

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**ALAŞEHİR YÖRESİNDE YETİŞTİRİLEN BAZI
BİTKİLER İÇİN SULAMA ZAMAN
PLANLARININ OLUŞTURULMASI**

Aykut GÖKÇE

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mehmet Ali UL

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 501.04.01

Sunuş Tarihi : 10.03.2014

Bornova – İZMİR

2014

Sayın Aykut GÖKÇE tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak sunulan “**Alaşehir Yöresinde Yetiştirilen Bazı Bitkiler İçin Sulama Zaman Planlarının Oluşturulması**” 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 10.03.2014 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

İmza

Jüri Üyeleri :

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Mehmet Ali UL

Raportör Üye : Doç. Dr. Erhan AKKUZU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Selin Muradiye AKÇAY

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI**

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi / Doktora Tezi olarak sunduğum “**Alaşehir Yöresinde Yetiştirilen Bazı Bitkiler İçin Sulama Zaman Planlarının Oluşturulması**” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

11 / 03 / 2014

Aykut GÖKÇE

ÖZET**ALAŞEHİR YÖRESİNDE YETİŞTİRİLEN BAZI BİTKİLER İÇİN
SULAMA ZAMAN PLANLARININ OLUŞTURULMASI**

Aykut GÖKÇE

Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Mehmet Ali UL

Mart 2014, 93 sayfa

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. Bu nedenle, çağımızda bitkisel üretimde su kullanımının etkin bir biçimde planlanması zorunlu duruma gelmiştir.

Bu çalışmada, büyük bir tarım potansiyeline sahip olan Gediz Havzası içerisinde yer alan Alaşehir Yöresinde tarımsal üretim amaçlı yetiştirilen bazı bitkiler için sulama zaman planlaması yapılmıştır. Bu amaca yönelik olarak çalışmada, Gediz Havzası’nda yer alan Alaşehir Yöresi için referans bitki su tüketimi değerleri ve sulama zaman planları IRSIS bilgisayar yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. Bu açıdan çalışmada elde edilen sonuçların yöre çiftçilerini sulama konusunda aydınlayacağı ve ilgili teknik elemanlara rehber olacağı düşünülmektedir.

Anahtar sözcükler: Alaşehir Yöresi, sulama zaman planlaması, sulamanın programlanması, IRSIS.

ABSTRACT**IRRIGATION SCHEDULING OF SOME PLANTS
GROWN IN ALASEHIR REGION**

GÖKCE, Aykut

MSc in Agricultural Structures and Irrigation Department

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Ali UL

March 2014, 93 pages

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 plan irrigation time for some plants grown in Alasehir Region where has a great agricultural potential. Reference evapotranspiration values were calculated by IRSIS software for some plants grown in Alasehir Region. 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: Alasehir Region, planning irrigation time, irrigation scheduling, IRSIS.

TEŞEKKÜR

Bu alıŐma sűresince deęerli gűrűŐlerinden yararlandıęım sayın hocam **Prof. Dr. Mehmet Ali UL**, tezdeki kaynak araŐtırmalarımnda yardımcı olan sayın **AraŐ. Gűr. Hatice GŪRGŪLŪ**'ye ve Yűksek Lisans űęrenimim boyunca desteęini benden esirgemeyen **ailem ve Tarım Reformu Genel Műdűrlűęű personeline** teŐekkűrű bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	ix
TEŞEKKÜR.....	x
İÇİNDEKİLER	xi
ŞEKİLLER DİZİN	xiii
ÇİZELGELER DİZİN	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	37
3.1 Materyal	37
3.1.1 Araştırma alanına ilişkin genel bilgiler.....	40
3.2 Yöntem.....	47
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	53
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR DİZİN	79

ÖZGEÇMİŞ 84

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Gediz havzası.....	37
3.2 Gediz havzasında sulama yapıları.....	38
3.3 Gediz havzasında bulunan sulama birliklerinin konumu ve hizmet alanları	39
3.4(a) Manisa ili Tarımsal İşletmeler Büyüklüğü (Dekar (da))	43
3.4(b) Manisa ili Tarımsal Arazi Kullanım Durumu (Yüzde (%)).....	43
3.5 Alaşehir ilçesi arazi faydalanma haritası	44
3.6 IRSIS yazılımında destek ve planlama kütüğü bölümleri	49
4.1 Pamuk nem grafiği.....	54
4.2 Domates nem grafiği.....	57
4.3 Yonca nem grafiği	58
4.4 Narenciye nem grafiği	60
4.5 Üzüm (Bağ) nem grafiği	62
4.6 Bostan nem grafiği.....	64
4.7 Şeftali nem grafiği	66
4.8 Zeytin nem grafiği	67

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.9 Biber nem grafiği.....	69
4.10 Mısır nem grafiği	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Alaşehir yöresinde yer alan sulama birlikleri	40
3.2 Alaşehir bölgesi yıllar ortalamasına ait bazı önemli iklim değerleri.....	41
4.1 Pamuk bitkisinin sulama programı	54
4.2 Domates bitkisinin sulama programı	56
4.3 Yonca bitkisinin sulama programı.....	58
4.4 Narenciye bitkisinin sulama programı.....	60
4.5 Bağ (Üzüm) bitkisinin sulama programı	62
4.6 Bostan bitkisinin sulama programı	64
4.7 Şeftali bitkisinin sulama programı.....	65
4.8 Zeytin bitkisinin sulama programı.....	67
4.9 Biber bitkisinin sulama programı	68
4.10 Mısır bitkisinin sulama programı.....	70
5.1 Alaşehir Yöresinde yetiştirilen bitkilere ait yağış seçeneği, planlama türü ve sulama planlaması sonuçları	74

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
D	Etkili kök derinliği
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
E	Toplam su uygulama randımanı
Ea	Su uygulama randımanı
ET _{bitki}	Gerçekleşen bitki su tüketimi
ET	Bitki su tüketimi
ET _o	Referans bitki su tüketimi
HA	Hacim ağırlığı
İBY	Sulama sistemlerinin işletme, bakım ve yönetimi
kc	Bitki gelişme katsayısı
n	Ortalama güneşlenme süresi
N	Sulama sayısı
P	Toplam yağış
p	Kritik seviye
SB	Sulama Birliği
SN	Solma noktası

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
SDP	Su dağıtım planı
SZP	Sulama zaman planı
TA	Toplam net sulama alanı
TK	Tarla kapasitesi
T_{mak}	Ortalama maksimum sıcaklık
T_{min}	Ortalama minimum sıcaklık
u	2 metre yükseklikteki ortalama rüzgar hızı
ET_o	Referans evapotranspirasyon (mm/gün)
R_n	Bitki yüzeyindeki net radyasyon ($\text{MJ}/\text{m}^2\text{gün}$)
G	Toprak ısı değişim yoğunluğu ($\text{MJ}/\text{m}^2\text{gün}$)
T	2 m yükseklikteki günlük hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
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)

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).

Sulama projelerinin hedeflenen düzeyde ekonomik ve sosyal fayda sağlaması, doğru işletim ve yönetimle mümkündür. Ayrıca toprak ve su kaynaklarının korunarak sürdürülebilir kullanımı ve dünya gıda

güvenliğinde, günümüzde var olan ve gelecekte inşa edilecek sulama projelerinin yönetimi ve etkin işletimi büyük bir rol oynayacaktır (Nijman, 1993).

Sulama projelerinin geliştirilmesine yönelik büyük emek ve harcamalar yapılmasına karşın, sulama oranı, üretim artışı ve su kullanım etkinliği gibi bazı önemli göstergeler istenilen ya da hedeflenen düzeye ulaşmamaktadır. İleriye yönelik sulama verimliliğinin iyileştirilmesinde en önemli araç, iyi bir tarımsal üretim, araştırma ve sulama teknolojisini içeren su yönetimidir (Sisodia, 1992).

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).

DSİ ve sulama birlikleri tarafından uygulanan çiftçi talebine dayalı planlı su dağıtımı çalışmaları ve sulama suyu ücretinin ürün ve alan bazında belirlenmesi ve çiftçi kaç kez sulama yaparsa yapsın aynı ücretin tahakkuk ettirilmesi uygulaması, sulanan alanlarda çiftçilerin aşırı su kullanıma engel olacak bir yapıya kavuşturulmasını engellemiştir. Bunun sonucunda, sulanan alanlarda çiftçiler bir yandan verim azalması, bitki besin maddelerinin yıkanması gibi ekonomik nedenlerle gelir kaybına uğrarken, diğer yandan toprak erozyonu, taban suyu yükselmesi ve çoraklaşma gibi çevresel sorunlar ortaya çıkmış ve doğal kaynakların sürdürülebilirliği tehlikeye girmiştir (Kodal vd., 2003).

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, sulamada kullanılacak olan suyun derlenmesi, iletimi, dağıtımı ve fazla suyun ortamdan 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. Gediz Havzasında, yerleşim birimlerinde artan nüfus ve gelişen sanayi ile birlikte suya olan gereksinim de artmıştır. Sınırlı su kaynağına karşılık artan su gereksinimi ise, zorunlu olarak sulamaya ayrılan paydan karşılanabilecektir. Bu durum, sulamanın daha kısıtlı bir suyla yapılmasını, yani kıt su kaynağının daha etkin kullanımını gerektirmektedir. Bu nedenle, Aşağı Gediz Havzası Sulama Sisteminde suyun dağıtımına yönelik mekansal ve zamansal boyutta performans değerlendirme çalışmaları önem kazanmıştır (Akkuzu vd., 2007).

