (Linear

programming) karşılaştırıldığında, kısıtlı sulama suyu kullanıldığı koşullarda, NLP modeli daha yüksek çiftlik gelir değerleri verebilmektedir (Benli ve Kodal, 2003).

Şanlıurfa Harran Ovası Tahılalan Sulama Birliği'ndeki küçük ölçekli (30 da.) bir tarım işletmesinde, kısıtlı ve yeterli sulama suyu koşullarında, maksimum gelir getirecek bitki deseninin belirlenmesinde, Akçakale'ye ait referans su tüketimi değerleri Penman (FAO Modifikasyonu) yöntemiyle hesaplanmış, bu amaçla IRSIS bilgisayar yazılımından yararlanılmıştır. Ayrıca, bitki su ihtiyacının tamamen karşılandığı duruma ek olarak, bitki su ihtiyacının bir kısmının karşılandığı duruma ilişkin bitki su tüketimi ve sulama programlarının elde edilmesi amaçlanmıştır. Belirlenen su miktarı seçeneklerine göre IRSIS bilgisayar yazılımı kullanılarak bitki su tüketimleri ve sulama programları oluşturulmuştur. Öncelikle yeterli su için çözüm alınarak gerekli su miktarı (% 100) elde edilmiş, daha sonra bu su miktarının % 75 ve % 50'si alınarak kısıtlı sulama suyu miktarları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar için gerekli olan k_c bitki katsayıları, k_y verim faktörleri, bitki etkili kök derinliği, sulamaya başlanacak toprak nem düzeyi gibi bitki dosyası bilgileri FAO 24, FAO 33, FAO 56'dan yararlanılarak hazırlanmış ve mevsimlik su kısıtı uygulanmıştır (Benli vd., 2001).

Sulama programının oluşturulmasında kullanılmak üzere geliştirilen IRSIS ve CROPWAT (7.0) paket programında elde edilen optimum sulama planlama sonuçları tarla denemeleri ile bulunan değerlerle karşılaştırılmıştır. Domates bitkisinde "Class A Pan" buharlaşmasından yararlanılarak sulama programının oluşturulması amacıyla 1994-1996 yılları arasında yürütülen tarla denemesinin

sonuçları bu amaçla kullanılmıştır. Paket programın çalıştırılmasında her yıla ait toprak, bitki ve iklim özellikleri kullanılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda, IRSIS ve CROPWAT paket programlarından elde edilen sulama sayıları ve sulama suyu miktarları, tarla denemeleri sonucu elde edilen değerlere yakın çıkmıştır. Domates bitkisinde IRSIS ve CROPWAT programında elde edilen sulama programları, tarla parsellerinde deneme ile belirlenen sulama programı ile karşılaştırıldığında ise, sulama sayısı bakımından IRSIS, sulama suyu miktarı açısından ise CROPWAT programı daha yaklaşık sonuçlar vermiştir (Balçın ve Güleç, 1997).

Bir tarım işletmesinde yetiştirilen bitkilerin sulama tarihleri, zaman boyutunda düzensiz dağılabildiğinden, işletmede zaman ve ekonomik açıdan sorunlar meydana gelebilmektedir. Beypazarı koşulları için işletmede yetiştirilen bitkilere ait ortak sulama programlarının geliştirilmesi ve işletmenin ortak sulama takviminin oluşturulmasında öncelikle, ilk planlamaya oranla sulama yapılan gün sayısının % 25 dolayında azaldığı belirlenmiştir. Sulamaların programlanması amacıyla, A. Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Bilgi İşlem Ünitesindeki bilgisayarlardan ve QPRO, EXCEL, QSB, IRSIS bilgisayar yazılımlarından yararlanılmıştır. Beypazarı için referans su tüketimi değerleri Penman (FAO modifikasyonu) yöntemiyle hesaplanmış, bu amaçla IRSIS yazılımı kullanılmıştır (Kodal vd., 1997b).

Tekirdağ ilinde yetiştirilen belli başlı bitkilerin sulama suyu ihtiyaçlarının hesaplanması amacıyla, iklim verilerine bağlı olarak bitki su tüketiminin hesaplanmasında geçerli ve duyarlı sonuçlar veren, beş farklı yöntemin uygulanması seçilmiştir. Bunlar, Blaney-Criddle FAO

Modifikasyonu, Blaney-Criddle, Penman-Monteith, Jensen-Heise ve Penman FAO Modifikasyonu yöntemleridir. Hesaplamalarda Macintosh Bilgisayar Sistemleri için geliştirilmiş olan “4.th Dimension” ana veri tabanı programına bağlı olarak bir sulama suyu ihtiyacı programından yararlanılmıştır. Bitki su tüketim değerlerinin doğrudan arazide belirlenmesi yapılamadığı için, elde edilen sonuçlar doğrudan ölçüm değerleri ile karşılaştırılamamıştır. Ancak hazırlanan bilgisayar programındaki hesaplama yöntemlerinin doğru çözümü bulup bulmadığının tespit edilmesinde, benzer bir çalışmadan elde edilen verilerle karşılaştırma yapılması yolu tercih edilmiş ve benzer sonuçları verdiği belirlenmiştir. Aradaki farklılığın nedenini ise iklim parametrelerinin oluşturduğu belirtilmiştir (Albut ve Yüksel, 1997).

Sulamanın programlanması için genellikle su dengesi modellerinin kullanıldığı belirtilmekte; çeltik için geliştirilen su dengesi modeli IRRICEP ve bir başka simülasyon modeli olan CROPWAT’tan söz edilmektedir. Sulamanın programlanmasında, hava koşulları, bitkinin sulamaya vereceği tepki, mekansal etmenler, infiltrasyon karakteristiklerinin değişkenliği, toprak suyunun kullanılabilirliği gibi faktörlerin neden olduğu parametreler söz konusu olmaktadır. Bundan başka gerekli olan verilerin toplanması, gözlenmesi ve kullanılması için kapsamlı bir çalışmaya gereksinim duyulmaktadır. Bu sorunların çözülmesinde “Coğrafi Bilgi Sistemi” (GIS: Geographic information system) önemli bir rol oynayabilir. GIS yazılımı ile gerekli mekansal verilerin toplanması, depolanması ve yönetimi yapılabilmektedir. Bunun için daha fazla çalışmaya gerek olmamakla birlikte, sistemin modifiye, ya da güncellemeye de uygun olduğu bildirilmektedir. Simülasyon

modellerinden elde edilecek sonuçların, GIS fonksiyonları kullanılarak mekansal unsurların daha iyi anlaşılması ve yeni bakış açısı sağlaması açısından önemli olabileceği ifade edilmektedir. Bununla birlikte GIS ve sulama programlama modellerinin (ISMs: Irrigation scheduling models) birlikte kullanılmasının, sulamanın yönetimi konusunda büyük yarar sağlayacağına vurgu yapılmaktadır (George et al., 2004).

Kamboinsé (Burkina Faso) Bölgesi'nde su dengesi unsurları üzerine farklı sulama programlarının etkileri için çalışmalar yapılmış ve tarla denemeleri yürütülmüştür. Arazi koşullarında elde edilen bazı veriler, tahmin amaçlı olarak kullanılan belirli bir mekanik modelin (HYDRUS) değerlendirilip kalibre edilmesine olanak sağlamaktadır. Araştırma sonuçları, çiftçi uygulamalarının zayıf bir sulama etkinliğine sahip olduğunu göstermektedir ve bu yetersiz su sağlama, optimum suyun uygulandığı koşuldan daha az verim elde edilmesine neden olmaktadır. Buna bağlı olarak, soğan bitkisinin verimi ve gelişimi üzerinde sulama sıklığının önemli bir rolü olduğu belirtilmektedir. Çalışmaların genelinde, soğanın başarılı bir şekilde sulanması, çiftçilerin sulama zamanı ve her sulamada uygulanacak sulama suyu miktarı konusundaki yeteneklerine büyük oranda bağlıdır. Yapılan çalışma sonuçları göstermektedir ki, düşük etkinliğe sahip olan çiftçi uygulamaları ile elde edilecek olan verim, bilimsel araştırma ve uygun sıklıkla yapılan sulama programlaması ile elde edilenden daha düşük olmaktadır (Mermoud et al., 2005).

Geliştirilen yeni bir telekomünikasyon formunda, çiftçiler sisteme telefon aracılığı ile bağlanmakta ve öncelikle kendilerine sistem denetçileri tarafından verilmiş olan bir numarayı (örneğin, parsel

numarası gibi- Field Number 888) tuşlayarak sisteme girmektedirler. Sistem o gün için çiftçiye, nötron probe yöntemiyle belirlenmiş, ilgili araziye ait toprak nemi ölçüm sonucunu söylemektedir. Ayrıca tarlada yetiştirilen bitkiye ait bir gün önceki günlük bitki su tüketimi de verilmektedir. Çiftçinin sisteme girdiği günün sabahı için, topraktaki kullanılabilir nem miktarına bağlı olarak, bitki kök bölgesi derinliği hesaplanır. Bu koşullar için, çiftçinin topraktaki nemi mevcut olan değerde tutması koşulunda, sistemi ne kadar süreyle çalıştırması gerektiği söylenmekte ve gerekli uyarılar da sistem tarafından yapılmaktadır. Ayrıca, eğer çiftçi bitki kök bölgesindeki toprak nemini arttırmak istiyorsa, yapılması gerekenleri de sistem bildirir. Bu koşullarda sulama etkinliği de verilmektedir. Parselde yetiştirilen bitki için, toprak nemindeki azalmaya bağlı olarak, ne zaman su stresi yaşanacağı uyarısı da sistem tarafından yapılmaktadır (Wells and Allen, 1988).

Endüstri ve kırsal alanların hızla gelişmesi, nüfusun artması ve yaşam standartlarının yükselmesi, Kuzey Çin Ovası'nda tarım dışı su kullanım ihtiyacını arttırmış; buna karşın sulama için kullanılabilir su kaynakları azalmıştır. Tarımsal üretimde su kullanımının sürdürülebilirliği açısından, sulamada tasarruf sağlayacak ve talebi azaltacak teknolojiye ihtiyaç duyulmaktadır. Sulamanın programlanmasında kullanılan ISAREG simülasyon modelinin ve referans evapotranspirasyonun gözlenmesinde kullanılan geçerli yolların, öncelikle kalibrasyonu ve geçerliliğinin belirlenmesi için, Wangdu çalışma istasyonu kullanılmıştır. Ayrıca toprak yönetim çalışmaları ve demonstrasyon alanları da oluşturulmuş; toprak suyu tansiyometreler, nötron probe ve TDR yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla,

kullanılan araçlar proje alanındaki çiftçilerin arazilerine yerleştirilmiştir. ISAREG simülasyon modeli ile, bitki su ihtiyaçları ve en iyi sulama programlama uygulamalarının gelişimi desteklenmektedir. Bu modelle ayrıca, 1) Verimin maksimize edilmesi için sulamanın programlanması, 2) Belirlenen sulama suyu miktarı ile sulamanın programlanması, 3) Verilen zamanlarda suyun uygulanması koşulunda sulama programının ortaya konması, 4) Kısıtlı sulama suyu koşulunda, sabit ya da değişen miktarlarda suyun uygulanması durumunda optimum sulama programının araştırılması, 5) Sulama yapılmadan su dengesinin sağlanması ve 6) Net sulama suyu ihtiyaçlarının belirlenmesi gibi çalışmaların da yapılabileceği belirtilmiştir (Pereira et al., 2003).

Kuzey Etiyopya vertisolleri üzerinde geleneksel sulama yöntemleri, sulama programlaması ve nöbetleşe karık sulaması ile ilgili yapılan araştırmada, geleneksel yöntemlerle çalışan çiftçilere, vertisol sulama yönteminde toprakların verimliliğini arttırmak amacıyla geliştirilen alternatif yönetim seçenekleri önerilmeye çalışılmıştır. Yönetim seçeneklerinin değerlendirilmesinde, dane verimleri karşılaştırıldığında görülmüştür ki, karık bazında yapılan bilimsel programlama sonucunda diğer seçeneklere göre en yüksek verim düzeyleri elde edilmiş ve geleneksel yöntemlerle yapılan yönetim çalışmasına göre % 54 daha fazla artış olduğu gözlenmiştir. Ekonomik kar açısından bakıldığında, her bir karık için bilimsel sulama programı yönetimi ile en yüksek net gelir elde edilmiştir (Minteson et al., 2004).

Kapsamlı bir sulama görüşüne dayalı olan dönemsel karık sulama modeli OPTIMEC (Economic OPTIMization, in Spain) kullanılarak, karık sulamada ekonomik karı maksimize etmeyi amaçlayan bir optimum

sulama takvimi elde edilebilir. OPTIMEC, eğer ekonomik optimizasyon modülü kullanılırsa, sulama olaylarının tek olarak, ya da bütün sulama sezonu boyunca programlanmasına olanak sağlamaktadır (Montesinos et al., 2002).

Özbekistan’da, gelişmiş sulama programlamasını desteklemesi için, optimum ya da kısıtlı sulama koşullarında, tarla düzeyinde bitki sulama programlarının simülasyonu ve sulama suyu ihtiyaçlarının belirlenmesi için, kavramsal bir su dağıtım dengesi modeli olan ISAREG seçilmiştir. Proje ölçeğinde modelin kullanımının sağlanması için, coğrafi bilgi sistemiyle entegre olan modelin yeni bir versiyonu geliştirilmiştir. GIS destekli modelin kullanılmasındaki amaç, gelişmiş tarla sulama yönetimine ve daha ileriki aşamada proje yönetimine yardımcı olunmasıdır. GISAREG modelinin, su tasarrufu sağlamak amacıyla kullanılan farklı sulama durumlarıyla karşılaştırılıp, bitki sulama suyu ihtiyacının hesaplanmasında uygulandığı bildirilmektedir. GISAREG modelinin, ISAREG ve GIS ArcView 3.2’nin entegrasyonu ile oluşturulmuş, büyük alanlarda ya da sulama projelerinde sulama programının kolaylıkla elde edilmesini sağlayan bir simülasyon modeli olduğu; ayrıca, bölge ya da proje alanı içerisinde su talebinin mekansal dağılımı açısından da bir gözleme olanağı sağladığı belirtilmektedir (Fortes et al., 2005).