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 planlanmayı 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).

Alaşehir Yöresinde tarımsal üretimi yapılan , ekonomik değeri yüksek olan bitkilerden üzüm, zeytin, bostan, yonca, domates, biber, pamuk, mısır, narenciye ve şeftali bitkilerinin sulama zaman planlamalarına yönelik olarak yürütülen bu çalışma ile mevcut koşullar altında söz konusu bitkiler için en uygun bitki su tüketimi değerlerinin, sulama aralıklarının ve sulama suyu miktarlarının IRSIS bilgisayar yazılımının kullanılması suretiyle Penman (FAO Modifikasyonu) yöntemi belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu açıdan araştırmada elde edilen sonuçların yöre çiftçilerini

sulama konusunda aydınlatacağı ve ilgili teknik elemanlara rehber olacağı düşünölmektedir.

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 dayanmaktadır. Tansiyometreler, toprak su içeriğiyle bağlantılı olarak toprak nem tansiyonunu ölçmektedir. Sulamanın programlanmasıyla, yüzey akışı ve derine sızım kayıpları en aza indirildiğinden sulama etkinliği arttırılmış 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 (Nyvall, J. 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 alternatife 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., 1997; 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. 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 kullanılmadığından, 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 yapılmaktadır. Böylece geleneksel sulama yöntemleri gibi önemli bir konu olan bu işletim kurallarının büyük bir olasılıkla bırakılacağı ve bu işletim kuralının yerini toplam faydanın arttırılması 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 ölçekte ve ticari amaçlı üretim yapıldığı tarımsal alanlardaki sulama uygulamaları ile küçük ölçekte üretim potansiyeli bulunan tarımsal alanlardaki sulama uygulamaları arasında farklılıklar bulunduğu; ekonomik açıdan yüksek değerde bulunan üretimin yapıldığı alanlarda sulama suyunun daha az ve kısa süreli programlarla uygulanıp, üreticilerin de bu durumu ticari olarak değerlendirdiği 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. 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).

Cifre et al., (2005), çalışmalarında kontrollü kısıntılı sulama yöntemini kullandıkları çalışmada, asmada sulama programlaması için bitki özsuyu akış hızı (sap flow), gövde gelişim değişimi, bitki tacı sıcaklığı ve klorofil floresans gibi fizyolojik parametreler kullanılmış ve tüm bu parametreler incelenmiş ve dezavantajları tartışılmıştır. Bütün bu parametreler eko-fizyolojik düzeyde umut verici sonuçlar vermiştir.

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 araştırma, 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., 1997).

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.

Kocsis ve ark., (1996), Shiraz üzümü çeşidinde, su eksikliği olmayan koşullarda yetiştirilen bağlarda, özellikle aşırı sıcaklık olan yıllarda çiçeklenme sonrası su kaybının tane ağırlığında aşırı azalmaya neden olduğunu belirlemişlerdir.

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 kayısında 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'luk azalma durumu dikkate alınarak sulama programları geliştirilmiştir.

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 yetiştirilen bitkiler için IRSIS bilgisayar yazılımı ile optimum Sulama Zamanı Planlaması hesaplanmaya çalışılmıştır (Gürgülü, 2007).

2007 ve 2008 yıllarında Çanakkale yöresinde damla sulama ile sulanan tatlı mısırdada (*Zea mays saccharata* Sturt) su stresinin bitki su tüketimine, fizyolojik ve morfolojik parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, altı farklı sulama konusu (S100, S80, S60, S40, S20 ve S0) oluşturulmuştur. Topraktaki eksik nemin tam olarak karşılandığı kontrol konusunda (S100), ortalama mevsimlik bitki su tüketimi 453 mm ve uygulanan ortalama toplam sulama suyu miktarı ise 381 mm olarak bulunmuştur. Su stresine bağlı olarak bitki su tüketimi, klorofilmetre değeri, yaprak su içeriği, taze koçan verimi, yaprak alan indeksi ve kuru biyokütle miktarında istatistiksel olarak önemli düzeyde değişmeler gözlemlenmiştir (Aşık vd., 2011).

Değirmenci ve ark., (2007), Harran Ovası koşullarında 2002 ve 2003 yıllarında yürüttükleri çalışmada bağın yüksek debili sulama sistemi ile sulanması durumunda sulama programı ve bitki su tüketimi belirlemişlerdir. Sulamada, A: susuz konu, B: 0–120 cm derinlikteki elverişli kapasite solma noktasına düşünce elverişli kapasitenin %30'una kadar sulama, C: 0–120 cm derinlikteki elverişli kapasite solma noktasına düşünce elverişli kapasitenin %60'ına kadar sulama, D: 0–120 cm derinlikteki elverişli kapasite solma noktasına düşünce elverişli kapasitenin %90'ına kadar sulama konuları ele alınmıştır. Deneme sonucunda en yüksek verim 12.9 m³/h ile C konusunda belirlenmiştir. Her sulamada ortalama 100 mm su uygulanması, toplam 6 kez ve 22 gün aralıklarla sulama yapılması önerilmiştir. Anılan çalışmada toplam bitki su tüketimi 621 mm olarak belirlenmiş ve en fazla su tüketimi ise haziran ayında gerçekleşmiştir.

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 yöntemle 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) 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 detektörlerinden (wetting front detector) yararlanmadır. Bunlar bitki kök bölgesinde uygun bir derinliğe gömülmüş, boru şeklindeki detektörlerdir. Bu detektörler bitki kök bölgesindeki toprak nemi düzeyinin gözlenmesini sağlayarak, sulamanın ne zaman durdurulacağına 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 kullanılabilir. 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).

Antalya yöresinde yapılan bir araştırmada, açık tarla koşullarında farklı düzeyde uygulanan sulama suyunun Bermuda çiminin su tüketimine etkisi ve su tüketiminin tahmini için kıyas bitki su tüketimi hesaplanmasında kullanılan bazı deneysel eşitliklerin geçerliliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada A sınıfı buharlaşma kabından iki gün ara ile meydana gelen buharlaşmanın % 100, 75, 50 ve 25'i düzeylerinde sulanan sırasıyla I1, I2, I3 ve I4 olmak üzere dört sulama konusu oluşturulmuştur. Toprak profilindeki nem değişiminin nötron probe aleti ve bitki kök bölgesindeki nem tansiyonunun tansiyometrelerle izlendiği çalışmada, bermuda çiminde sulama düzeylerine bağlı olarak görsel kalite değişimi bir renk skalası kullanılarak mevsim boyunca izlenmiştir. İklimsel veriler kullanılarak çim bitkisi kıyas bitki su tüketiminin farklı yöntemlerle hesaplanmasında IAM.ETo bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Gerçek bitki su tüketimini en iyi tahmin edebilecek kıyas bitki su tüketimi eşitliğinin belirlenmesinde hata kareler ortalaması (HKO) en düşük olan yöntem dikkate alınmıştır. Çalışmada en iyi görsel kalite I1 ve I2 konularından elde edilmiştir. Sulama düzeylerine bağlı olarak I1, I2, I3 ve I4 konularında deneme süresince ortalama günlük su tüketim değerleri sırasıyla 9.80, 7.43, 5.10 ve 2.82 mm olarak belirlenmiştir. Antalya koşullarında A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmanın % 75'i düzeyinde sulama yapılmasının bermuda çimi için yeterli olacağı, anılan çim bitkisi için su tüketimi tahmininde kıyas bitki su tüketimi eşitliklerinin kullanılması durumunda en iyi tahmin eşitliklerinin sırasıyla FAO Radyasyon, Orijinal Penman ve Penman-Monteith eşitlikleri olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır (Baştuğ ve Emekli, 2007).

Du et al., (2008), Çin'in kuzey batısında bulunan kurak bölgesinde iki yıl süreyle denenen bu çalışma kısmi kök kuruluşunun meyve verimi, meyve kalitesi ve su kullanım etkinliği üzerine etkisini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Geleneksel damla sulama, kısıntılı damla sulama ve PRD olmak üzere üç farklı sulama yöntemi denenmiştir. Sonuçta geleneksel sulama yöntemi ile kısmi kök kuruluşu arasında aynı fotosentetik oran görülmesine rağmen, terleme oranındaki azalma ve su kullanım etkinliğinin PRD yönteminde geleneksel damla sulamaya göre üzüm verimine etkisinin daha fazla olduğu gözlenmiştir. Deneme sonucunda PRD yönteminde benzer verim gözlenmiştir. Çözünabilir katı madde oranı % 15.3–42.2, yemeklik üzüm yüzdesi % 3.88–5.78 oranında artmıştır. Böylece PRD ile tasarruf edilen sulama suyunun yanında su kullanımı etkinliği kurak bölgedeki meyve verimi üzerine zararlı etkisi olmadığı gözlenmiş, verimlilik ve sofralık üzüm ve meyve kalitesi artmıştır.

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 suyu 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 bir 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 doğduğu 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 bölgedeki (NCP) su kaynaklarının durumu da dikkate alınarak, yapılan çalışma sonucunda, kışlık buğday üretiminde kullanışlı olacağı düşünülen, yüksek verim ve su kullanım etkinliği ile su tasarrufu sağlayan üç sulama programı önerilmiştir (Li et al, 2005a).

Damla sulama yöntemiyle sulanan domates bitkisine (*Lycopersicon esculantum* Mill.) 2 ve 4 gün ara ile A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma miktarlarının % 50, % 100 ve % 150'si kadar sulama suyu uygulanmış ve alınan sonuçlara göre, sulama aralıkları ve sulama suyu miktarlarının verim üzerinde % 1 düzeyinde etkili olduğu anlaşılmıştır. Deneme konularının, meyve ağırlığı ve meyve çapı üzerinde istatistiksel açıdan önemli bir etkisi olmadığı; bununla birlikte en yüksek verimin, A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma miktarının % 50'si kadar sulama suyunun 2 gün 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 ölçümler yapılmıştır (Class-A Pan). Sulama uygulamalarında iki farklı sulama süresi (I1 :4 ve I2 :8 gün), bitki katsayısı olarak da üç farklı katsayı (K_{cp} 1:0.50; K_{cp} 2:0.75; K_{cp} 3:1.00) kullanılmış ve sulama uygulamalarının ürün verimi üzerine önemli bir etkisi olduğu ($P<0.01$) belirlenmiştir. Ayrıca, meyve sayısı ve sulama suyu, bitki su tüketimi ve verim arasında önemli düzeyde pozitif doğrusal bir ilişki olduğu bildirilmektedir. Çalışmalar, bitki su tüketimi ve pan buharlaşması arasında yakın bir ilişki bulunduğunu gösterdiğinden, pan buharlaşmasının çiftçiler açısından sulamanın

programlanmasında kullanılabilir olduğu belirtilmiştir (Ertek vd., 2006).

Asmaların su stresine olan fizyolojik tepkilerine ait bugünkü bilgiler, su kullanım etkinliğini sağlayan sulama programları için fizyolojik bir temel oluşturmuş bunun için de, bölgesel kök kurumasına dayalı (PRD: Partial root drying) ve düzenli kısıtlı sulama (RDI: Regulated deficit irrigation) programları geliştirilmiştir. 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 eko fizyolojik 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 bağlı olarak, toprakta kullanılmasına izin verilen yarayışlı 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 oluşturmayacak 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 yerleştirilebileceği, 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 gerektiği 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 pamuk bitkisinin sulama yöntemlerinde uygulanan 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 parselde 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., 1997).

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 kullanılacak 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, 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 buğday, mısır, ayçiçeği ve şekerpancarı bitkilerinin su tüketimleri, sulama suyu ihtiyaçları ve sulama programlarının belirlenmesinde, Penman-Monteith eşitliğini esas alan ve FAO tarafından geliştirilmiş olan CROPWAT bilgisayar programı kullanılmıştır. 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; İstanbuluoğlu ve Şişman, 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 çalışmaları ile çiftçi 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 (İstanbulluoğlu ve Sevim, 1992).

George (2000)'un yaptığı 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 opsiyonlar 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 miktarlar) 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) mekânsal 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 ve 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 bitki su tüketimi (ET_o) değerlerinin Penman (FAO modifikasyonu) yöntemiyle hesaplandığı bir çalışmada IRSIS bilgisayar yazılımından yararlanılmıştır. Bu yazılım farklı yöntemlerle ET_o olarak vermektedir. Yöntem için gerekli olan iklim faktörlerinden ortalama maksimum sıcaklık, ortalama minimum sıcaklık, ortalama oransal nem ve ortalama rüzgar hızı olarak Beypazarı Meteoroloji istasyonu 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_o , değerleri bulunduktan sonra, ET_o analizlerinin yapılabilmesi için, 1971-1994 yıllarının her biri için onar günlük ET_o 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. Bitki Su Tüketimi (ET_o), yağış, bitki ve toprak kütüğü olmak üzere dört bölümden oluşan 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).

Urfa Yöresi'nde yetiştirilen tarla bitkilerinden ayçiçeği, buğday, mısır, pamuk, patates, soya, şekerpancarı ve yerbuğdayına 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., 1997).

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 yetiştirme 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 yetiştirme 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).

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 tarla da 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).

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).

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).

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 benzetim 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
- 6) Net sulama suyu ihtiyaçlarının belirlenmesi gibi çalışmaların da yapılabileceği belirtilmiştir (Pereira et al., 2003).

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).

Beyribey ve Şahin (1990)'in, Konya Alakova yeraltı suyu işletmesinde su dağıtım ve kullanım etkinliğini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada, beton kaplamalı sulama kanallarında sızma kayıpları ortalama 2.8 L/sn/100m, tarla suyu uygulama randımanını % 48.7, Lindo paket programını kullanarak maksimum brüt karı veren optimum bitki desenini % 20.6 buğday, % 19.1 fasulye, % 3.8 sebze, % 19.9 şekerpancarı, % 23.5 meyve, % 3.0 patates, % 2.3 kuru soğan, %3.8 yonca olarak bulmuştur. Proje alanında yetiştirilecek sulama suyu ihtiyaçlarını ve sulama zamanlarının planlamasını CROPWAT paket programı ile belirlenmiştir.

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_o) 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 hesaplama, öncelikle referans evapotranspirasyon (ET_o) ile başlanmakta ve toprak su içeriği, sulama zamanı ve toplam sulama suyu derinliğini içeren su dengesinin sağlanmasıyla çalışma son bulmaktadır. ET_o , Penman-Monteith yöntemi kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu yöntem genellikle yarı kurak bölgelerde önerilmektedir (Ortega et al., 2005).

Panda et al.(2004) tarafından su kısıtlılığının söz konusu olduğu koşullar için, mısır üretiminde su kullanım etkinliğinin artırılması amacıyla, bitki üzerinde üç yıl boyunca beş farklı sulama uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bitki su tüketiminin hesaplanması ve buradan da optimum sulama uygulamasının sağlanması amacıyla, çalışmalar süresince toprak nem düzeyi gözlenmiş ve beş sulama uygulaması da, toprakta kullanılabilir nemi 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 .

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).

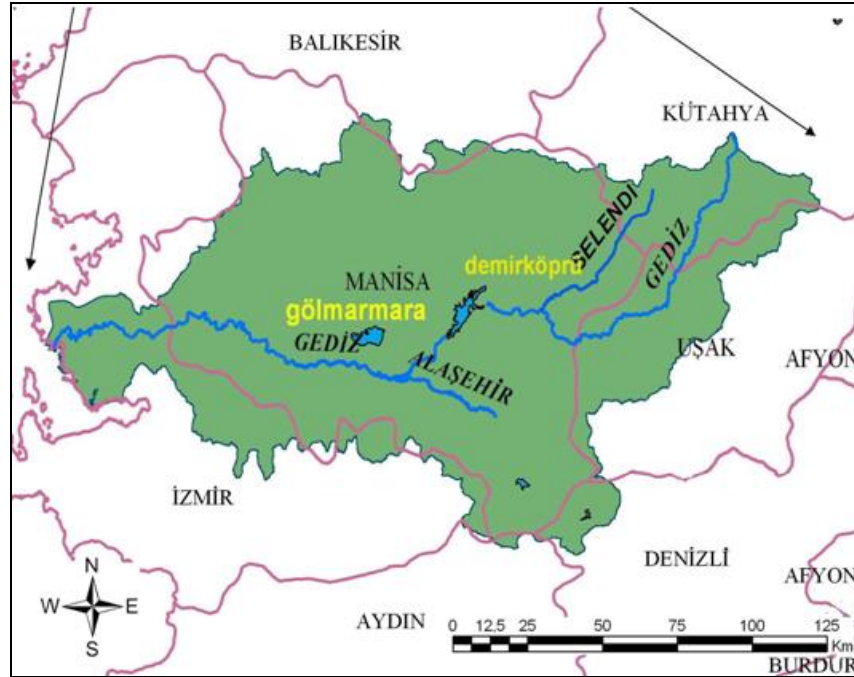
Mevcut su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması açısından toprak, iklim, bitki, topografya, sulama sistemi, sulama yöntemi, su-verim ilişkileri ve çiftçi isteklerinin göz önüne alındığı sulama zaman planlaması (SZP) çalışmaları ile, bu sonuçlara dayalı, bire bir etkileşimli, diğer bir deyişle 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 ve Tahmaz, 2006).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Araştırma materyali olarak Türkiye'nin batısında Ege Bölgesinde, Gediz Havzası sınırları içinde bulunan, Alaşehir Yöresi üretim sahası ele alınmıştır. Gediz havzası, sularını Gediz Nehri ve kolları vasıtasıyla Ege denizine boşaltan, $38^{\circ} 04' - 39^{\circ} 13'$ kuzey enlemleri ile $26^{\circ} 42' - 29^{\circ} 45'$ doğu boylamları arasında bulunan bir havzadır. Gediz havzası Türkiye genel yüzölçümünün % 2,2'sini kapsamaktadır. Havza $18\ 000\ km^2$ 'dir. Şekil 3.1' de havzanın coğrafi konumu yer almaktadır.