Suyun korunması, su kalitesinin kontrolü ve daha etkin su kullanımı açısından bir takım öncelikler belirlenmiş, bu amaçla 1980’lerin başında, sulamanın programlanmasında temel oluşturan, referans evapotranspirasyonun (ET_0) elde edilmesini sağlayan CIMIS (California Irrigation Management Information System: Kaliforniya

Sulama Yönetim Bilgi Sistemi) geliştirilmiştir. Ayrıca CIMIS'in genelde, özel ya da tarımsal uygulamalarda sulamayla ilgili bilgiler de sağladığı belirtilmektedir. CIMIS, Kaliforniya Su Kaynakları Departmanı (CDWR: The California Department of Water Resources) ve Kaliforniya Üniversitesi (The University of California) arasında ortaklaşa bir proje olarak geliştirilmiştir. Sulama ihtiyaçlarının ve sulama programının belirlenmesinde toprak-bitki ve atmosfer ilişkisindeki günlük su dengesini esas alan FAO kuralları kullanılmıştır. Burada hesaplamaya, öncelikle referans evapotranspirasyon (ET_0) ile başlanmakta ve toprak su içeriği, sulama zamanı ve toplam sulama suyu derinliğini içeren su dengesinin sağlanmasıyla çalışma son bulmaktadır. ET_0 , Penman-Monteith yöntemi kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu yöntem genellikle yarı kurak bölgelerde önerilmektedir (Ortega et al., 2005).

Panda et al. tarafından, su kısıtının söz konusu olduğu koşullar için, mısır üretiminde su kullanım etkinliğinin artırılması amacıyla, bitki üzerinde üç yıl boyunca beş farklı sulama uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bitki su düzeyinin hesaplanması ve buradan da optimum sulama uygulamasının sağlanması amacıyla, çalışmalar süresince toprak nem düzeyi gözlenmiş ve beş sulama uygulaması da, toprakta kullanılabilir nemin tüketilmesine izin verilen maksimum miktarına (MAD: Maximum allowable depletion) bağlı olarak sürdürülmüştür. Mısır gelişimi ile ilgili CERES simülasyon modeli kalibre edilmiş ve yeni kullanım için güncellenmiştir. Toprak nemi derinliğinin zamanla değişimi, nötron probe yöntemi ve toprak profilinin 15-30 cm, 30-45 cm, 45-60 cm, 60-90 cm ve 90-120 cm derinliklerinde yapılan ölçümlerle belirlenmiştir; 0-15 cm'lik toprak profili için ise,

toprak nemi gravimetrik yöntemle hesaplanmıştır. Ölçümler ve simülasyonlar göstermiştir ki, kısıtlı su koşullarında bitki tarafından alınarak toprakta oluşturulacak toprak nemi açığının toprak kullanılabilir nem miktarının % 45'ini geçmesine izin verilmemektedir; bu durum bitki büyüme evrelerinden kritik bir dönemde olunmasa bile yüksek su kullanım etkinliğinin elde edilmesi açısından kaçınılması gereken bir durum olarak belirtilmektedir. Kalibre edilen “CERES-Maize (Mısır) Modeli”, verim parametreleri ve toprak nemi ekstraksiyon deseni simülasyonunda oldukça etkin bulunmuştur (Panda et al., 2004).

GAP içerisinde, “Sulama Sistemlerinin İşletme, Bakım ve Yönetimi (MOM) Projesi” kapsamında, Harran Ovası’nda Fırat Sulama Birliği Sulama Alanı’nda UY5 yedeğinde uygulanan planlı su dağıtım çalışmaları dikkate alınarak, aynı alanda SIMIS yazılımı ile çözüm elde edilmiş, yazılımın olumlu ve olumsuz yönleri belirlenmiştir. Su dağıtımının planlanmasında, sulama zaman planlanmasının ihmal edilmemesi gerektiği sonucuna varılmış ve “Sulama Zaman Planlaması Destekli ve İnteraktif Su Dağıtım Planlaması”nın esasları belirlenerek, önerilen bu yaklaşımın aynı alan için örnek bir uygulaması yapılmıştır (Kodal vd., 2003).

Mevcut su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması açısından toprak, iklim, bitki, topoğrafya, sulama sistemi, sulama yöntemi, su-verim ilişkileri ve çiftçi isteklerinin göz önüne alındığı sulama zaman planlaması (SZP) çalışmaları ile, bu sonuçlara dayalı, bire bir etkileşimli, diğer bir deyişle interaktif ve su dağıtım ağı, parsel özellikleri, bitki deseni ve su yönetim örgütünün koşullarının dikkate alındığı bir su

dağıtım planının (SDP) yapılması büyük önem taşımaktadır (Koçak Tahmaz, 2006).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırma materyali olarak Aşağı Büyük Menderes Havzası'nda yer alan ve DSİ 21. Bölge Müdürlüğü sorumluluk sınırları içerisinde bulunan Akçay Sol Sahil Sulama Birliği ele alınmıştır. Adı geçen sulama birliği devir öncesi dönemde DSİ tarafından Akçay Sulaması adı altında işletilen şebekenin bir parçası olup, Akçay Sulama Şebekesi; Akçay Sağ Sahil ve Akçay Sol Sahil Sulama Birliği adı altında ikiye ayrılarak sulama birliklerine devredilmiştir. Bu birliğin devir işlemi 28.06.1995 tarihinde tamamlanmış olduğundan, devir öncesi ve devir sonrası ortalama bitki ekiliş alanları (ha.) ve oranlarına ait veriler 1984'ten 2005'e kadar (Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2) ayrı ayrı düzenlenmiştir. Akçay Sol Sahil Sulama Birliği bünyesinde yaklaşık 6.220 ha.'lık alan sulamaya açılmıştır. Bölgedeki sulama kanalları uzunluğu 124.371 m., drenaj kanalları uzunluğu 61.282 m., ana kanal başlangıç debisi ise 7,05 m³/sn.'dir. Sulama alanında depolama tesisi olarak Kemer Barajı, su kaynağı olarak ise Akçay Nehri ve Akçay Regülatörü kullanılmaktadır. Akçay Sol Sahil Sulama Birliği alanında 1 ilçe, 1 belde ve 16 köy bulunmaktadır. Akçay Sol Sahil Sulama Birliği'nin bitki deseninde, bölgede tarımı yoğun olarak yapılan pamuk bitkisi ilk sırada gelmekte, bunu mısır, yem bitkileri, her çeşit sebze ve narenciye izlemektedir (Anonymous, 2006a).

Çizelge 3.1. Devir Öncesi (1984-1995) Dönem İçin Akçay Sulaması'na Ait Ortalama Ekiliş Alanları ve Ortalama Ekiliş Oranları

BİTKİ	Ortalama Ekiliş Alanı (ha.)	Ortalama Ekiliş Oranı (%)
Pamuk	7804,48	68,19
Mısır	1039,87	9,43
Bostan	305,19	2,74
Her Çeşit Meyve	300,06	2,63
Her Çeşit Sebze	235,52	2,32
Yem Bitkileri	330,56	3,15
Narenciye	312,91	2,87
II. Ürün Mısır	78,35	3,81

Çizelge 3.2. Devir Sonrası (1996-2005) Dönem İçin Akçay Sol Sahil Sulama Birliği'ne Ait Ortalama Ekiliş Alanları ve Ortalama Ekiliş Oranları

BİTKİ	Ekiliş Alanı (ha.)	Ekiliş Oranı (%)
Pamuk	3249,475	58,91
Mısır	781,884	14,89
Bostan	76,475	1,53
Her Çeşit Meyve	13,426	0,29
Her Çeşit Sebze	243,993	5,00
Yem Bitkileri	240,610	4,85
Narenciye	119,655	2,33
II. Ürün Mısır	42,440	1,69

3.1.1. Araştırma Alanına İlişkin Genel Bilgiler

3.1.1.1. Coğrafi Durumu

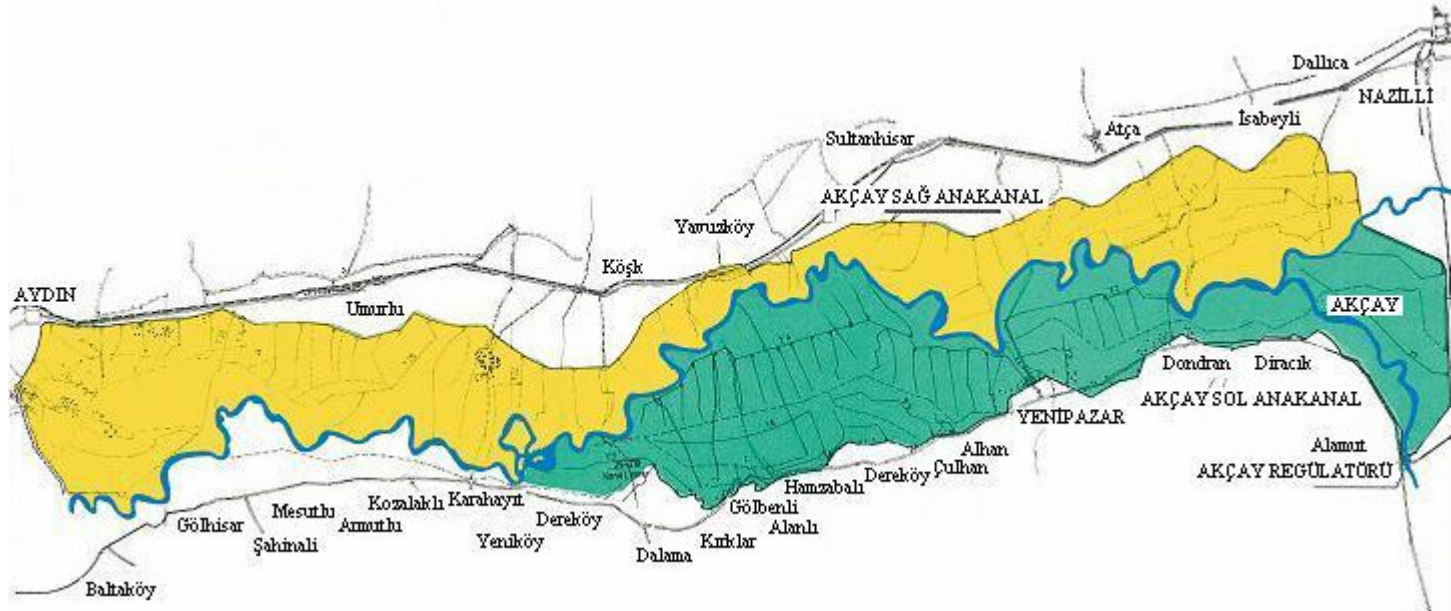
Büyük Menderes (BM) havzası 37° 12' - 38° 40' kuzey enlemleri ile 27° 15' - 30° 15' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havzayı kuzeyde İzmir, Manisa, Uşak; güneyde Muğla; doğuda Afyon, Burdur illeri ve batıda Ege Denizi sınırlamaktadır. Türkiye yüzölçümünün % 3,20'sini kaplayan havzanın drenaj alanı 24.976 km²'dir. Havza, doğu-batı doğrultusunda yaklaşık 200 km boyunca uzanmakta ve genişliği doğudan batıya artmaktadır. Havzanın, orta kesimi genişliği 10 km'yi,

batı kesimi ise 20 km'yi bulan bir taşkın ovası özelliğindedir. Büyük Menderes Nehri'nin oluşturduğu vadi, taban ovası özelliği göstermez. Jeolojik dönemde fayların parçalanması sonucu oluşmuş bir graben özelliğindedir. Söke ilçesinden denize kadar olan en batı kesimi, Büyük Menderes deltasının ilerlemesi sonucu denizden kazanılmış bir delta özelliği göstermektedir. Sulama birliğinin çalışma alanı 37°.82' kuzey enlemi ve 28°.18' doğu boylamlarında olup, denizden yüksekliği ortalama 55 m'dir (Koç, 1998).

Araştırma yeri olarak seçilen Akçay Sol Sahil Sulama Birliği, Aşağı Büyük Menderes Havzası'nda ve DSİ 21. Bölge Müdürlüğü sorumluluk sınırları içerisinde yer almaktadır. Büyük Menderes Havzası Şekil 3.1'de, Akçay Sol Sahil Sulama Birliği'nin çalışma alanı ise Şekil 3.2'de (yeşil ile gösterilen alan) verilmektedir.



Şekil 3.1. Büyük Menderes Havzası



Şekil 3.2. Akçay Sol Sahil Sulama Birliği çalışma alanı (Yeşil Alan)

3.1.1.2. İklim Durumu

Büyük Menderes Havzası'nın güneyi ve batısı kışları ılık ve yağışlı; yazları, sıcak ve kurak geçen karasal iklim özelliği göstermektedir (Koç, 1998). Araştırma alanına ait bazı iklim verilerinin uzun yıllar aylık ortalamaları (1985-2005) Çizelge 3.3'te verilmiştir (Anonymous, 2006b).