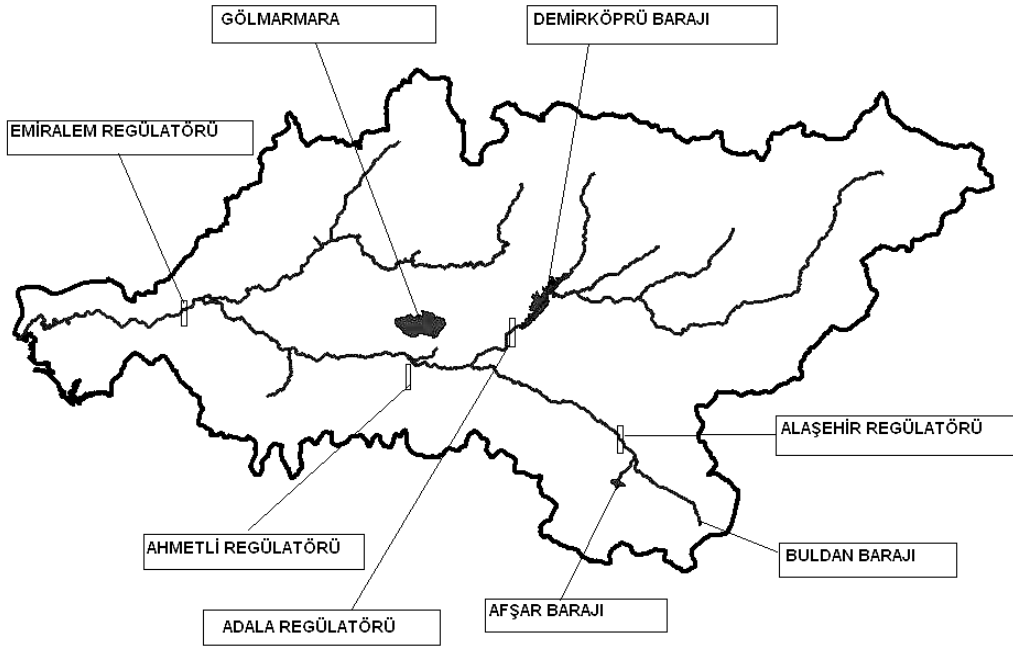
(<http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi2/manisa.htm>)



Şekil 3.1. Gediz havzası

Havzada bulunan Gediz nehrinin üzerine ilgili kamu kurum ve kuruluşları tarafından inşa edilmiş olan su yapıları tarımsal sulamanın yapıldığı alanlarda suyun temin edilmesini sağlayarak çiftçilere sulama faaliyetlerinde katkı sağlamaktadır. Bunlardan başlıcaları; Alaşehir Regülatörü, Buldan Barajı, Afşar Barajı, Adala Regülatörü, Ahmetli Regülatörü, Demirköprü Barajı, Gölçümlü ve Emiralem Regülatörü

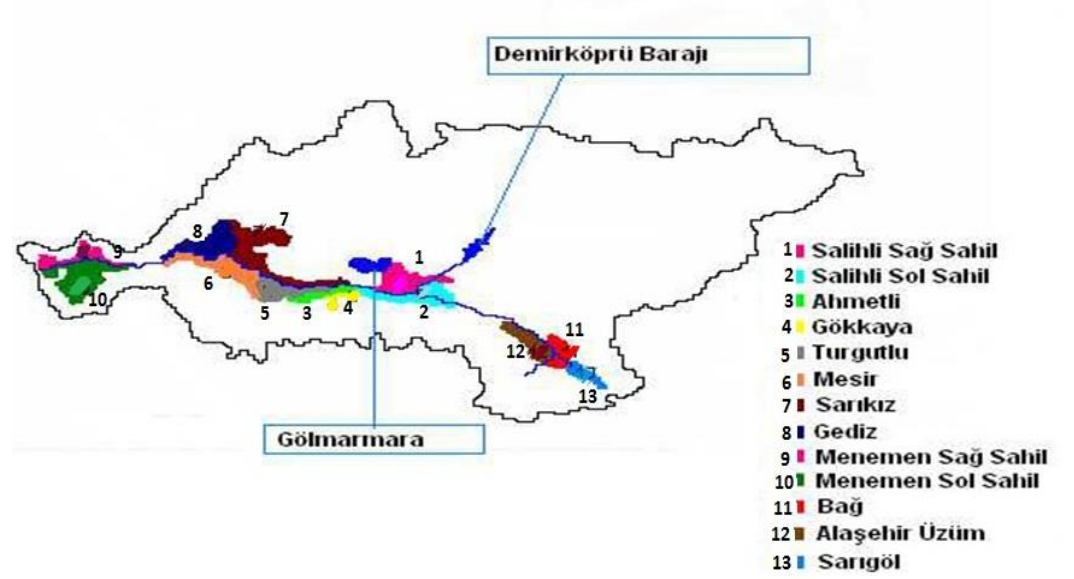
olarak sıralanmaktadır. Çalışma alanı olarak belirlenen Alaşehir yöresinde bulunan Alaşehir Regülatörü ve Afşar Barajı ile sulama faaliyetlerinin yapılması için gerekli su miktarı depolanarak tarımsal sulama dönemi boyunca yörede su iletiminin kontrollü bir şekilde yapılmasını sağlamaktadır. Su yapılarının konumları hakkında yer bilgileri Şekil.3.2' de gösterilmektedir (<http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi2/manisa.htm>).



Şekil 3.2. Gediz havzası sulama yapıları

Bakanlar Kurulunun 1995 yılı 95/6527 karar sayısı ile Gediz Havzasında kurulmuş olan on üç tane sulama birliği bulunmaktadır (Anonim,1995). Tarımsal sulama faaliyetlerinin yönetimi, denetimi ve kontrollü bir şekilde dağıtılması amacıyla çalışmalarını sürdürmekte olan sulama birlikleri aynı zamanda sorumluluk sahalarında bulunan su iletim yapılarının bakım ve onarım çalışmalarını da yapmaktadır. Aktif olarak işletimde bulunan sulama tesisleri ile beraber cazibeli sulama ile toplamda brüt olarak 105 042 ha, pompajlı sulama ile toplamda brüt 9 878 ha alan ve yer altı suyu kaynakları (YAS) ile brüt olarak toplamda 7 456 ha alanın sulaması birlikler kontrolünde yapılmaktadır. Alaşehir yöresinde bulunan sulama birliklerinin sorumluluk sahaları içinde cazibeli sulama ile brüt 13 062 ha alan, pompajlı sulama ile brüt 208 ha alanın sulama faaliyetlerinin

yapılması gerçekleştirilmektedir. Sulama birliklerinin havzadaki konumları Şekil.3.3' te gösterilmektedir (www.dsi.gov.tr/bolge/dsi2/manisa.htm).



Şekil 3.3. Gediz havzası sulama birliklerinin konumu ve hizmet alanları

Çalışma alanı olarak belirlenen Manisa ili Alaşehir İlçesi, İç Ege Bölgesinde yer almakta, yüzölçümü ise 977 km²'dir. Söz konusu çalışma alanında bulunan Alaşehir ve Sarıgöl yöresinde bulunan sulama birlikleri ile sulama faaliyetlerini gerçekleştirmektedir. Birlikler küçük kapasiteli Afşar ve Buldan barajlarından yararlanmaktadır. Afşar Barajı, Çiftlikdere Çayı ile Derbent Çayının birleştiği yerde 1978 yılında gövdesine toprak dolgu yapılarak hizmete açılmıştır. Sulama ve taşkın kontrolü amacıyla yapılan baraj, toplam 540 km²'lik bir havzaya sahiptir. Sağ (kuzey) ve sol (güney) sahil sulama kanaletleri ile ovaya yayılmıştır. Barajın 69 milyon m³ su depolaması bulunmaktadır. Maksimum dolu savak su debisi 1048 m³/sn olup , şebekeye iletimi için dip savaktan su debisi 7.5 m³/sn' dir ve toplam sulanabilir alan 9 100 hektardır. Sulanabilen arazinin de 4 260 hektarı ancak sulanmaktadır. Kanaletlerin uzunluğu 24 km'dir. Bu kanaletler vasıtasıyla 5617 ayrı parselde 3361 çiftçinin 4 260 hektar bağ alanı sulanabilmektedir. Önceki dönemlerde baraj suyunun % 56'ya yakını bağ,% 24'ü pamuk ve % 30'u diğer sulamalarda kullanılırken günümüzde tamamına yakını bağ alanlarının sulanmasında kullanılmaktadır (Karakuyu ve Atalay, 2001).

Alaşehir yöresinde yer alan ve tarımsal alanlarının sulamaları için su iletimini sağlayan sulama birliklerine ilişkin bazı bilgiler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Alaşehir yöresinde yer alan sulama birlikleri (Anonim, 2000)

Sulama Birliği	İnşaat Yılı	Devir Yılı	Proje Alanı(ha)	Başlıca Ürün	Su Kaynağı
Sarıgöl	1969	1994	1927	Bağ	Buldan Barajı
Bağ	1979	1995	4486	Bağ	Afşar Barajı
Üzüm	1979	1995	6930	Bağ	Afşar Barajı +Yeraltı suyu

3.1.1 Araştırma alanına ilişkin genel bilgiler

3.1.1.1 Coğrafi bilgiler

Çalışma alanı olarak belirlenen Manisa ili Alaşehir İlçesi, İç Ege Bölgesinde, 28° 31’ 38’’ doğu boylamı ile 38° 21’41’’ kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. Alaşehir Yöresinin kuzeyindeki Uysal dağlarına göre daha yüksek olan ve sıradağ özelliği gösteren Bozdağlar’ın kuzey-güney yönündeki ortalama uzunluğu 20–25 km kadardır. Bozdağlar, bu kesiminde yaklaşık % 40-50 eğimle Alaşehir Ovasına inmektedirler. Bozdağlar, Uysal dağları ve Alaşehir Ovasından başka ilçenin diğer önemli jeomorfolojik ünitelerini az engebeli plato sahaları ve tepelik alanlar oluşturmaktadır (Koçman, 1989 ; Atalay vd., 2001). İlçenin Ege denizine olan kuş uçuşu uzaklığı ve il merkezine olan yol uzaklığı 120 km ve ilçe merkezinin denizden olan yüksekliği 189 m’dir (Karakuyu ve Atalay, 2001).

3.1.1.2 İklim durumu

Çalışma alanı olarak saptanan Alaşehir yöresinde genel olarak Akdeniz iklimi hakimdir. Bitki su tüketiminin belirlenmesinde kullanılan yöreye ait iklim değerleri ve uzun yıllar ortalaması Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü kayıtlarından elde edilerek Çizelge 3.2’de verilmiştir (Anonim, 2012). İlkbaharın kısa, yaz ve sonbahar mevsimlerinin oldukça uzun yaşandığı ilçede, Akdeniz ikliminin geçiş rejimi görülmektedir. Kış aylarında genellikle kuzey rüzgarları, yaz aylarında ise doğu ve güneydoğudan gelen samyeli ve öğleden sonraları batıdan serin esen imbat rüzgarları hâkim olmaktadır. Ege bölgesinin en az yağış alan yerlerinden biri olan ilçeye yılda ortalama 500 mm yağış düşmektedir. Yöreye düşen yağış miktarı, ovanın iki tarafındaki Uysal dağlarının ve Boz dağların yüksek kesimlerine doğru artmaktadır (Karakuyu ve Atalay, 2001).

Çizelge 3.2. Alaşehir Yöresinde ölçülen bazı iklim parametrelerine ilişkin uzun yıllık ortalama değerleri (Anonim, 2012)

Ay	Sıcaklık (°C)			Ort. Toplam Yağış (mm)	Ort. Nisbi Nem (%)	Ort. Rüzgar Hızı (mm/saat)	Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	Topl. Buharlaşma (mm)
	Max. Sıcaklık (°C)	Min. Sıcaklık (°C)	Ort. Sıcaklık (°C)					
	Ocak	12.1	1.5					
Şubat	13.4	3.1	7.8	62.6	76.7	2.6	3.44	-
Mart	17.5	4.8	10.9	48.9	70.4	2.7	5.19	2.5
Nisan	21.7	7.9	14.9	39.0	52.5	1.62	6.24	96.8
Mayıs	28.2	11.7	20.7	30.1	48.5	2.8	8.34	162.7
Haziran	32.7	16.5	25.5	14.9	45.3	3.1	10.47	215.7
Temmuz	35.3	18.8	28.2	8.4	40.4	3.5	11.18	254.1
Ağustos	35.4	18.5	27.9	6.8	45.3	3.4	10.41	235.2
Eylül	30.4	13.8	22.4	10.6	52.6	2.8	9.07	159.9
Ekim	24.0	9.8	16.4	38.0	69.5	2.3	6.30	94.8
Kasım	18.8	5.5	11.4	51.3	73.6	2.1	4.06	32.3
Aralık	13.9	3.9	8.1	57.4	79.5	2.4	2.25	7.1

Kaynak: <http://tumas.mgm.gov.tr/wps/portal/>

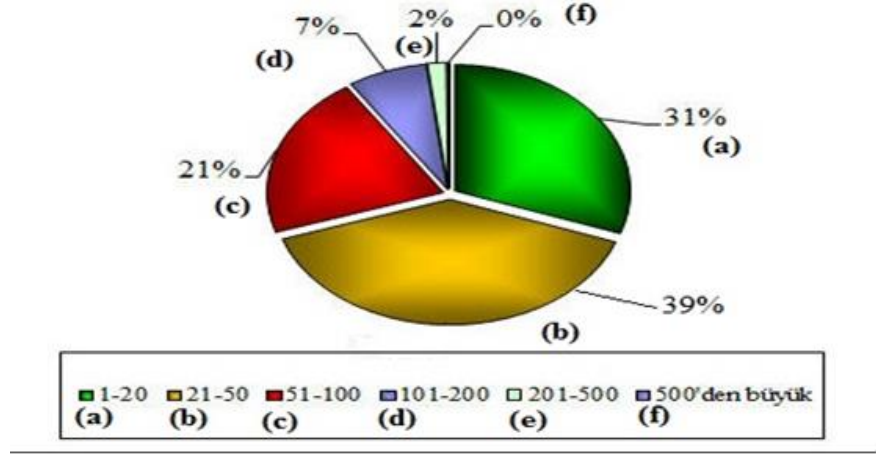
3.1.1.3 Tarımsal durum

Alaşehir ovasındaki jeomorfolojik özellikleri ilçedeki arazi kullanımını belirlemektedir. Bu nedenle ilçe merkezinin de içinde bulunduğu Gediz Havzasının doğu kesiminde bulunan Alaşehir yöresindeki sulu tarım alanlarında sultani üzüm yetiştiriciliği mono kültür halini almıştır. Kuzeye ve güneye doğru engebenin arttığı kesimlerde zeytin tarımı yapılırken, kuzey kesimindeki Uysal dağlarının eteklerinde bakı ve yağıştan dolayı genel olarak tahıl tarımı yapılmaktadır (Tümertekin ve Özgüç, 1995).

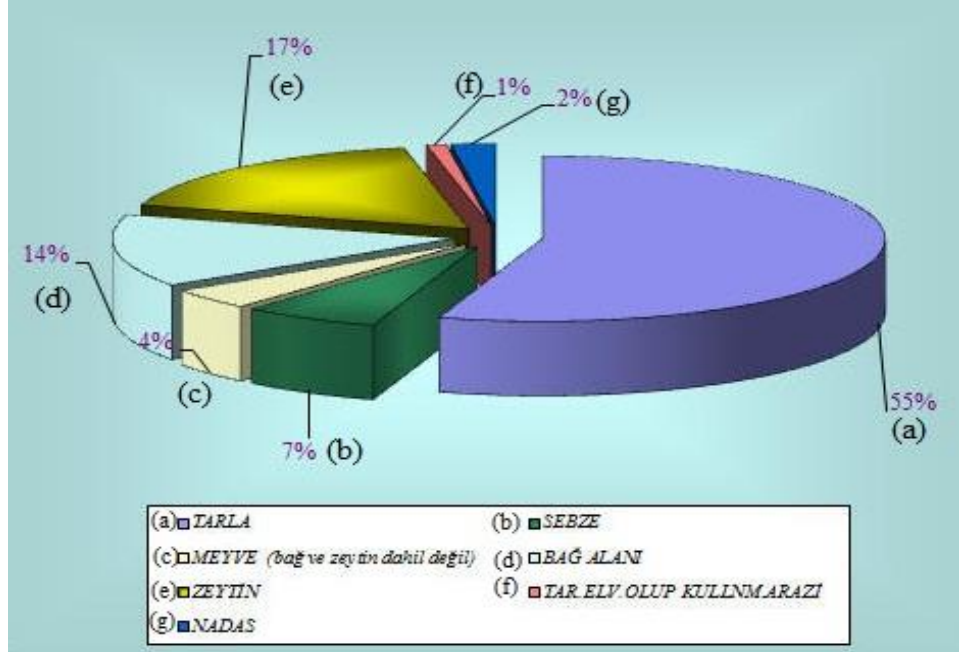
Yörenin yıllık yağış ortalamasının 500 mm civarında bulunması, ayrıca bitki yetişme süresinin 176–184 gün gibi uzun olması sonucu yörede hemen hemen bütün kültür bitkilerinin yetişmesine elverişli durumda bulunmaktadır. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Manisa İl Müdürlüğü Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS) verilerine göre (Anonim 2011), yörede yetiştirilen kültür bitkilerinin kategorilerine göre arazi üzerinde dağılımı ve söz konusu arazilerin büyüklük konumlarına ilişkin sayısal veriler şekil 3.4 (a) ve şekil 3.4 (b) 'de verilmiştir. Tütün, buğday, arpa, çavdar, burçak, nohut, bakla, patates, ekilen başlıca tarım ürünlerini oluşturmaktadır. Bunun yanında domates, taze fasulye, taze bakla, ıspanak, patlıcan, biber, elma, zeytin, nar, ayva, erik, kiraz, şeftali, badem, incir ve en önemlisi sultani üzüm gibi sebze-meyve türleri de üretilebilmektedir (Şekil 3.5). Yörede kuru tarım oldukça geniş bir alanda yapılmaktadır ve yöredeki kuru tarım ürünleri kahverengi orman, akdeniz ve fazla kumlu su tutma kapasitesi düşük topraklar olan (regosol) topraklar üzerinde yetiştirilmektedir (Karakuyu ve Özçağlar, 2005).

Sulu tarım alanları, kuru tarım alanlarına göre daha az alan kaplamasına rağmen, ilçenin önemli gelir kaynağını oluşturmaktadırlar. Şekil 3.5'te gösterilmiş olan ürün çeşitliliği sulu tarım alanları alüvyal ve kolüvyal topraklar üzerinde bulunması nedeniyle farklılık arz etmektedir. Sulu tarım alanlarında, topraklardan azami istifade edilmesi için ürün çeşidine göre nisan, ekim ayları arasındaki sıcak devrede ihtiyaç duyulan 200-400 mm arasındaki ilave su, sulama ile karşılanmaktadır. Gerekli

sulama suyu yörede faal durumda olan barajdan ve yeraltı sularından karşılanmaktadır (Karakuyu ve Atalay, 2001).