Çizelge 3.3. Araştırma Alanına Ait Bazı İklim Verilerinin Uzun Yıllar Aylık Ortalama Değerleri (Anonim, 2006b)

Aylar	Toplam Buharlaşma (mm)	Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	Oransal Nem (%)	Ortalama Rüzgar Hızı (m/sn)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Toplam Yağış (mm)
Ocak	34,58	4,47	71,59	1,60	8,13	101,62
Şubat	39,69	5,02	68,34	1,60	8,91	85,58
Mart	67,33	6,30	65,89	1,62	11,73	73,39
Nisan	99,78	7,40	63,38	1,71	15,73	58,23
Mayıs	162,51	9,19	57,93	1,83	20,89	36,21
Haziran	226,98	11,05	50,22	1,95	25,94	18,26
Temmuz	263,09	11,33	50,68	1,91	28,37	7,92
Ağustos	236,56	10,90	55,69	1,85	27,20	4,95
Eylül	167,55	9,43	57,62	1,68	23,24	15,85
Ekim	102,52	7,15	63,15	1,36	18,40	41,33
Kasım	47,95	5,02	68,76	1,38	12,91	89,52
Aralık	29,22	4,07	72,93	1,61	9,40	116,03
Yıllık Toplam	1477,76					648,89

3.1.1.3. Tarımsal Durum

Büyük Menderes Havzası'nda tarla bitkileri, özellikle de endüstri bitkileri yetiştiriciliği tarımsal üretimde en önemli yeri almakta, bunun yanında sebze ve meyve yetiştiriciliği ile hayvancılık da yapılmaktadır. Yukarı havzada yer alan sulanan bitki türlerinin başında şeker pancarı, hububat ve yem bitkileri gelmektedir. Aşağı havzadaki sulama şebekelerinde ise, bitki deseni yıllara göre değişmekle birlikte, pamuk bitkisi sulanan alanın ortalama % 75'ini kapsamakta, ancak bu oran

Akçay Sol Sahil Sulama Birliği bünyesinde % 59'dur, bunu hububat, mısır, sebzeler izlemektedir. Havza sulama şebekelerinde yer alan tarımsal işletmelerin ortalama büyüklükleri 2 da ile 25 da arasında değişim göstermektedir (Koç, 1998).

3.1.1.4. Toprak Durumu

Büyük Menderes Havzası, doğuda Nazilli Feslek Ovası'ndan başlayıp, batıda Söke Ovası ile Ege Denizi'ne kadar uzanan kesimde tarımsal potansiyeli çok yüksek geniş alüviyal ovaları kapsamaktadır. DSİ tarafından arazinin sulamaya elverişliliğini belirlemek amacıyla yapılan sulu tarım ayrıntılı sınıflandırma etütlerine göre havza sulama şebekeleri toprak kaynakları altı sınıfa ayrılmıştır. Toplam 88.440 ha olan havza sulama şebekeleri toprak kaynaklarının % 14,15'i I., % 26,60'ı II., % 23,52'si III. sınıf araziler olup, üç sınıfın toplam olarak % 64,33'ü sulamaya uygun arazilerden oluşmaktadır. Özel bitkiler için sulanabilir veya özel amaçlar için kullanılabilir arazileri oluşturan IV. sınıf araziler % 4,96, geçici olarak sulanamaz V. sınıf araziler % 26,42, sulanamaz araziler olan VI. sınıf ise % 4,29 oranındadır (Koç, 1998).

Büyük Menderes Havzası'nda pedogenetik özelliklere sahip, 16 çeşit toprak grubu vardır. Ancak sulu tarım yapılan ve sulanabilir arazi topraklarının % 60-70'ini alüviyal, % 20-30'unu kolüviyal, geriye kalan bölümü de kırmızı-kestane, kahverengi orman, kalkersiz kahverengi ve kestane rengi toprak grupları oluşturmaktadır. Alüviyal topraklar taban arazileri oluşturlar ve derin profilli olduklarından hemen her türlü kültür bitkisinin yetişmesine olanak sağlarlar. Toprakların kireç düzeyi orta olup, genellikle organik madde bakımından fakirdirler. Ova

toprakları ağırdan çok hafife doğru değişen çok çeşitli bünyelere sahiptir. Ancak büyük bir çoğunluğu orta bünyelidir. Yan alüviyal topraklarda birkaç yer istisna edilirse geçirgenlik iyidir. Ancak taban alüviyal toprakların geçirgenliği düşüktür ve ovanın her tarafına yayılmış durumdadır (Sezgin vd., 2002).

Akçay Sulama Şebekesi'nde, I. sınıf sulanabilir arazi 3319,80 ha'dır, bunun toplam sulu tarım arazisi sınıfları içindeki payı % 22; II. sınıf sulanabilir arazi 4225,20 ha, oranı % 28; III. sınıf sulanabilir arazi 3923,40 ha ve oranı % 26'dır. Bu üç sulanabilir arazi sınıfının toplam alanı 11468,40 ha, toplam sulanabilir alan içindeki payı ise % 76'dır. IV. sınıf arazi büyüklüğü 3621,60 ha ve bunun tüm alan içerisindeki payı % 24'tür. V. ve VI. sınıf araziler ise geçici olarak sulanamaz arazi şeklinde verilmiştir. Bu rakamların toplamından, I., II., III. ve IV. sınıf arazilerin alanı toplam olarak 15.090 ha ve sulu tarım arazisi sınıfları içerisindeki payı % 100 olarak bulunur. Çizelge 3.4'te Akçay Sulama Şebekesi'nde sulama yönünden toprak sınıflandırması yapılmıştır (Koç, 1998).

Çizelge 3.4. Akçay Sulama Şebekesi'nde
Sulama Yönünden Toprak Sınıflandırması

Arazi Sınıfı	Alan (ha)	Toplam Sulu Tarım Arazisi Sınıfları İçindeki Payı (%)
I. Sınıf sulanabilir arazi	3319,80	22
II. Sınıf sulanabilir arazi	4225,20	28
III. Sınıf sulanabilir arazi	3923,40	26
TOPLAM	11468,40	76
IV. Sınıf sulanabilir arazi	3621,60	24
V. Sınıf arazi	Geçici olarak sulanamaz arazi	
VI. Sınıf arazi	Geçici olarak sulanamaz arazi	
I., II., III. ve IV. Sınıf arazilerin toplamı	15090,00	100

Akçay Sol Sahil Sulama Birliği bünyesinde yer alan bazı alanların toprak fiziksel özellikleri Çizelge 3.5'te görüldüğü gibidir. Buna göre, Yenipazar-1 alanında 0-30 cm toprak katmanı için bünye sınıfı siltli-killi tın, 30-120 cm toprak katmanı içinse siltli-kil; hacim ağırlık değerleri 0-30 cm'de 1,45 gr/cm³, 30-60 cm'de 1,35 gr/cm³, 60-90 cm için 1,29 gr/cm³, 90-120 cm içinse 1,45 gr/cm³'tür. Ayrıca çizelgede, bölgeye ait toprakların tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri de verilmektedir. Yenipazar-2 alanındaki toprakların 0-90 cm'lik katmanına ait bünye sınıfının kumlu-tın, 90-120 cm için ise tın olduğu belirtilmekte; hacim ağırlık, tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri de Çizelge 3.5'te verilmektedir (Sezgin vd., 2002).

Çizelge 3.5. Akçay Sol Sahil Sulama Birliği Bünyesinde Yer Alan Bazı Alanların Toprak Fiziksel Özellikleri (Sezgin vd., 2002)

Arazi	Toprak Katmanı (cm)	Bünye Sınıfı	Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Tarla Kapasitesi (Pw) (%)	Solma Noktası (Pw) (%)
Yenipazar-1 Dereköy	0-30	Siltli-Killi Tın	1,45	31,67	7,48
	30-60	Siltli-Kil	1,35	38,56	6,90
	60-90	Siltli-Kil	1,29	37,69	7,93
	90-120	Siltli-Kil	1,45	35,40	8,22
Yenipazar-2 Hamzabali	0-30	Kumlu-Tın	1,62	19,47	7,70
	30-60	Kumlu-Tın	1,55	18,20	11,10
	60-90	Kumlu-Tın	1,46	20,54	12,83
	90-120	Tın	1,34	26,19	7,21

Sulama birliği bünyesinde yer alan bazı alanların verimlilik analiz sonuçları Çizelge 3.6'da görüldüğü gibidir. Çizelgede Yenipazar-1, Dereköy, Yenipazar-2 ve Hamzabali alanlarına ait 0-120 cm toprak katmanı için pH, EC, organik madde, CaCO₃, toplam tuz, yararlı P₂O₅ ve yararlı K₂O değerleri verilmektedir. Bölgede bulunan Büyük Menderes

Nehri'ne ait sulama suyu analiz sonuçlarından elde edilen pH, EC, katyon ve anyon gibi veriler ise Çizelge 3.7'de görülmektedir (Sezgin vd., 2002).

Çizelge 3.6. Akçay Sol Sahil Sulama Birliği Bünyesinde Yer Alan Bazı Alanların Toprak Verimlilik Analiz Sonuçları (Sezgin vd., 2002)

Arazi	Toprak Katmanı (cm)	pH	EC (ds/m)	Organik Madde (%)	CaCO ₃ (%)	Toplam Tuz (%)	Yararlı P ₂ O ₅ (kg/da)	Yararlı K ₂ O (kg/da)
Yenipazar-1 Dereköy	0-30	7,90	0,56	0,98	19,37	0,19	3,21	87,82
	30-60	8,10	0,75	0,41	17,76	0,26		
	60-90	8,03	0,60	0,27	14,34	0,24		
	90-120	8,24	0,72	0,99	18,26	0,29		
Yenipazar-2 Hamzabali	0-30	8,09	0,63	0,62	0,64	0,15	13,51	43,80
	30-60	8,25	0,30	0,55	1,18	0,06		
	60-90	9,05	0,83	0,31	3,45	0,24		
	90-120	8,59	1,51	0,17	3,14	0,60		

Çizelge 3.7. Akçay Sol Sahil Sulama Birliği Bünyesinde Kullanılan Sulama Sularının Analiz Sonuçları (Sezgin vd., 2002)

Alındığı Yer	Ph	EC (ds/m)	Katyonlar (me/l)				
Büyük Menderes	7,7	2,02	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺	K ⁺	Toplam
			4,78	3,70	0,92	0,38	9,78
			Anyonlar (me/l)				
			HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Toplam
			6,90	-	0,002	3,02	9,92
			RSC (me/l)	SAR (%)	Bor (ppm)	Na (%)	Sınıfı
			2,280	3,145	0,022	48,87	C ₃ S ₁

3.1.1.5. Su Kaynakları ve Su Yapıları

Büyük Menderes Havzası'nı besleyen ana su kaynağı Büyük Menderes Nehri'dir. Yaklaşık 584 km uzunluğa ve 24.976 km²'lik yağış havzasına sahip olan nehir, Dinar'ın kuzey doğusundaki kireçtaşı dikliklerinde yer alan karstik kökenli kaynaktan doğmakta ve Sandıklı

Ovası'nı çeviren yüksek dağlardan inen derelerin birleşmesiyle oluşan ikincil kol ile birleşerek Çivril Ovası'nda Büyük Menderes ismini almaktadır. Çal'da, üçüncü kolu olan Banaz Çayı ile Adıgüzel Barajı'nda birleşmektedir. Daha sonra Honaz Dağı eteklerinden gelen Honaz Çayı'nı alarak, Menteşe yöresi dağlarından gelen Akçay ve Çine Çayları ile birleşmekte ve Bafa Gölü'nün batısından denize dökülmektedir. Nehrin akışı mevsimlere göre büyük değişiklik göstermekte, özellikle yan derelerin kuruması ile debisi büyük oranda azalmaktadır. Bu nedenle, depolama yapılarak kurak dönemlerde yeterli suyu sağlayabilmek amacıyla Işıklı Gölü, Adıgüzel ve Kemer Barajları'ndan yararlanılmaktadır (Koç, 1998).

Sulama, enerji ve taşkın amaçlı olarak yapılan Adıgüzel Barajı'ndan Sarayköy, Nazilli, Akçay, Aydın, Söke sulama şebekeleri ile Büyük Menderes Havzası'ndaki halk sulamalarına su verilmektedir. Kemer Barajı; sulama, enerji ve taşkından korunma amaçlıdır. Barajdan Bozdoğan halk sulamaları, Akçay, Aydın, Söke Sulama şebekeleri ile Büyük Menderes Havzası'ndaki bazı halk sulamalarına su sağlanmaktadır (Koç, 1998). Bölgede ayrıca, Aydın-Çine'de bulunan, Madran Çayı'ndan beslenen sulama-taşkın koruma amaçlı inşa edilmiş olan Topçam Barajı ve Aydın-Karpuzlu'da Kocaçay akarsuyundan beslenen, sulama amaçlı kullanılan Yaylakavak Barajı yer almaktadır (Anonymous, 2007).

3.2. Yöntem

Çalışmada, sulama zaman planlaması için gerekli olan meteorolojik veriler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir.

Bölge için referans bitki su tüketimi değerleri Penman-Monteith (FAO Modifikasyonu) yöntemi ile hesaplanmıştır, bu amaçla Belçika'da K.U. Leuven Üniversitesi'nde geliştirilen IRSIS bilgisayar yazılımından yararlanılmıştır (Raes et. al., 1988).