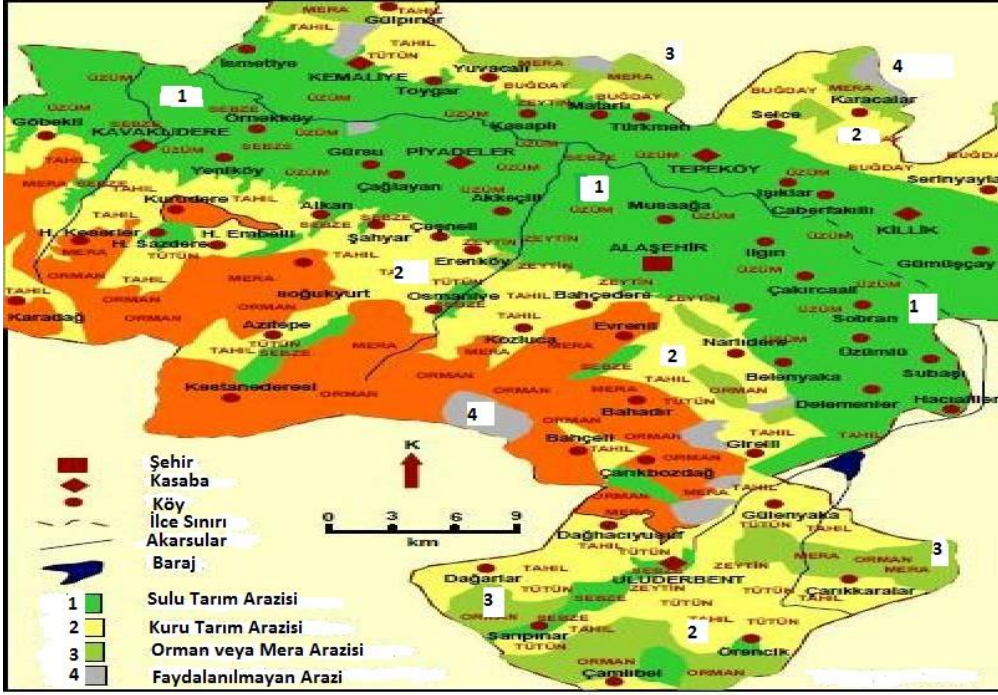


Şekil.3.4 (a). Manisa ili Tarımsal İşletmeler Büyüklüğü (Dekar (da))



Şekil.3.4 (b). Manisa ili Tarımsal Arazi Kullanım Durumu (Yüzde (%))

Kaynak: <http://www.manisatarim.gov.tr/docs/istatistikler.asp>



Şekil 3.5. Alaşehir ilçesi arazi faydalanma haritası (Karakuyu,2001)

3.1.1.4 Toprak durumu

Toprağı oluşturan etkenler bilindiği gibi iklim, ana kaya, vejetasyon, yer şekilleri ve zamandır. Alaşehir Yöresi ve çevresinin iklimini ele aldığımızda 500 mm civarında yağış aldığını ve genel hatlarıyla Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü görülmektedir. Bu iklim sebebiyle sahada toprak oluşumu en uygun seviyede gerçekleşmektedir. Ancak sahanın fazla eğimli olması sonucu yağışlar, erozyonu hızlandırmaktadır. Bunun sonucunda litozolik karakterli sığ topraklar meydana gelmiştir. Böylece doğal bitki örtüsü iyi bir gelişme gösterememiştir. Sahada yağış oranının düşük olması kireçsiz kahverengi orman, kireçsiz kahverengi ve kırmızı akdeniz toprakları gibi A ve B horizonları kireçsiz toprakların oluşmasına izin vermemiştir. Ancak yağış oranının fazla olduğu yüksek kesimlerde sadece kırmızı akdeniz toprakları bulunmaktadır (Koçman, 1989).

Alaşehir Yöresine ait yapılan toprak etütleri sonucunda, pedogenetik özelliklerine göre 7 büyük toprak çeşidi tespit edilmiştir. Bunlar, kahverengi

orman toprakları (Orman toprakları), kırmızı akdeniz toprakları, verimsiz kayaç topraklar (ütosol), taşlık ve kayalık topraklar, fazla kumlu su tutma kapasitesi düşük topraklar (regosol), kolüvyal topraklar ve alüvyal topraklardır. Kolüvyal topraklar ovanın kuzey kesiminde güney kesimine göre daha az alan kaplarken, regoseller daha geniş bir alan kaplamaktadır. Sahanın engebeli, dağlık kesimlerinde ve genelinde en geniş alan kaplayan topraklar kırmızı orman topraklarıdır. Sahanın graben kesiminde bulunan Alaşehir yöresinin hemen tamamını alüvyal topraklar kaplamaktadır. Yöreyi sınırlandıran engebeli sahanın başladığı sahalarda KB-GD doğrultusunda ince bir şerit halinde önce kolüvyal topraklar, hemen sonrada regosol topraklar bulunmaktadır. Regosol topraklar (fazla kumlu su tutma kapasitesi düşük topraklar) ve kolüvyal topraklar, jeolojik olarak neojen depoların üzerinde bulunmaktadır (Koçman, 1989).

Alaşehir bölgesinde yapılan çalışmalar ve alınan toprak örneklerinin: % kum içerikleri; 52.4-85.1, % kil içerikleri; 2.9-14.9 ve % mil içerikleri; 8-34 arasında değişmektedir. Toprakların % 70 gibi büyük çoğunluğu “Kumlu-tın”, geri kalanı da “Tınlı-kum” bünye sınıfına girmektedir. Alaşehir yöresi topraklarının % 65’i hafif alkali, % 15’i orta alkali, zayıf ve orta asit topraklar (% 10) ve nötr karakterli topraklar (% 10) bölümü oluşturmaktadırlar. Toprakların % 50’si kireççe fakir, % 20’si kireçli, % 20’si kireççe zengin, (% 10)’u ise bünye+marn sınıfındadır. Yapılan incelemelerde % kireç ve pH değerleri arasında % 5 düzeyinde ($r = 0,472^*$) güvenilir ilişki saptanmıştır (Kahveci ve Atalay, 2010).

3.1.1.5 Su kaynakları ve su yapıları

Gediz Havzasının bir alt havzası olan Derbent Havzası sınırları içerisinde bulunan Alaşehir Yöresi, sınırları içerisinde bulunan Üzüm, Sarıgöl ve Bağ Sulama Birlikleri ile bunlara sulama amaçlı su temininde bulunan ve Avşar Barajını besleyen ve toplam 559,9 km² drenaj alanına sahip bölge içinde yer almaktadır. Ayrıca Devlet Su İşleri (DSİ) Genel

Müdürlüğü tarafından havzada birçok yatırım yapılmıştır. Bunlardan Demirköprü, Avşar ve Buldan barajları; Çömlekçi, Adala, Marmara, Emiralem, Ahmetli ve Buldan bağlamaları DSİ tarafından; Akpınar, Alaşehir, Sarıgöl, Adala I ve II, Gökkaya, Ahmetli, Maltepe, Menemen, Türkeli ve Emiralem sulama sistemleri ise sulama birlikleri tarafından işletilmektedir. Havzadaki belli başlı su yapıları sulama amaçlıdır. Demir köprü, Avşar ve Buldan baraj gölleri ve Marmara Gölü 110 000 ha'lık tarımsal sulama alanını beslemektedir. Gediz Havzasında hali hazırda tarımsal su ihtiyacı genelde yüzeysel sulardan, endüstriyel ve kentsel su ihtiyaçları ise yeraltı suyundan karşılanmaktadır (Çetinkaya ve Barbaros, 2008).

Gediz Havzasında tarımsal sulama suyu ihtiyacının bir bölümü yeraltı suyu yeraltı su kaynakları (YAS) ile temin edilmektedir. Havzada 14 adedi Sarıgöl Sulaması sahası ve 72 adedi Alaşehir Sulama sahası içerisinde olmak üzere toplam 86 YAS kuyusu toplam 13743 ha alanı sulamak amacıyla sulama kooperatifleri tarafından işletilmektedir. Ayrıca, havzada, Manisa ili sınırları dahilinde Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından inşa edilip, Sulama Kooperatiflerine devredilen 84 adet YAS kuyusu ile toplam 2810 ha alan sulanmaktadır. İzmir ili sınırları içerisinde, Gediz Havzasına dahil alanda 44 adet yeraltı su kuyuları (YAS) ile 1 320 ha tarımsal alanın sulaması sulama birliği kooperatiflerince gerçekleştirilmektedir. (Yıldırım ve Akgül, 2009).