Penman-Monteith (FAO Modifikasyonu) yöntemiyle referans bitki su tüketiminin hesaplanmasında kullanılan eşitlik;

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \text{ 'tir.}$$

Bu eşitlikte;

ET_0 = Referans evapotranspirasyon (mm/gün),

R_n = Bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ/m²gün),

G = Toprak ısı değişim yoğunluğu (MJ/m²gün),

T = 2 m yükseklikteki günlük hava sıcaklığı (°C),

u_2 = 2 m yükseklikteki rüzgâr hızı (m/sn),

e_s = Doygun buhar basıncı (kPa),

e_a = Gerçek buhar basıncı (kPa),

$e_s - e_a$ = Doygun buhar basıncı açığı (kPa),

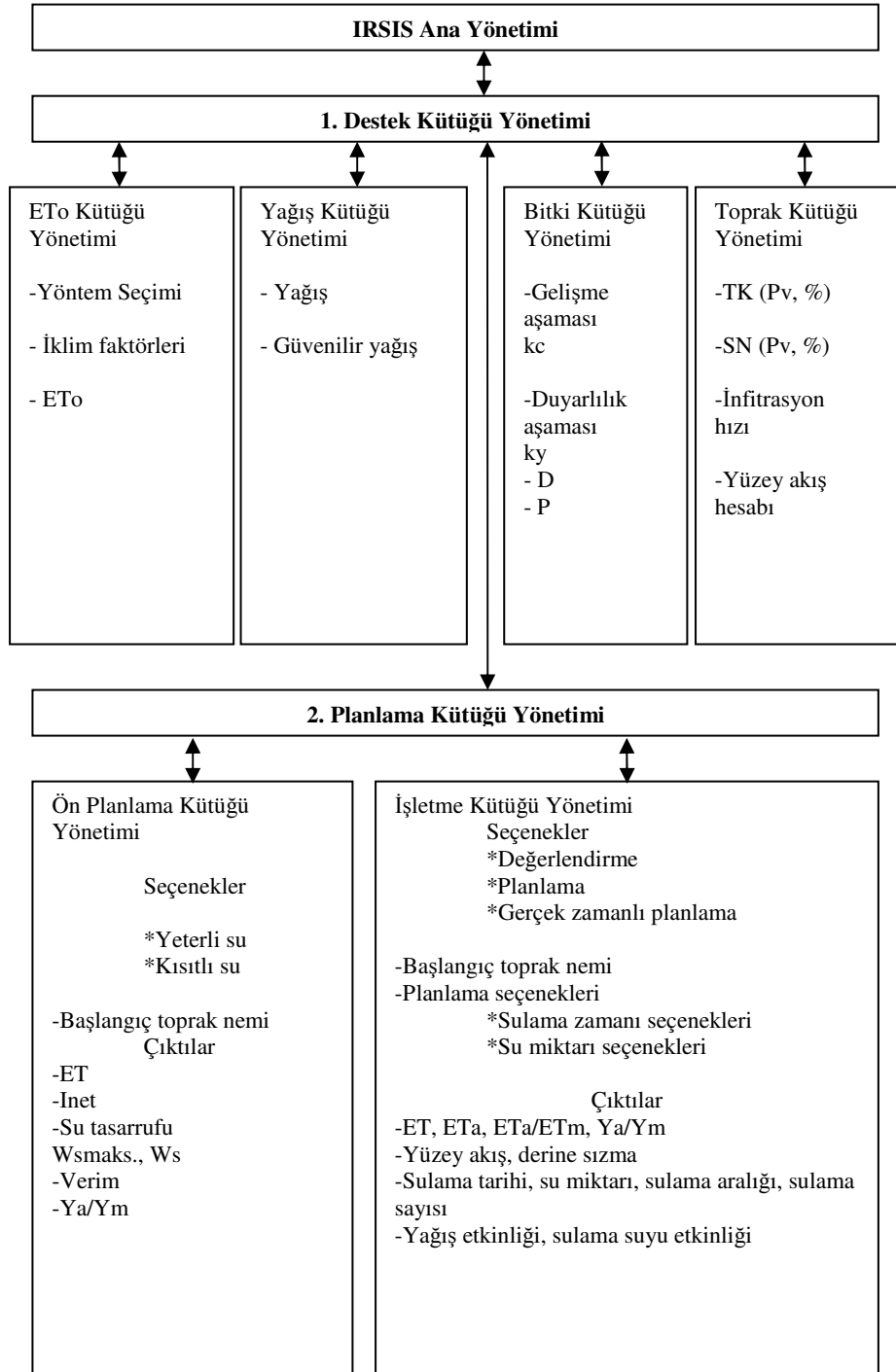
Δ = Buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa/°C),

γ = Psikrometrik sabit (kPa/°C), (Allen et al., 1998).

1984'ten 2005 yılına kadar olan meteorolojik veriler, her ayın ilk 10, ikinci 10 ve üçüncü 10 günlük dilimi olmak üzere üç periyoda bölünmüştür. Her ayın ilgili 10 günlük periyoduna ait meteorolojik ölçümlerin ortalamaları, 1985 ve 2005 yılları arasındaki ilgili 10 günlük dilimlere ait ortalama verilerle toplanarak yıl sayısına bölünmüş ve uzun yıllar ortalamaları hesaplanmıştır.

IRSIS bilgisayar yazılımında referans bitki su tüketimini hesaplamak amacıyla gerekli olan meteorolojik veriler; ortalama minimum ve maksimum sıcaklık (°C), ortalama güneşlenme süreleri (saat), ortalama nem (%), ortalama rüzgar hızı (m/sn) ve yağış ortalamaları (mm) ile elde edilen verilerdir.

Çalışmada, sulama zaman planlarının belirlenmesinde de IRSIS (Irrigation Scheduling Information System) paket programı kullanılmıştır. IRSIS, parsel düzeyinde yetiştirilen herhangi bir bitki için bölgenin iklim ve toprak koşulları, yetiştirilen bitkinin karakteristikleri, çiftçi istekleri ve kullanılan sulama yöntemi ile sulama sisteminin özellikleri göz önüne alınarak yeterli ve kısıtlı su koşullarına göre sulama zaman planlarının (sulama tarihi, sulama aralığı, her sulamada uygulanacak sulama suyu derinliği) belirlenmesi amacı ile geliştirilmiş bir bilgisayar yazılımıdır (Raes et al., 1988; Kodal 1996). IRSIS yazılımındaki destek kütüğü ve planlama kütüğü bölümleri Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. IRSIS yazılımında destek ve planlama kütüğü bölümleri

IRSIS ana yönetimi iki bölümden oluşmaktadır:

- 1) Destek Kütüğü Yönetimi
- 2) Planlama Kütüğü Yönetimi

1) Destek Kütüğü Yönetimi:

Sulama programını oluşturmak için gerekli verilerin programa yüklendiği bölümdür. ET_0 kütüğü yönetimi, yağış kütüğü yönetimi, bitki kütüğü yönetimi ve toprak kütüğü yönetiminden meydana gelmektedir. ET_0 kütüğü yönetiminde ya seçilen yönteme uygun iklim parametreleri belirlenerek ET_0 değerleri hesaplatılır ya da daha önce başka bir yerde kullanıcı tarafından hesaplanan ET_0 değerleri elle programa girilir. Programda kullanılan ET_0 hesaplama yöntemleri; Blaney-Criddle (FAO), Hargreaves, A sınıfı buharlaşma kabı ve Modifiye Penman (FAO) yöntemleridir. ET_0 değerleri aylık, on günlük ve günlük periyotlar için hesaplatılabilir.

Yağış kütüğü yönetiminde, meteoroloji istasyonundan alınan bölgenin yağış değerleri programa girilerek günlük, on günlük ve aylık periyotlar için güvenilir yağış değerleri elde edilir.

Bitki kütüğü yönetiminde, bitkinin gelişme aşamaları (kc), duyarlılık aşamaları (ky), kök derinliği (D) ve kritik seviye (p) gibi bitki karakteristikleri programa girilmektedir.

Toprak kütüğü yönetiminde, solma noktası (SN), tarla kapasitesi (TK), su tutma kapasitesi ve infiltrasyon hızı gibi yörenin toprak özelliklerini dikkate alarak yüzey akış hesaplatılır.

2) Planlama Kütüğü Yönetimi:

Ön planlama ve işletme aşamalarından oluşur. Ön planlama aşaması, sulama sistemlerinin projelenmesi (veya işletilmesi aşamasında gelecekteki sulama mevsimi içi), sulama suyu miktarının yeterli veya kısıtlı olduğu koşullarda, bitki yetiştirme dönemi boyunca net sulama suyu ihtiyacının belirlenmesi amacıyla yapılır.

İşletme aşaması, sulama sisteminin işletmeye açılmasından sonra, sulama tarihlerinin verilecek sulama suyu miktarlarının belirlenmesi veya geçmiş dönemlere ilişkin sulama programlarının değerlendirilmesi amacıyla yapılır. Üç aşamaya ayrılır:

a) **Planlama çalışması:** Sulama mevsimi başlangıcında veya öncesinde, proje alanında yetiştirilecek bitkilerin sulama zamanının planlanması amacıyla yapılır.

b) **Değerlendirme çalışması:** Sulama mevsimi sonunda veya sonrasında, o mevsim süresince uygulanan sulama programının değerlendirilmesi amacıyla yapılır.

c) **Gerçek zamanlı planlama çalışması:** Sulama mevsiminin başlangıcından sonuna kadar belirli aralıklarla çözüm alınır, her çözümde, çözüm yapılan andan önceki zaman dilimi için değerlendirme, sonraki kısa bir zaman dilimi için planlama çalışması yapılarak sulama programı geliştirilir (Koçak Tahmaz, 2006).

Sulama programı oluşturmak için gerekli verilerin yüklendiği bölüm olan destek kütüğü yönetimi, ET_0 , yağış, bitki ve toprak kütüğü yönetiminden meydana gelmektedir. ET_0 kütüğü yönetiminde “Modifiye

Penman (FAO)” yöntemi seçilmiş ve buna uygun iklim parametreleri (minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, oransal nem, güneşlenme süreleri ve ortalama rüzgar hızı değerleri) işlenerek ET_0 değerleri on günlük periyotlar için hesaplatılmıştır. Yağış kütüğü yönetiminde, bölgenin güvenilir yağış değerleri programa girilmiş; bitki kütüğünde, bitkinin gelişme aşamaları (kc), duyarlılık aşamaları (ky), kök derinliği (D) ve kritik seviye (p) gibi bitki karakteristikleri programda işlenmiş; toprak kütüğünde, solma noktası (SN) (14 Vol. %), tarla kapasitesi (TK) (38 Vol. %) ve infiltrasyon hızı (189 mm/gün) gibi yörenin toprak özellikleri dikkate alınarak su tutma kapasitesi (240 mm/m) hesaplatılmıştır.

Planlama çalışmasında, Akçay Sol Sahil Sulama Birliği bünyesinde yetiştirilen bitkiler için sulama mevsimi öncesinde sulama zamanlarının planlanması yapılmıştır. Bunun için de, destek kütüğünde oluşturulan ve hesaplatılan verilerin olduğu dosyalar işleme konmuştur (ET_0 , yağış, bitki ve toprak).

Sulama programlarının elde edilmesinde kullanılan IRSIS bilgisayar yazılımında ilgili kütüklere gerekli verilerin işlenmesi ve bu kütüklerin uygulamaya koyulması sonucunda, sulama birliği bünyesinde yetiştirilen on temel bitkiye ait sulama planları ve bitkilerin yetiştirme dönemi boyunca topraktaki nem durumlarını gösteren grafikler oluşturulmuştur.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada, Akçay Sol Sahil Sulama Birliği bünyesinde yetiştirilen pamuk, mısır, II. ürün mısır, yonca, domates, biber, bostan, narenciye, şeftali ve zeytin bitkileri için IRSIS bilgisayar yazılımından sulama planları elde edilmiştir. Çalışma alanında yetiştirilen söz konusu on bitkiye ait yağış seçeneği, planlama türü ve sulama planlaması sonuçları (sulama sayısı, toplam sulama suyu miktarı, en kısa sulama aralığı ve verim oranı) Çizelge 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Akçay Sol Sahil Sulama Birliği Bünyesinde Yetiştirilen Bitkilere Ait Yağış Seçeneği, Planlama Türü ve Sulama Planlaması Sonuçları

Bitki Adı	Yağış Seçeneği	Planlama Türü	Sulama Planlaması Sonuçları				
			Sulama Sayısı	Toplam Sulama Suyu (İr-depth) (mm)	Bitki Su Tüketimi (ETcrop) (mm)	En Kısa Sulama Aralığı (gün)	Verim Oranı (Y _a /Y _m) (%)
Pamuk	Ortalama	Optimum	9	835,20	898,30	13	100
Mısır	Ortalama	Optimum	8	775,80	768,30	9	100
Domates	Ortalama	Optimum	12	824,80	752,00	5	100
Yonca	Ortalama	Optimum	7	1088,40	1204,80	14	100
Narenciye	Ortalama	Optimum	7	973,60	1449,80	17	100
II. Ürün M.	Ortalama	Optimum	7	597,10	549,40	9	100
Bostan	Ortalama	Optimum	3	287,70	351,90	29	100
Şeftali	Ortalama	Optimum	8	1277,90	1123,00	13	100
Zeytin	Ortalama	Optimum	4	702,80	889,70	26	100
Biber	Ortalama	Optimum	17	784,40	775,60	3	100

Çizelgeye göre, ortalama yağış ve optimum planlama seçenekleri için sulama planlaması yapılmıştır. Ancak bu anlamda IRSIS ile parsel düzeyinde yetiştirilen herhangi bir bitki için bölgenin iklim ve toprak koşulları, yetiştirilen bitkinin karakteristikleri, çiftçi istekleri ve kullanılan sulama yöntemi ile sulama sisteminin özellikleri göz önüne alınarak yeterli ve kısıtlı su koşullarına göre sulama zaman planları da

(sulama tarihi, sulama aralığı, her sulamada uygulanacak sulama suyu derinliği) belirlenebilmektedir.

IRSIS ile planlama çalışması yapılabildiği gibi, sulama mevsimi sonunda veya sonrasında, o mevsim süresince uygulanan sulama programının değerlendirilmesi (değerlendirme çalışması) de yapılabilmektedir. Ayrıca program ile sulama mevsiminin başlangıcından sonuna kadar belirli aralıklarla çözüm alınıp, her çözümde, çözüm yapılan andan önceki zaman dilimi için değerlendirme, sonraki kısa bir zaman dilimi için planlama çalışması (gerçek zamanlı planlama çalışması) yapılarak sulama programı geliştirilebilmektedir.

Çalışmada elde edilen sulama planlaması sonuçlarına göre, Akçay Sol Sahil Sulama Birliği bünyesinde yetiştirilen pamuk, mısır, II. ürün mısır, yonca, domates, biber, bostan, narenciye, şeftali ve zeytin bitkilerine ait sulama sayıları arasında en az bostan (3), en çok biber bitkisi için (17) sulama elde edilmiştir. Buna göre, bostan için toplam sulama suyu miktarı 287,70 mm, biber bitkisi için ise 784,40 mm olarak verilmektedir. En yüksek sulama suyu miktarı ise 1277,90 mm ile şeftali bitkisine aittir.