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;

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

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),

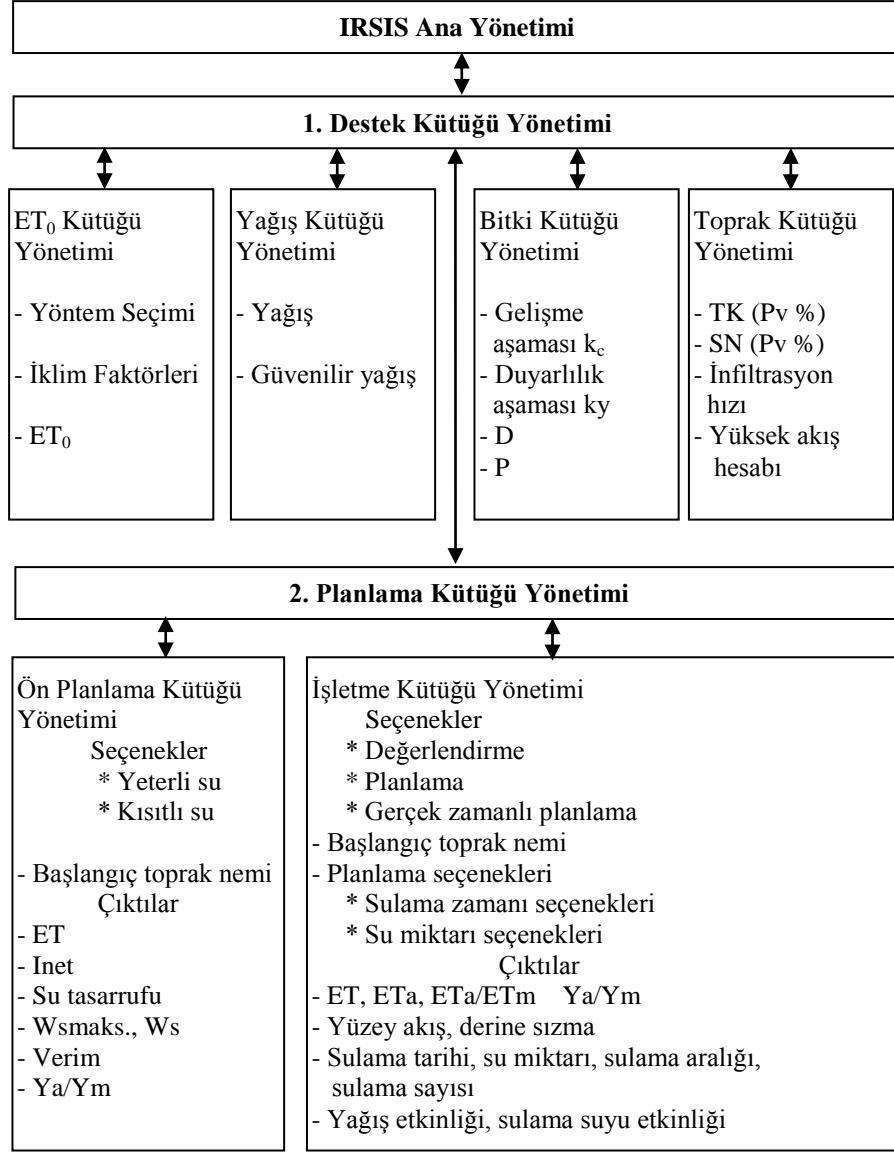
e_a = Gerçek buhar basıncı (kPa),

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

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

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

IRSIS bilgisayar yazılımında referans bitki su tüketimini hesaplamak amacıyla gerekli olan meteorolojik veriler; ortalama minimum ve maksimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), ortalama güneşlenme süreleri (saat), ortalama nem (%), ortalama rüzgar hızı (m/sn) ve yağış ortalamaları (mm) ile elde edilen verilerdir. 2002 - 2012 yılları arasında yöreye ait 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, 2002 ve 2012 yılları arasındaki ilgili 10 günlük dilimlere ait ortalama verilerle toplanarak yıl sayısına bölünmüş ve uzun yıllar ortalamaları hesaplanmıştır. 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 3.6' da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. IRSIS yazılımında destek ve planlama kütüğü bölümleri

(Raes et al., 1988; Kodal,1996)

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-Monteith (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 yazılımdaki veri dosyasına aktararak hesaplanmıştır. 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) olarak işlemlerde bu değerler dikkate alınmıştır.

Planlama çalışması aşamasında, Alaşehir Yöresinde yetiştirilen bazı bitkiler için sulama mevsimi öncesinde sulama zaman planlamaları yapılmıştır. Bunun için, destek kütüğünde oluşturulan, yöreye ve yetiştirilen bitkilere ait değerler (ET_0 , yağış, toprak vs.) hesaplatılarak ortaya çıkan verilerin bulunduğu dosyalar işleme konmuştur.

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

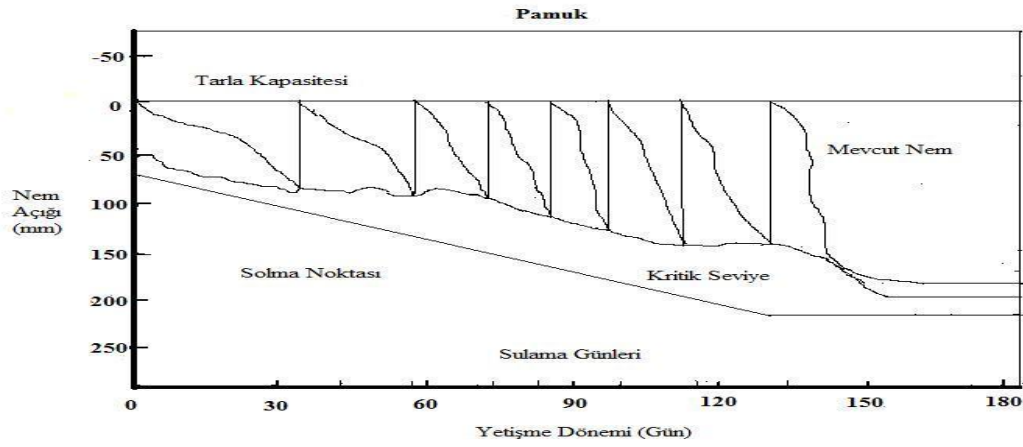
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada, Alaşehir Yöresinde tarımsal üretimi yapılmakta olan üzüm(bağ), mısır, domates, zeytin, narenciye, yonca, bostan, biber, şeftali ve pamuk bitkileri için yetiştirme döneminde ihtiyaç duydukları su miktarının belirlenebilmesinde IRSIS bilgisayar yazılımından sulama planları elde edilmiştir.

Söz konusu bitkilere ait ayrıntılı sulama programları ve bu programlara ilişkin değerler oluşturulan çizgeler; Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Çizelge 4.5, Çizelge 4.6, Çizelge 4.7, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da ayrı ayrı ele alınmıştır. Bitkilere ait sulama programlarının verildiği çizelge ve grafikler incelendiğinde, her bitki için yapılması gereken optimum sulama suyu miktarının, sulama aralıklarının ve sulama periyotlarının hakkında bilgi sahibi olunmasına yardımcı olmaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda 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 yorumu yapılabilmektedir.

Çizelge 4.1. Pamuk bitkisine ait sulama programı

Genel Bilgiler				
Yöre	Alaşehir			
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 NİSAN	-	-	53.9
2	23 MAYIS	38	38	75.2
3	10 HAZİRAN	18	56	76.5
4	25 HAZİRAN	15	71	83.2
5	09 TEMMUZ	14	85	91.5
6	23 TEMMUZ	14	99	102.6
7	08 AĞUSTOS	16	115	123.3
8	26 AĞUSTOS	18	133	126.6
Sulama Sayısı: 8		Toplam Su Miktarı: 732.8 mm.		Verim Oranı (Y_d/Y_m): % 100



Şekil 4.1. Pamuk bitkisi nem grafiği

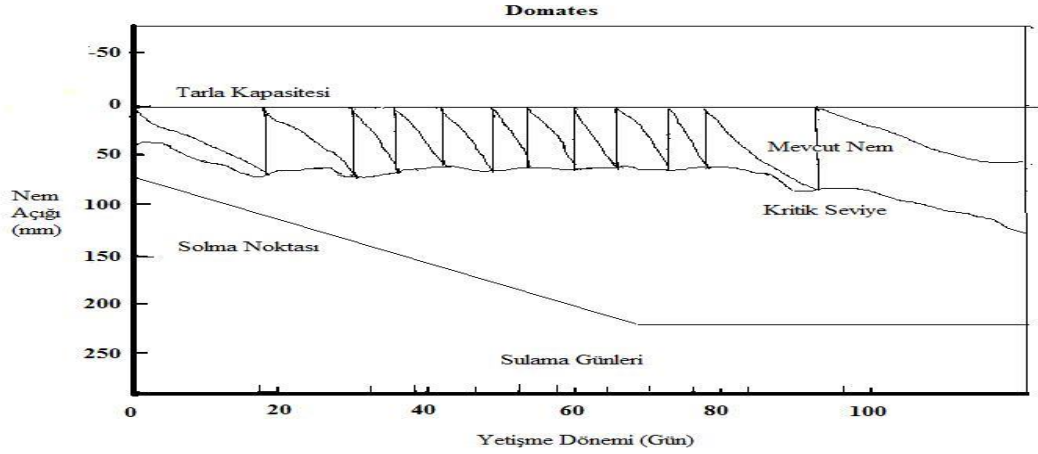
Pamuk bitkisine ait nem grafiğinin verildiği Şekil 4.1’de, bitki kök derinliğindeki toprak katmanında yetiştirme dönemi boyunca mevcut nemin değişimi gözlenmektedir. Nem grafiğinde toprak özelliklerine bağlı olarak üç sabit, bir değişken çizgi yer alır. Grafikte en üstte yer alan ve sıfır su açığına 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).