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi, mısır, domates, II. ürün mısır, şeftali ve biber bitkilerinin bitki su tüketimi (ETcrop) değerleri sulama suyu miktarlarından düşük çıkmıştır. Örneğin II. ürün mısır bitkisinde toplam sulama suyu miktarı 597,10 mm. iken, bitki su tüketimi 549,40 mm. olarak hesaplanmıştır. Bu farkın nedeni olarak II. ürün mısır bitkisinin yetiştirme döneminde yağış değerinin sıfır olması gösterilebilir. Böyle bir durumda klasik olarak bitki su tüketimi (ETcrop) değeri sulama suyu (Ir-

depth) değerine eşit olmalıdır. Ancak, ekim tarihinde topraktaki mevcut nem çok düşük olduğundan ekim öncesi destek amaçlı sulama uygulaması yapılmaktadır. Ayrıca bitki kök derinliği sabit değildir (başlangıçta 30 cm. olan kök derinliği giderek artmaktadır) ve sonraki sulamalarda alttaki kuru toprak katmanının nemi de tarla kapasitesine çıkartılmaktadır. Hasatta, topraktaki mevcut nemin solma noktasında değil, kritik seviye çizgisinin üstünde kalması ve yetişme dönemi boyunca bitkide bir stres olmaması istenmektedir. Bu nedenle, bitki su tüketimi değerleri sulama suyu değerlerinden düşük olabilmektedir. Yani toprak koşulları göz önüne alındığında bu sonuç normal olmaktadır.

Ayrıca, izelge 4.1’de bostan bitkisi için elde edilen sulama sayısı 3 ve toplam sulama suyu miktarı 287,7 mm. olarak verilmektedir. Burada sulama sayısının ve uygulanacak sulama suyu miktarının düşük çıkmasının nedeni, bitkinin yetişme dönemi olarak seçilen 01 Mart–13 Haziran tarihleri arasındaki ilk dönemde yağışların yeterli olmasıdır.

Söz konusu bitkilere ait ayrıntılı sulama programları da, sırasıyla izelge 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10 ve 4.11’de ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 4.2. Pamuk Bitkisinin Sulama Programı

Genel Bilgiler				
Yöre			Aydın	
Bitki			Pamuk	
Bitki Yetiştirme Dönemi			15 Nisan – 21 Ekim	
Sulama Türü			Optimum Sulama	
Sulama			Yüzey sulama	
Sulama Programı				
Sulama No	Sulama Tarihi	Sulama Aralığı (gün)	Birikimli Sulama Aralığı (gün)	Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	15 Nisan	-	-	53,40
2	18 Mayıs	33	33	73,30
3	04 Haziran	17	50	79,00
4	18 Haziran	14	64	81,80
5	01 Temmuz	13	77	87,80
6	14 Temmuz	13	90	97,10
7	28 Temmuz	14	104	110,70
8	12 Ağustos	15	119	125,20
9	30 Ağustos	18	137	126,90
Sulama Sayısı: 9		Toplam Su Mik.: 835,20 mm.		Verim Oranı (Y _a /Y _m): % 100

Çizelge 4.3. Mısır Bitkisinin Sulama Programı

Genel Bilgiler				
Yöre			Aydın	
Bitki			Mısır	
Bitki Yetiştirme Dönemi			01 Mayıs – 02 Eylül	
Sulama Türü			Optimum Sulama	
Sulama			Yüzey sulama	
Sulama Programı				
Sulama No	Sulama Tarihi	Sulama Aralığı (gün)	Birikimli Sulama Aralığı (gün)	Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	01 Mayıs	-	-	62,70
2	29 Mayıs	28	28	94,30
3	11 Haziran	13	41	88,50
4	21 Haziran	10	51	87,60
5	30 Haziran	9	60	92,30
6	11 Temmuz	11	71	116,80
7	23 Temmuz	12	83	116,50
8	07 Ağustos	15	98	117,10
Sulama Sayısı: 8		Toplam Su Mik.: 775,80 mm.		Verim Oranı (Y_s/Y_m): % 100

Çizelge 4.4. Domates Bitkisinin Sulama Programı

Genel Bilgiler				
Yöre			Aydın	
Bitki			Domates	
Bitki Yetiştirme Dönemi			15 Mayıs – 27 Ağustos	
Sulama Türü			Optimum Sulama	
Sulama			Yüzey sulama	
Sulama Programı				
Sulama No	Sulama Tarihi	Sulama Aralığı (gün)	Birikimli Sulama Aralığı (gün)	Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	15 Mayıs	-	-	64,30
2	03 Haziran	19	19	76,10
3	14 Haziran	11	30	72,00
4	22 Haziran	8	38	69,00
5	29 Haziran	7	45	72,10
6	05 Temmuz	6	51	70,40
7	10 Temmuz	5	56	62,80
8	16 Temmuz	6	62	65,50
9	22 Temmuz	6	68	65,10
10	28 Temmuz	6	74	63,90
11	03 Ağustos	6	80	63,30
12	11 Ağustos	8	88	80,30
Sulama Sayısı: 12		Toplam Su Mik.: 824,80 mm.		Verim Oranı (Y _d /Y _m): % 100

Çizelge 4.5. Yonca Bitkisinin Sulama Programı

Genel Bilgiler				
Yöre			Aydın	
Bitki			Yonca	
Bitki Yetiştirme Dönemi			01 Mayıs – 26 Aralık	
Sulama Türü			Optimum Sulama	
Sulama			Yüzey sulama	
Sulama Programı				
Sulama No	Sulama Tarihi	Sulama Aralığı (gün)	Birikimli Sulama Aralığı (gün)	Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	01 Mayıs	-	-	218,30
2	30 Mayıs	29	29	153,30
3	15 Haziran	16	45	135,30
4	29 Haziran	14	59	129,10
5	20 Temmuz	21	80	142,50
6	15 Ağustos	26	106	177,90
7	31 Ağustos	16	122	132,00
Sulama Sayısı: 7		Toplam Su Mik.: 1088,40 mm.		Verim Oranı (Y _d /Y _m): % 100

Çizelge 4.6. Narenciye Bitkisinin Sulama Programı

Genel Bilgiler				
Yöre			Aydın	
Bitki			Narenciye	
Bitki Yetiştirme Dönemi			01 Ocak – 30 Aralık	
Sulama Türü			Optimum Sulama	
Sulama			Yüzey sulama	
Sulama Programı				
Sulama No	Sulama Tarihi	Sulama Aralığı (gün)	Birikimli Sulama Aralığı (gün)	Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	11 Mayıs	-	-	157,30
2	03 Haziran	23	23	139,70
3	22 Haziran	19	42	135,20
4	09 Temmuz	17	59	128,70
5	27 Temmuz	18	77	133,10
6	15 Ağustos	19	96	134,00
7	08 Eylül	24	120	145,60
Sulama Sayısı: 7		Toplam Su Mik.: 973,60 mm.		Verim Oranı (Y _a /Y _m): % 100

Çizelge 4.7. II. Ürün Mısır Bitkisinin Sulama Programı

Genel Bilgiler				
Yöre			Aydın	
Bitki			II. Ürün Mısır	
Bitki Yetiştirme Dönemi			15 Haziran – 27 Eylül	
Sulama Türü			Optimum Sulama	
Sulama			Yüzey sulama	
Sulama Programı				
Sulama No	Sulama Tarihi	Sulama Aralığı (gün)	Birikimli Sulama Aralığı (gün)	Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	15 Haziran	-	-	57,00
2	01 Temmuz	16	16	83,40
3	13 Temmuz	12	28	90,10
4	22 Temmuz	9	37	86,00
5	31 Temmuz	9	46	91,20
6	12 Ağustos	12	58	94,40
7	25 Ağustos	13	71	95,00
Sulama Sayısı: 7		Toplam Su Mik.: 597,10 mm.		Verim Oranı (Y _a /Y _m): % 100

Çizelge 4.8. Bostan Bitkisinin Sulama Programı

Genel Bilgiler				
Yöre			Aydın	
Bitki			Bostan	
Bitki Yetiştirme Dönemi			01 Mart – 13 Haziran	
Sulama Türü			Optimum Sulama	
Sulama			Yüzey sulama	
Sulama Programı				
Sulama No	Sulama Tarihi	Sulama Aralığı (gün)	Birikimli Sulama Aralığı (gün)	Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	01 Mart	-	-	48,40
2	24 Nisan	54	54	127,50
3	23 Mayıs	29	83	111,80
Sulama Sayısı: 3		Toplam Su Mik.: 287,70 mm.		Verim Oranı (Y_a/Y_m): % 100

Çizelge 4.9. Şeftali Bitkisinin Sulama Programı

Genel Bilgiler				
Yöre			Aydın	
Bitki			Şeftali	
Bitki Yetiştirme Dönemi			01 Nisan – 31 Ekim	
Sulama Türü			Optimum Sulama	
Sulama			Yüzey sulama	
Sulama Programı				
Sulama No	Sulama Tarihi	Sulama Aralığı (gün)	Birikimli Sulama Aralığı (gün)	Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	01 Nisan	-	-	442,20
2	17 Mayıs	46	46	132,70
3	05 Haziran	19	65	126,80
4	20 Haziran	15	80	118,90
5	03 Temmuz	13	93	109,60
6	17 Temmuz	14	107	117,30
7	31 Temmuz	14	121	113,80
8	15 Ağustos	15	136	116,60
Sulama Sayısı: 8		Toplam Su Mik.: 1277,90 mm.		Verim Oranı (Y _a /Y _m): % 100

Çizelge 4.10. Zeytin Bitkisinin Sulama Programı

Genel Bilgiler				
Yöre			Aydın	
Bitki			Zeytin	
Bitki Yetiştirme Dönemi			01 Mart – 25 Kasım	
Sulama Türü			Optimum Sulama	
Sulama			Yüzey sulama	
Sulama Programı				
Sulama No	Sulama Tarihi	Sulama Aralığı (gün)	Birikimli Sulama Aralığı (gün)	Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	03 Haziran	-	-	219,40
2	29 Haziran	26	26	156,40
3	25 Temmuz	26	52	158,50
4	24 Ağustos	30	82	168,50
Sulama Sayısı: 4		Toplam Su Mik.: 702,80 mm.		Verim Oranı (Y _a /Y _m): % 100

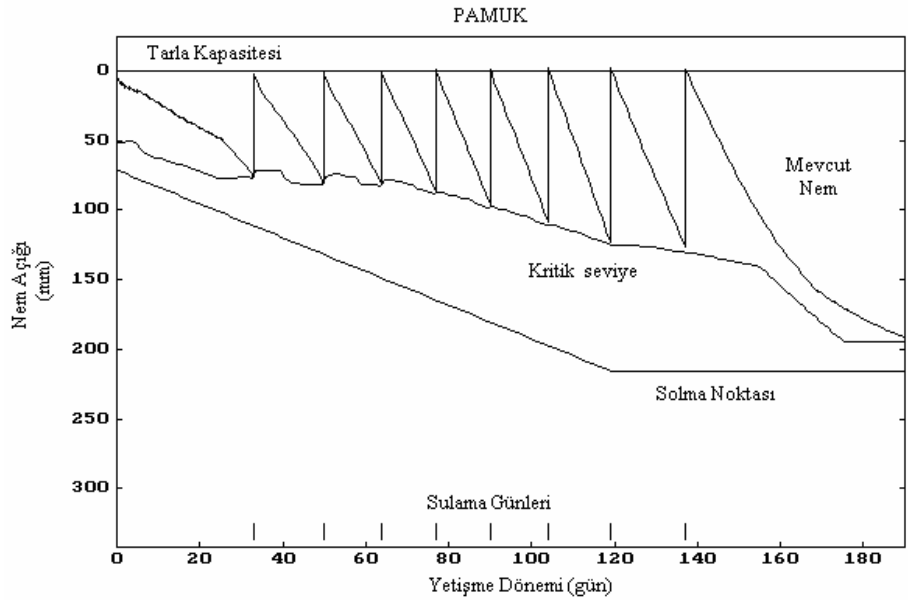
Çizelge 4.11. Biber Bitkisinin Sulama Programı

Genel Bilgiler				
Yöre			Aydın	
Bitki			Biber	
Bitki Yetiştirme Dönemi			17 Mayıs – 18 Eylül	
Sulama Türü			Optimum Sulama	
Sulama			Yüzey sulama	
Sulama Programı				
Sulama No	Sulama Tarihi	Sulama Aralığı (gün)	Birikimli Sulama Aralığı (gün)	Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	17 Mayıs	-	-	66,20
2	03 Haziran	17	17	35,20
3	16 Haziran	13	30	36,80
4	19 Haziran	3	33	29,20
5	22 Haziran	3	36	29,90
6	25 Haziran	3	39	30,60
7	28 Haziran	3	42	31,00
8	02 Temmuz	4	46	41,30
9	06 Temmuz	4	50	42,90
10	10 Temmuz	4	54	43,80
11	14 Temmuz	4	58	44,00
12	19 Temmuz	5	63	55,80
13	25 Temmuz	6	69	56,90
14	01 Ağustos	7	76	58,90
15	08 Ağustos	7	83	58,00
16	16 Ağustos	8	91	63,50
17	24 Ağustos	8	99	60,30
Sulama Sayısı: 17		Toplam Su Mik.: 784,40 mm.		Verim Oranı (Y _a /Y _m): % 100

Bitkilere ait sulama programlarının verildiği çizelgeler incelendiğinde, çok yıllık bitkilerde daha geniş fakat bitki yetiştirme dönemi boyunca birbirine yakın, tek yıllıklarda ise bundan farklı olarak daha kısa fakat sezon boyunca birbirinden uzak sulama aralıklarının olduğu görülmektedir.

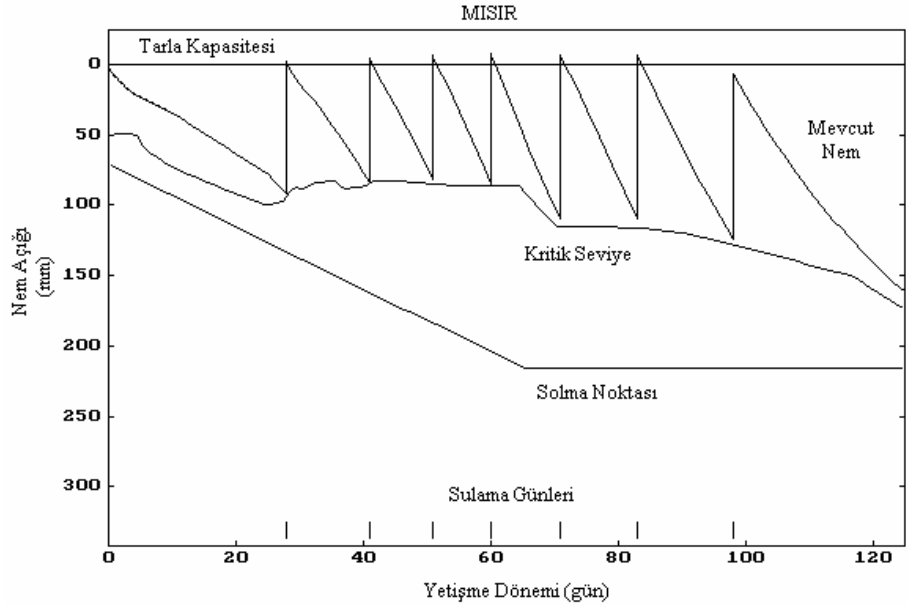
Bitkilere ait sulama programlarının verildiği çizelgelerden sonra, bitkilerin yetiştirme dönemi boyunca topraktaki nem durumlarını gösteren grafikler IRSIS yazılımında oluşturulmuştur.

Buna göre, Akçay Sol Sahil Sulama Birliği bünyesinde yetiştirilen ve bu çalışma kapsamında sulama programları hazırlanan on bitkiye ait bitki kök bölgesi nem grafikleri Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 ve 4.10'da sırasıyla verilmektedir.



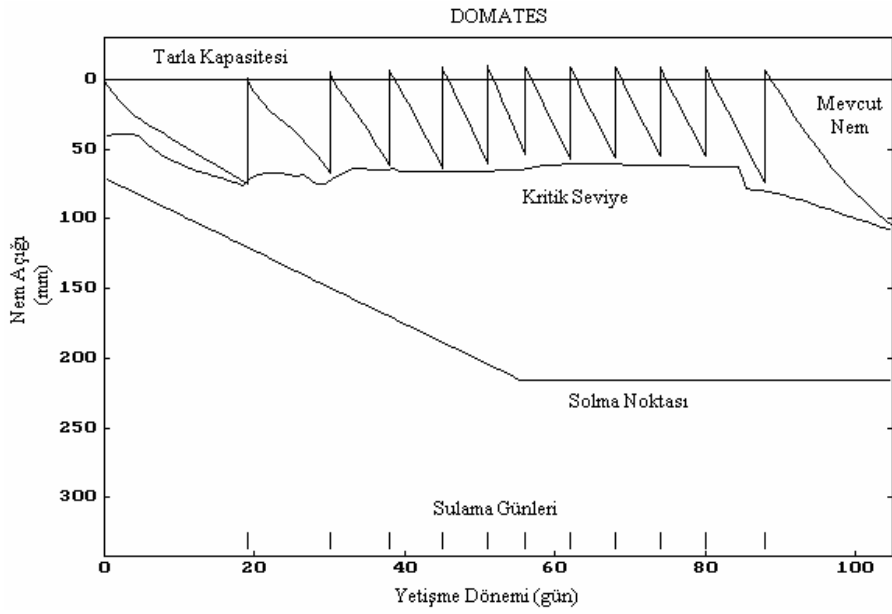
Şekil 4.1. Pamuk nem grafiği

Pamuk bitkisine ait nem grafiğinin verildiğı Şekil 4.1’de, bitki kök derinliğıindeki toprak katmanında yetişme dönemi boyunca mevcut nemin değışimi gözlenmektedir. Buna göre, tarla kapasitesi ve kritik seviye çizgileri arasında kalan, zamanla iniş ve çıkışların meydana geldiğı çizgi, kök derinliğıindeki toprakta zaman içerisinde mevcut nemin değışimini göstermektedir. Mevcut nem çizgisi, pamuk bitkisinin gelişme dönemi başlangıcında tarla kapasitesinde (toprak nemi tarla kapasitesinde) olduğundan, gelişme dönemi başlangıcında ilk sulamaya ihtiyaç duyulmamıştır. Gelişme dönemi başlangıcından itibaren mevcut nem çizgisi, bitki su tüketimi ile olan su kaybı nedeniyle zamanla aşağı doğru inmiştir. Burada optimum sulama amaçlandığından, toprak nemi kritik seviye çizgisine gelince sulama zamanı gelmiş demektir ve mevcut nemi tarla kapasitesine çıkaracak kadar sulama suyu uygulanır. Sonraki süreçte bitki su tüketimine bağlı olarak toprak nem düzeyi çizgisi tekrar aşağıya doğru iner, yani nem açığı artar. Sulama zamanına ve uygulanacak sulama suyu miktarına gelişme dönemi sonuna kadar bu şekilde karar verilir. Gelişme dönemi sonunda, topraktaki nem miktarının kritik seviye civarında, yani istenen düzeyde olduğı Şekil 4.1’de görölmektedir. Pamuk bitkisine ait nem grafiğinden toplam 9 sulama yapıldığı hesaplanabilmektedir. Bu grafikten, her sulamanın tarihi, sulama aralıkları, su miktarları yaklaşık olarak alınabilir. Grafik yardımıyla mevcut nem çizgisinin tarla kapasitesi çizgisinin üzerine çıkmadığı (aşırı sulama yapılmadığı) ve mevcut nem çizgisinin kritik seviyenin altına düşmediğı (bitkinin strese girmediğı), dolayısıyla verim azalması olmayacağı yorumu yapılabilir.

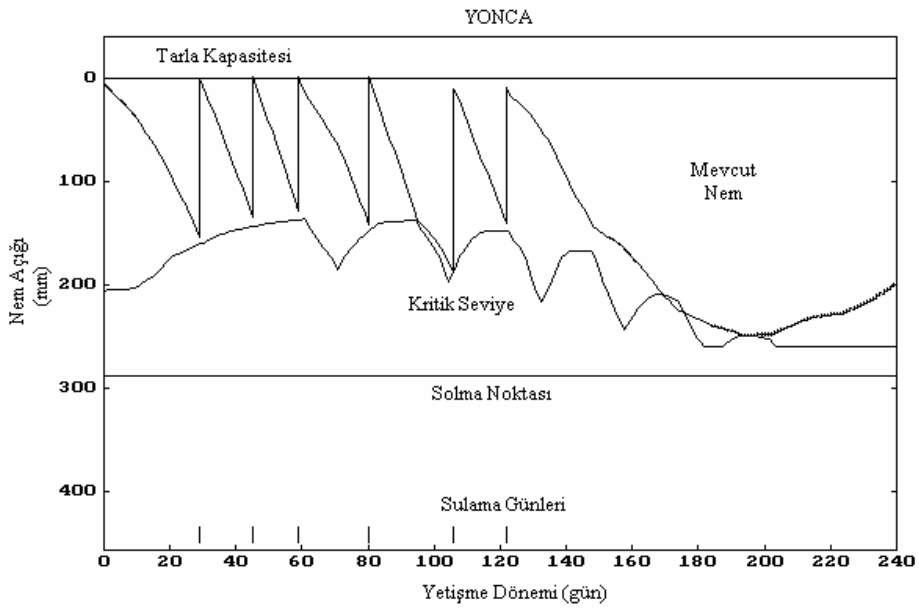


Şekil 4.2. Mısır nem grafiği

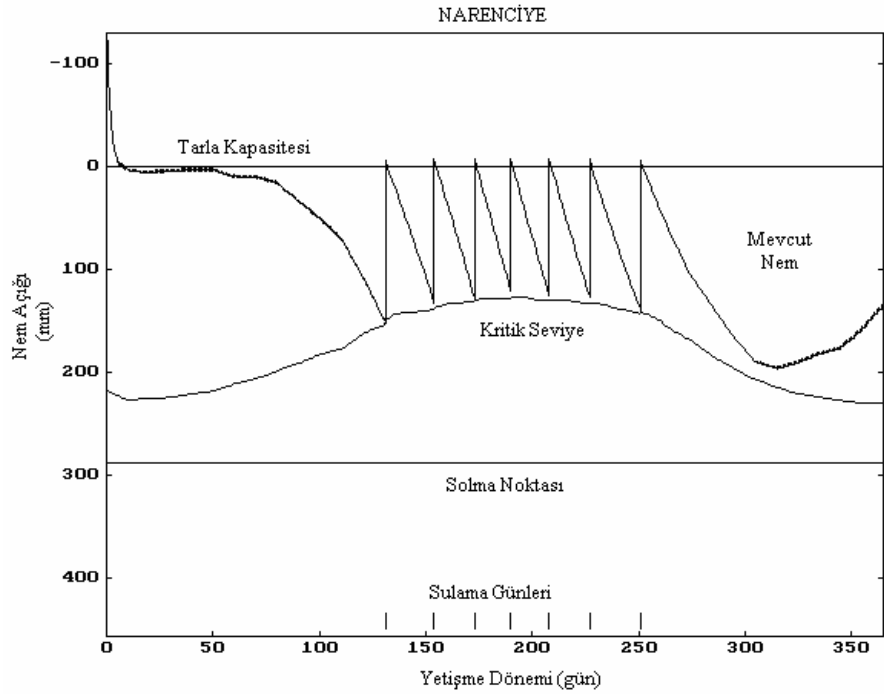
Mısır bitkisine ait nem grafiğinin verildiği Şekil 4.2’de, bitki kök derinliğindeki toprak katmanında zaman boyunca mevcut nemin değişimi gözlenmektedir. Mısır bitkisine ait bu nem grafiğinden toplam 8 sulama gerektiği hesaplanmıştır. Bu grafikten ayrıca, gelişme dönemi içerisindeki her bir sulamanın tarihi, sulama aralıkları, su miktarları yaklaşık olarak bulunabilir. Pamuk ve mısır bitkilerine ait nem grafiklerinin verildiği Şekil 4.1 ve 4.2 için yapılan yorumlar, domates, yonca, narenciye, II. ürün mısır, bostan, şeftali, zeytin ve bibere ait Şekil 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 ve 4.10’da verilen nem grafikleri için de benzer şekilde yapılabilir.



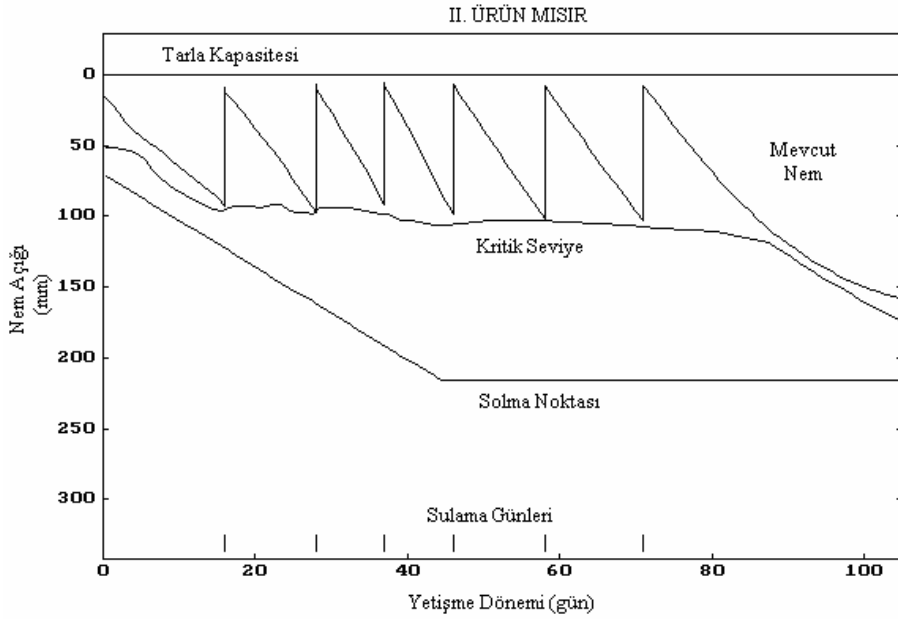
Şekil 4.3. Domates nem grafiği



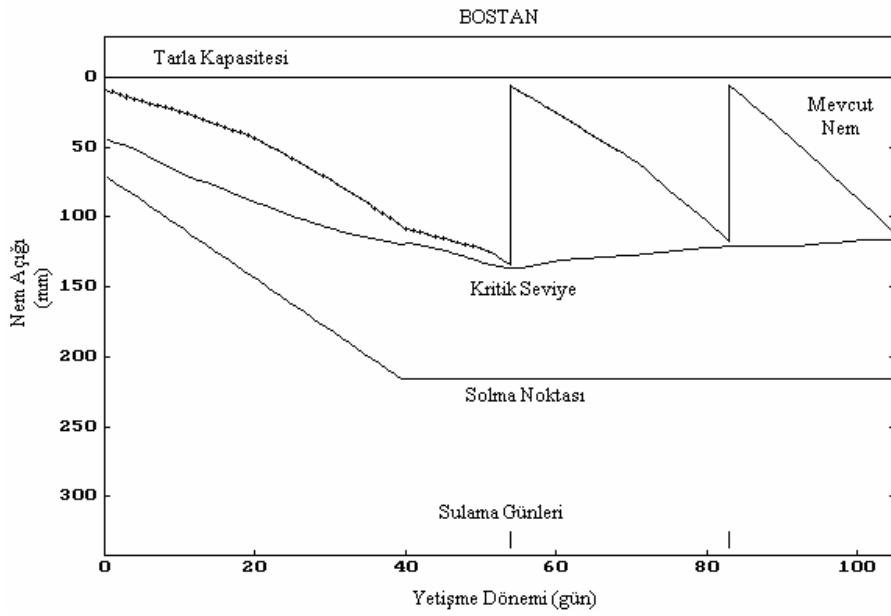
Şekil 4.4. Yonca nem grafiği



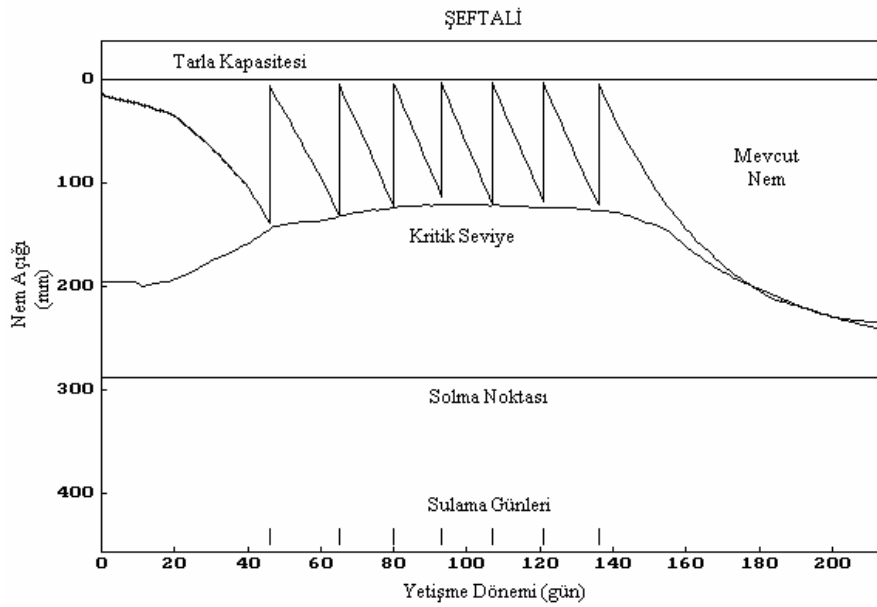
Şekil 4.5. Narenciye nem grafiği



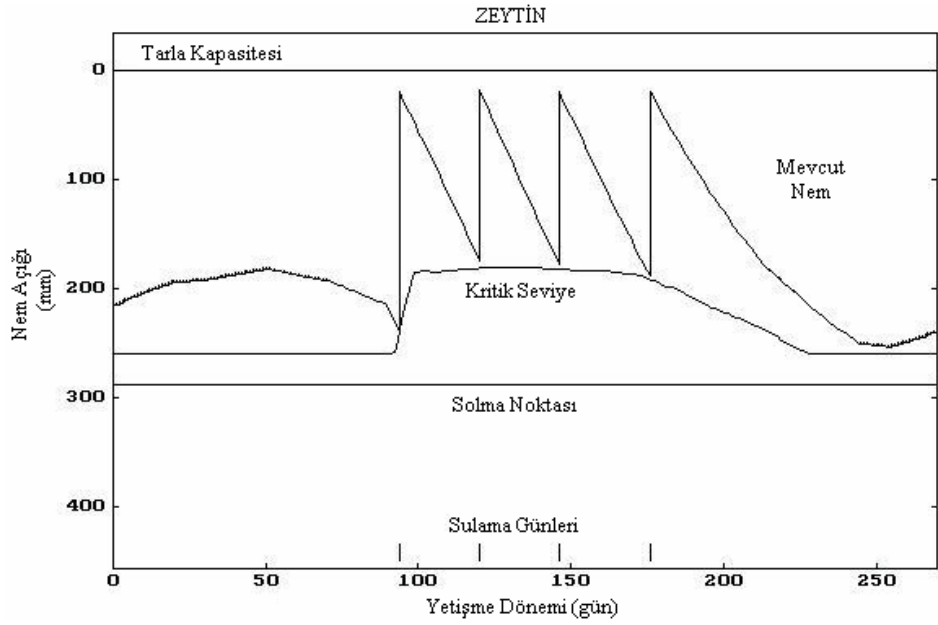
Şekil 4.6. II. Ürün mısır nem grafiği



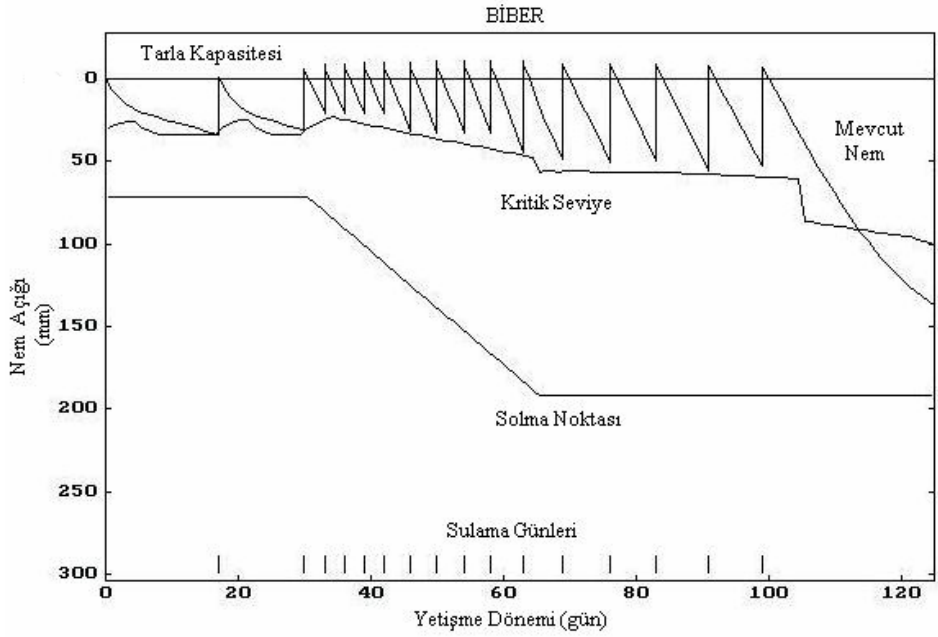
Şekil 4.7. Bostan nem grafiği



Şekil 4.8. Şeftali nem grafiği



Şekil 4.9. Zeytin nem grafiği



Şekil 4.10. Biber nem grafiği

Bu grafiklerde yatay eksenle bitki yetişme dönemi gün olarak; düşey eksenle ise tarla kapasitesi 0 olarak kabul edilip nem açığı mm cinsinden verilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğal yağışlarla karşılanamayan bitki su gereksinimi sulama suyu ile giderilmeye çalışılmaktadır. Ancak yapılacak olan sulamanın amaca uygun olabilmesi için bilinçli bir şekilde yapılması, sulama zamanının ve uygulanacak olan sulama suyu miktarının doğru olarak belirlenmesi, yani sulama zamanının planlanması gerekir. Sulama zamanı, mevcut su kaynağının kapasitesinin yeterli ya da kısıtlı olduğu koşullarda farklılık gösterebilmektedir. Su kaynağı kapasitesinin yeterli olması durumunda bitki kök bölgesindeki nem miktarı, bitkinin strese gireceği seviyeye düşmeden (kritik seviyeyi aşmadan) sulama yapılmalıdır. Eğer su kaynakları yetersiz ise, ya bitkiden maksimum verim elde edilecek şekilde optimum sulama yapılmalı ve belirli bir alan sulanmalı; ya da optimum sulama suyu miktarından daha az su uygulayarak bitkinin belirli bir su stresiyle karşı karşıya kalmasına ve elde edilecek verimin bir miktar azalmasına izin verilen kısıtlı sulama uygulamasına gidilmelidir.

Sulama zamanının planlanması, mevcut toprak, bitki ve iklim koşullarında, sulama sayısı, her sulama sırasında uygulanacak sulama suyu miktarı ve sulama aralıklarının belirlenmesi olarak tanımlanmaktadır. Özellikle su kaynağı kapasitesinin yetersiz ve suyun pahalı olduğu yörelerde sulama zamanı planlaması büyük önem taşımaktadır ve günümüz koşullarında ülkemizde ve dünyada yaşanan su kısıtı ile ilgili sorunlar da göz önünde bulundurulduğunda daha da önem kazanacağı düşünülmektedir.

Değişen koşullara uygun olarak elde edilen bir sulama zaman planlaması ile yüzey akış ve derine sızım yoluyla meydana gelen su

kayıpları en aza indirilirken, sulama etkinliği artırılıp, toprakta bulunan bitkiye yararlı besin maddelerinin yıkanma yoluyla kaybı azaltılabilir. Bununla birlikte iyi bir sulama zaman planlaması yapıldığında; yağışlardan daha fazla yararlanılması, yabancı ot, hastalık, tuzluluk ve drenaj sorunlarının azaltılması veya ortadan kalkması, gübre uygulamaları ile yapılan masrafin düşmesi ve suyun çiftçiler arasında adil bir şekilde dağıtılması sağlanabilmektedir.

Günümüze kadar sulama zamanı planlamasında pek çok farklı yöntem kullanılmış ve bunların birçoğu fazla emeğe, zamana, teknik açıdan bilgiye, kullanılan alet ve ekipmanların bakım ve kalibrasyonuna gereksinim duyduğundan uygulamaya aktarılması konusunda güçlükler yaşanmıştır.

Son yıllarda özellikle bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak bitki sulama zamanının planlanmasında toprak su bütçesi esasına dayalı, iklim, toprak ve sulama yöntemini dikkate alan bilgisayar yazılımları geliştirilmiştir. Geliştirilen bu bilgisayar programları sayesinde farklı iklim koşulları, farklı toprak bünyeleri ve su kaynağının yeterli ya da kısıtlı olduğu koşullara uygun, herhangi bir bitkiye ait sulama zaman planlaması değişen şartlar için kısa sürede elde edilebilmektedir.

Yapılan bu çalışmada, Akçay Sol Sahil Sulama Birliği bünyesinde yetiştirilen pamuk, mısır, II. ürün mısır, yonca, domates, biber, bostan, narenciye, şeftali ve zeytin bitkileri için bölge koşulları altında mevcut toprak, iklim ve bitki faktörlerinin dikkate alındığı IRSIS bilgisayar

yazılımında sulama zaman planlaması yapılarak, bölge için en uygun sulama aralıkları ve sulama suyu miktarları belirlenmiştir.

Buna göre; pamuk, mısır, II. ürün mısır, yonca, domates, biber, bostan, narenciye, şeftali ve zeytin bitkileri için yapılan optimum sulama zaman planlaması sonuçlarından elde edilen sulama sayıları sırasıyla 9, 8, 7, 7, 12, 17, 3, 7, 8 ve 4 sulama; toplam sulama suyu miktarları ise, 835.20 mm, 775.80 mm, 597.10 mm, 1088.40 mm, 824.80 mm, 784.40 mm, 287.70 mm, 973.60 mm, 1277.90 mm ve 702.80 mm olarak verilmektedir. Araştırmada elde edilen bu sonuçların yörede yapılacak olan sulama uygulamalarında aydınlatıcı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Ağlamış, N., Tokgöz, M.A.,** 1997, Ankara Murted Sulamasında Su Kullanım ve Dağıtım Etkinliğinin Belirlenmesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 1997, 3 (2), s. 83-88, Ankara.
- Albut, S., Yüksel, A.N.,** 1997, Tekirdağ İlinde Yetiştiriciliği Yapılan Bitkilerin Sulama Suyu İhtiyaçlarının Farklı Yöntemlerle Hesaplanması, 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Kültürteknik Derneği, Kirazlıyayla-BURSA.
- Allen, R.G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M.,** 1998, Crop Evapotranspiration, FAO Irrigation and Drainage Paper No: 56, p: 24, Rome-Italy.
- Anonymous, 2006a,** Devlet Su İşleri Aydın Bölge Müdürlüğü.
- Anonymous, 2006b,** Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Elektronik Bilgi İşlem Müd. Kayıtları, Ankara.
- Anonymous, 2007,** Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü İnternet Sayfası, <http://www.dsi.gov.tr/bolge/dsi21/aydin.htm>.
- Aşık, Ş., Karataş, B.S.,** 2001, Atıksu Sulamasında Uygun Sulama Yöntemlerinin Seçimi, I. Ulusal Sulama Kongresi Bildiriler Kitabı, s. 220-224, 08-11 Kasım 2001, Belek/Antalya.
- Balçın, M., Güleç, H.,** 1997, IRSIS ve CROPWAT Paket Programından Elde Edilen Sulama Programlarının Tarla Şartlarında Elde Edilen Sulama Programları ile Karşılaştırılması, 6. Ulusal Kültürteknik

KAYNAKLAR (Devam)

Kongresi, 5-8 Haziran 1997, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Kültürteknik Derneği, Kirazlıyayla-BURSA.

Balçın, M., Güleç, H., Aydın, O., 1999, Açık Su Yüzeyi Buharlaşmasından (CAP) Yararlanılarak Domates Sulama Programının Oluşturulması, VII. Kültürteknik Kongresi Bildiriler, s. 121-131, Kapadokya.

Benli, B., Şelli, F., Kodal, S., 2001, GAP-Tahılalan Sulama Birliği'nde Küçük Ölçekli Tarım İşletmeleri İçin, Kısıtlı ve Yeterli Sulama Suyu Koşullarında Optimum Bitki Deseni, GAP II. Tarım Kongresi, 24-26 Ekim 2001, s: 705-714, Şanlıurfa.

Benli, B., Kodal, S., 2003, A non-linear model for farm optimization with adequate and limited water supplies: Application to the South-east Anatolian Project (GAP) Region, Agricultural Water Management, 62 (2003) 187-203.

Bustamante, O.W., Ibarra, S.E., Slack, C.D., Carrillo, M., 2004, Generalization Of Irrigation Scheduling Parameters Using The Growing Degree Days Concept: Application To A Potato Crop, Irrigation and Drainage, 53:251-261 (2004), DOI:10.1002/ird.134.

Cifre, J., Bota, J., Escalona, J.M., Medrano, H., Flexas, J., 2005, Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.): An open gate to improve water-use efficiency?, Agriculture, Ecosystems and Environment, 106 (2005) 159-170.

KAYNAKLAR (Devam)

- Çakmak, B.,** 2001, İçel İli İklim Koşullarında Turunçgil Sulama Planlaması, S. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 15 (28): 69-81, 2001, ISSN: 1300-5774.
- Çakmak, B., Kendirli, B.,** 2001, Gediz Havzası'nda Zeytinin Sulanması ve Ekonomik Yönü, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara.
- Çakmak, B., Kendirli, B.,** 2004, Malatya Yöresi'nde Kayısının Sulama Programı, Kooperatifçilik Dergisi, Türk Kooperatifçilik Kurumu Hakemli Dergi, Nisan-Mayıs-Haziran 2004, Sayı: 144, s. 49-62.
- Çetin, Ö.,** 1997, Harran Ovası Koşullarında Tansiyometrelerin Pamuk Sulama Zamanının Saptanmasında Kullanılması, 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Kültürteknik Derneği, Kirazlıyayla-BURSA.
- Dechmi, F., Playán, E., Faci, J.M., Tejero, M., Bercero, A.,** 2003, Analysis of an irrigation district in northeastern Spain II. Irrigation evaluation, simulation and scheduling, Agricultural Water Management, 61 (2003) 93-109.
- English, M.,** 2002, Irrigation Advisory Services for Optimum Use of Limited Water, Irrigation Advisory Services and Participatory Extension in Irrigation Management, Workshop organised by FAO-ICID, 24-July-2002, Montreal, Canada.

KAYNAKLAR (Devam)

- Ertek, A., Şensoy, S., Gedik, İ., Küçükyumuk, C.,** 2005, Irrigation scheduling based on pan evaporation values for cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under field conditions, Science Direct, Agricultural Water Management, DOI: 10. 1016 / j. agwat. 2005. 03. 008.
- Fortes, P.S., Platonov, A.E., Pereira, L.S.,** 2005, GISAREG-A GIS based irrigation scheduling simulation model to support improved water use, Agricultural Water Management”, 77 (2005) 159-179.
- George, B.A., Shende, S.A., Raghuwanshi, N.S.,** 2000, Development and testing of an irrigation scheduling model, Agricultural Water Management, 46 (2000) 121-136.
- George, A.B., Raghuwanshi, N.S., Singh, R.,** 2004, Development and testing of a GIS integrated irrigation scheduling model, Science Direct, Agricultural Water Management, 66 (2004) 221-237.
- Goldhamer, A.D., Fereres, E.,** 2001, Irrigation Scheduling Protocols Using Continuously Recorded Trunk Diameter Measurements, Irrigation Science, Springer-Verlag GmbH, ISSN:0342-7188 (Paper) 1432-1319 (Online), DOI:10.1007/S002710000034, Volume 20, Number 3, Pages: 115-125.
- Güngör, Y., Erözel, A.Z., Yıldırım, O.,** 2004, Sulama, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Yayın No: 1540, Ders Kitabı: 493, Sayfa: 107, Ankara.

KAYNAKLAR (Devam)

- İstanbulluoğlu, A., Sevim, Z.,** 1992, Kars-Aralık Rüzgar Erozyon Sahası Sulama Zamanı Planlamasında CROPWAT Bilgisayar Programının Kullanılması, IV. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Bildirileri, s. 175-185.
- İstanbulluoğlu, A., Şişman, C.B.,** 1997, T.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Arazilerinin Toprak-Su İlişkileri ve Sulama Zamanı Planlamasının Belirlenmesi, 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Kültürteknik Derneği, Kirazlıyayla-BURSA.
- İstanbulluoğlu, A., Şişman, C.B.,** 2004, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Arazilerinin Sulama Zamanının Model Yaklaşımı ile Planlanması, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5 (1): 35-41, 2004, ISSN 1302 647X.
- Kar, G., Verma, H.N.,** 2005, Climatic water balance, probable rainfall, rice crop water requirements and cold periods in AER 12.0 in India, Agricultural Water Management, 72 (2005) 15-32.
- Kendirli, B.,** 2001, Harran Ovası'ndaki Sulama Birliklerinde Antepfıstığının Sulama Zamanının Planlanması, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara.
- Koç, C.,** 1998, Büyük Menderes Havzası Sulama Şebekelerinde Organizasyon-Yönetim Sorunları ve Yeni Yönetim Modelleri Üzerinde Araştırmalar, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

KAYNAKLAR (Devam)

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 10.3100.0000.071, İzmir.

Koçak Tahmaz, P., 2006, Asartepe Sulama Birliği Alanında Planlı Su Dağıtım Esaslarının Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.

Kodal, S., Yıldırım, E., Dağdelen, N., 1993, Tarımsal Kuraklık ve Sulama İhtiyacı, Kuraklık ve Sulama Sempozyumu, Türkiye Ziraat Odaları Birliği, 27.Nisan.1993, Birliği, 27.Nisan.1993, Yayın No: 172, Ankara.

Kodal, S., 1996, Ankara-Beyşehir Ekolojisinde Yeterli ve Kısıtlı Su Koşullarında Sulama Programlaması, İşletme Optimizasyonu ve Optimum Su Dağıtımı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Yayın No: 1465, Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler: 807, s. 69, Ankara.

Kodal, S., Aküzüm, T., Çakmak, B. ve Kendirli B., 1997a, Urfa Yöresi'nde Yetiştirilen Bazı Tarla Bitkilerinin Yeterli ve Kısıtlı Su Koşullarında Sulama Programları, VI. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Kültürteknik Derneği, s. 354-362, Bursa.

Kodal, S., Selenay, M.F., Sönmez, K., Yıldırım, Y.E., Demir, H., 1997b, Tarım İşletmelerinde Yetiştirilen Bitkiler İçin Ortak Sulama Programlarının Geliştirilmesi, 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8

KAYNAKLAR (Devam)

Haziran 1997, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Kültürteknik Derneği, Kirazlıyayla-BURSA.

Kodal, S., Köksal, E.S., T z n, M., Demir, A.O.,  zbek, Y., 2003, Sulama Şebekelerinin Yönetiminde Planlı Su Dağıtımı Esasları ve Bilgisayar Yazılımlarının  nemi, I. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, 22-26 Eylül 2003, Gümüldür/  zmir.

Kodal, S., 2004, GAP Sulama Sistemlerinin  Őletme Bakım ve Yönetimi (GAP- BY) Projesi, Sulama ve Bilgisayar Destekli Sulama Zaman Planlaması, 9-14 Şubat 2004, Şanlıurfa.

Kodal, S., 2007, Sözlü GörüŐme, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ankara.

Korukçu, A., Evsahibioğlu, A.N., 1982, Sulama Zamanı Planlama Yöntemlerinin Şekerpancarı Yaprak Verimine Etkisi  zerine Bir Araştırma, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Sayı: 1, Cilt: 1, Yıl: 1, s. 69-88.

Li, J., Inanaga, S., Li, Z., Eneji, E.A., 2005a, Optimizing irrigation scheduling for winter wheat in the North China Plain, Agricultural Water Management 76 (2005) 8-23, Elsevier.

Li, S.Q., Willardson, S.L., Deng, W., Li, J.X., Liu, J.C., 2005b, Crop water deficit estimation and irrigation scheduling in western Jilin province, Northeast China, Agricultural Water Management, 71 (2005) 47-60.

KAYNAKLAR (Devam)

- Mandal, K.U., Sarma, S.S.K., Victor, U.S., Rao, N.H.,** 2002, Soil Water Dynamics-Profile Water Balance Model Under Irrigated and Rainfed Systems, Published in Argon.
- Mermoud, A., Tamini, T.D., Yacouba, H.,** 2005, Impacts Of Different Irrigation Schedules On The Water Balance Components Of An Onion Crop In A Semi-Arid Zone, Agricultural Water Management 131 (2005) 111-125.
- Mintesinot, B., Verplancke, H., Van Ranst, E., Mitiku, H.,** 2004, Examining traditional irrigation methods, irrigation scheduling and alternate furrows irrigation on vertisols in northern Ethiopia, Agricultural Water Management, 64 (2004) 17-27.
- Montesinos, P., Camacho, E., Alvarez, S.,** 2002, Application of genetic algorithms for optimal seasonal furrow irrigation, Journal of Hydroinformatics, 04.3/2002.
- Orta, A.H., Erdem, T., Erdem, Y., Cinkılıç, L.,** 1997, Sera Koşullarında Damla Yöntemiyle Sulanan Domates Bitkisinin Sulama Zamanının Planlanması, 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Kültürteknik Derneği, Kirazlıyayla-BURSA.
- Orta, H., Şener, M.,** 1999, Tekirdağ Koşullarında Soğanın Su Tüketimi, VII. Kültürteknik Kongresi Bildiriler, s. 154-161, Kapadokya.

KAYNAKLAR (Devam)

- Ortega, J.F., Juan, J.A., Tarjuelo, J.M.,** 2005, Improving water management: The irrigation advisory service of Castilla-La Mancha (Spain), *Agricultural Water Management*, 77 (2005) 37-58.
- Panda, R.K., Behera, S.K., Kashyap, P.S.,** 2004, Effective management of irrigation water for maize under stressed conditions, *Agricultural Water Management*, 66 (2004) 181-203.
- Pereira, L.S., Cai, L.G., Hann, M.J.,** 2003, Farm Water And Soil Management For Improved Water Use In The North China Plain, *Irrigation and Drainage*, 52:299-317 (2003), DOI:10.1002/ird.098.
- Raes, D., Lemmens, H., Aelst, V.P., Bulcke, V.M. ve Smith, M.,** 1988, Irrigation Scheduling Information System, Volume I- Manual- Volume II- Displays, Laboratory of Land Management, Faculty of Agricultural Sciences, K. U. Leuven, Reference Manual III, Belgium.
- Raes, D., Mallantz, D., Song, Z.,** 1997, Rainbow- software package for analysing hydrologic data, K. U. Leuven University, Faculty of Agricultural and Applied Biological Sciences, Institutie for Land and Water Management, Vital Decosterstreet 102, B-3000 Leuven, Belgium.
- Sagardoy, J.A., Bottrall, A. and Uittenbogaard, G.O.,** 1986, Organization, Operation and Maintenance of Irrigations Schemes, *FAO Irrigation and Drainage Paper 40*, Rome-ITALY.

KAYNAKLAR (Devam)

- Sezgin, F., Baş, S., Grbz, T.,** 1997a, Büyük Menderes Ovası'nda Buğdayın Sulama Zamanının Belirlenmesi ve Kısıtlı Sulama Olanaklarının İrdelenmesi, 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Kültürteknik Derneği, Kirazlıyayla-BURSA.
- Sezgin, F., Baş, S., Yılmaz, E.,** 1997b, Büyük Menderes Ovası'nda Pamukta Sulamaya Başlama Zamanının Tespiti zerine Bir Araştırma, 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Kültürteknik Derneği, Kirazlıyayla-BURSA.
- Raes, D., Smith, M., Nys, E., Holvoet, K., Makarau, A.,** 2002, Charts With Indicative Irrigation Intervals For Various Weather Conditions, Irrigation Advisory Services and Participatory Extension in Irrigation Management, Workshop Organized by FAO-ICID, Montreal, Canada.
- Sezgin, F., Baş, S.M., Konak, K., Yılmaz, E., Dağdelen, N.,** 2002, Aydın İli Pamuk Sulamasında Kullanılan Sulama yöntemlerinin İrdelenmesi ve Geliştirilmesi İçin Alınması Gereken nlemler ve Alternatif Sulama Yntemlerinin Tespiti zerine Araştırmalar, Proje No: TOGTAG / TARP- 1769, Aydın.
- Skaggs, R.K., Samani, Z.,** 2005, Farm Size, Irrigation Practices, and On-Farm Irrigation Efficiency, Irrigation and Drainage, 54:43-57 (2005).

KAYNAKLAR (Devam)

- Stirzaker, R. J.**, 2003, When to turn the water off: scheduling micro-irrigation with a wetting front detector, *Irrig. Sci.* (2003), 22:177-185, DOI 10.1007/s 00271-003-0083-5.
- Uçan, K., Yüksel, A.N.**, 2000, Kahramanmaraş Sulamasında Sulama Suyu Etkinliğinin Belirlenmesi, *Fen ve Mühendislik Dergisi* 2000, Cilt 3, Sayı 1, s. 120-130.
- Ul, M.A.**, 1985, Bornova Ovası Koşullarında Yetiştirilen Şeftalinin Su Tüketimi, Net Sulama Suyu Gereksinimi ve Sulama Programının Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü Yüksek Lisans Tezi*, Bornova-İZMİR.
- UL, M.A., BALCI, A.**, 1993, Sulamanın Programlanmasında Bitkiye Dayalı İzleme Teknikleri, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt (Vol): 30, No-3, s. 151.
- Ul, M.A.**, 2001a, Tarımda Etkili Su Kullanımı, Düünden Bugüne Çivril Sempozyumu, 13-14 Eylül 2001, Çivril.
- Ul, M.A.**, 2001b, Sürdürülebilir Tarımda Sulama, *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Teknik Bülteni*, s. 11-14, Ocak-Şubat 2001, İzmir.
- Water Conservation Factsheet**, 1998, *Irrigation Scheduling With Tensiometers*, British-Columbia, Ministry of Agriculture and Food, Order No: 577.100-2.

KAYNAKLAR (Devam)

- Wells, D.R., Allen, G.R.,** 1988, Irrigation Scheduling Using Voice Synthesis, The Next Logical Step, ASCE Irrigation and Drainage Specialty Conference, Lincoln, Nebraska, Proceedings, pages: 740-747.
- Yıldırım, E.Y.,** 2002, Salihli Yöresi'nde Sulama Açısından Kuraklık Analizi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2002, 39 (3): 113-120, ISSN 1018-8851, İzmir.
- Yıldız, İ., Yıldız, B.,** 1997, Tarımda Bilgisayar Modellerinin Test ve Kullanımı, 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Kültürteknik Derneği, Kirazlıyayla-BURSA.
- Yüksel, N., Erdem, Y.,** 1997, Kırklareli Koşullarında Bitki Su Tüketimi Tahmin Eşitliklerinin Karşılaştırılması, 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Kültürteknik Derneği, Kirazlıyayla-BURSA.

ÖZGEÇMİŞ

Hatice GÜRGÜLÜ 1980 yılında İzmir’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İzmir-Buca’da tamamladı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü’nden 2004 yılında mezun oldu. Aynı yıl Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü’nde Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

Halen aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.