Buna göre, tarla kapasitesi ve kritik seviye çizgileri arasında kalan bölgede kök derinliğindeki toprak bünyesinde oluşan mevcut nem seviyesinin değişimini grafikte gözlemlenebilmektedir. Bitkinin yetiştirme dönemi boyunca 8 defa sulama yapılması gerektiği grafik yardımıyla tespit edilebilmektedir. Mevcut nem çizgisi, pamuk bitkisinin gelişme dönemi başlangıcında tarla kapasitesinde (toprak nemi tarla kapasitesinde) olduğundan ilk sulamaya ihtiyaç duyulmamıştır. Geliştirme dönemi başlangıcından itibaren mevcut nem çizgisi, bitki su tüketimi ile olan su kaybı nedeniyle zamanla aşağı doğru inmiştir. Optimum sulama amaçlandığından, toprak nemi kritik seviye çizgisine gelince bitkinin sulama zamanının tespiti ile mevcut nemi tarla kapasitesine çıkaracak kadar sulama suyu uygulanarak nem açığı giderilmeye çalışılmıştır. Sulama

zamanın planlaması açısından sulama uygulamalarının tekerrürü söz konusu olmaktadır. Sulama zamanına ve uygulanacak sulama suyu miktarına gelişme dönemi sonuna kadar bu şekilde karar verilebileceği yorumu yapılabilmektedir.

Çizelge 4.2 Domates bitkisine ait sulama programı

Genel Bilgiler				
Yöre		Alaşehir		
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 MAYIS	-	-	64.3
2	03 HAZİRAN	19	19	75.6
3	15 HAZİRAN	12	31	78.5
4	23 HAZİRAN	08	39	68.6
5	30 HAZİRAN	07	46	69.6
6	06 TEMMUZ	06	51	69.7
7	12 TEMMUZ	06	57	69.8
8	18 TEMMUZ	06	63	64.3
9	24 TEMMUZ	06	69	63.5
10	30 TEMMUZ	06	75	63.1
11	06 AĞUSTOS	07	82	69.1
12	17 AĞUSTOS	11	93	92.1
Sulama Sayısı: 12		Toplam Su Miktarı: 848.3 mm.		Verim Oranı (Y_a/Y_m): % 100

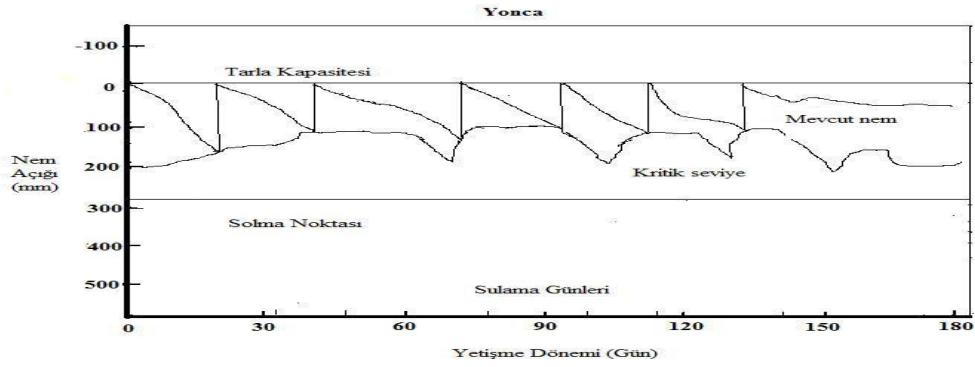


Şekil 4.2. Domates bitkisi nem grafiği

Şekil 4.2’de domates bitkisinin kök bölgesine ait nem grafiği değerlerine göre, bitki kök derinliğindeki toprak katmanında yetiştirme dönemi boyunca mevcut nemin değişimi gözlenmektedir. Buna göre, tarla kapasitesi ve kritik seviye çizgileri arasında kök derinliğindeki mevcut nemin zamanla seviyesindeki değişimler gözlemlenebilmektedir. Geliştirme dönemi başlangıcından itibaren mevcut nem çizgisi, bitki su tüketimi ile olan su kaybı nedeniyle zamanla değişim göstermiştir. Domates bitkisine ait nem grafiğinden geliştirme dönemi boyunca yöre koşullarına göre etkili kök bölgesi derinliği 60 cm, kök bölgesinde tüketilmesine izin verilen su miktarı (p) %40 alınarak ilgili hesaplamalar neticesinde 12 defa sulama yapılması gerektiği ve bitkinin yetiştirme dönemine ait sulama plan çizelgesinde toplamda 843.3 mm sulama suyu verilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Bitkiye ait sulama değeri hesaplamalarında kullanılan bitki karakteristik değerleri olan, bitkinin geliştirme aşamaları arası değişim değerleri(kc) sulama sezonu boyunca 0.45-1.26 arasında tespit edilmiş, duyarlılık aşama değeri(ky) ise 1.05 olarak belirlenmiştir. Grafik yardımıyla, sulama işleminin yapılması gereken tarihi, sulama aralıklarını ve uygulanması gereken su miktarı yaklaşık olarak belirlenebilmektedir. Grafik yardımıyla mevcut nem çizgisinin tarla kapasitesi çizgisinin üzerine çıkmadığı (aşırı sulama yapılmadığı) ve mevcut nem çizgisinin kritik seviyenin altına düşmediği (bitkinin strese girmediği), dolayısıyla verim azalması olmayacağı yorumu yapılabilir.

Çizelge 4.3. Yonca bitkisine ait sulama programı

Genel Bilgiler				
Yöre	Alaşehir			
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 MAYIS	-	-	218.1
2	02 HAZİRAN	32	32	152.5
3	19 HAZİRAN	17	49	136.8
4	14 TEMMUZ	25	74	163.3
5	30 TEMMUZ	16	90	138.7
6	23 AĞUSTOS	24	104	141.1
7	20 EYLÜL	28	132	152.0
Sulama Sayısı: 7		Toplam Su Miktarı: 1102.5 mm.		Verim Oranı (Y_a/Y_m): % 100

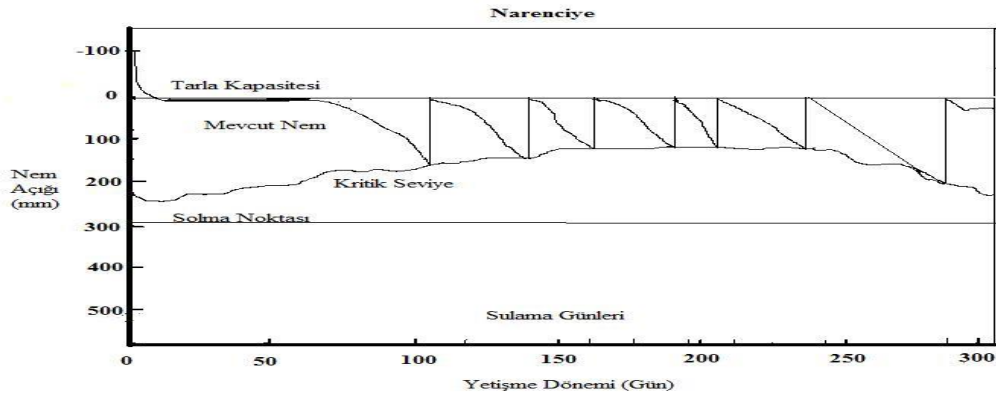


Şekil 4.3. Yonca bitkisi nem grafiği

Yonca bitkisine ait şekil 4.3' teki kök bölgesi nem grafiğine göre bitki gelişme dönemi boyunca toplamda 7 sulama yapıldığı hesaplanabilmektedir. Grafikte bulunan değerler ile bitki gelişme dönemi boyunca ihtiyacı olan su miktarının, uygulanması gereken sulama tarihinin ve hangi sıklıkta yapılacak olması yaklaşık olarak belirlenebilmektedir. Grafik yardımıyla mevcut nem çizgisinin tarla kapasitesi çizgisinin üzerine çıkmadığı (aşırı sulama yapılmadığı) ve mevcut nem çizgisinin kritik seviyenin altına düşmediği (bitkinin strese girmediği), dolayısıyla verim azalması olmayacağı yorumu yapılabilir. Çizelge 4.1' de gösterilen su miktarı değerleri ve sulama zamanları ilgili yöntemle hesaplatılarak yörede bitkinin optimum sulanması için kullanılabilir. Yonca bitkisinin bitki karakteristik özellikleri olan bitki gelişme katsayısı(kc) programlama süresince 0.50-1.10 değerlerinde arasında, duyarlılık aşaması (ky) 0.90 oranında değerlendirilmiştir. Bitki etkili kök derinliğinin 90 cm ve kök bölgesinde tüketilmesine izin verilen su miktarı (p) %60 olarak belirlenmiş ve hesaplamalar sonucu bitkiye sulama periyodu süresince uygulanması gereken toplam su miktarının 1102.5 mm olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Narenciye bitkisine ait sulama programı

Genel Bilgiler				
Yöre	Alaşehir			
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	07 MAYIS	-	-	155.3
2	05 HAZİRAN	29	29	144.0
3	26 HAZİRAN	21	50	135.8
4	15 TEMMUZ	19	69	131.8
5	04 AĞUSTOS	20	89	136.9
6	27 AĞUSTOS	23	112	143.2
7	19 EKİM	53	165	194.0
Sulama Sayısı: 7		Toplam Su Miktarı: 1041.0 mm		Verim Oranı (Y_a/Y_m): % 100

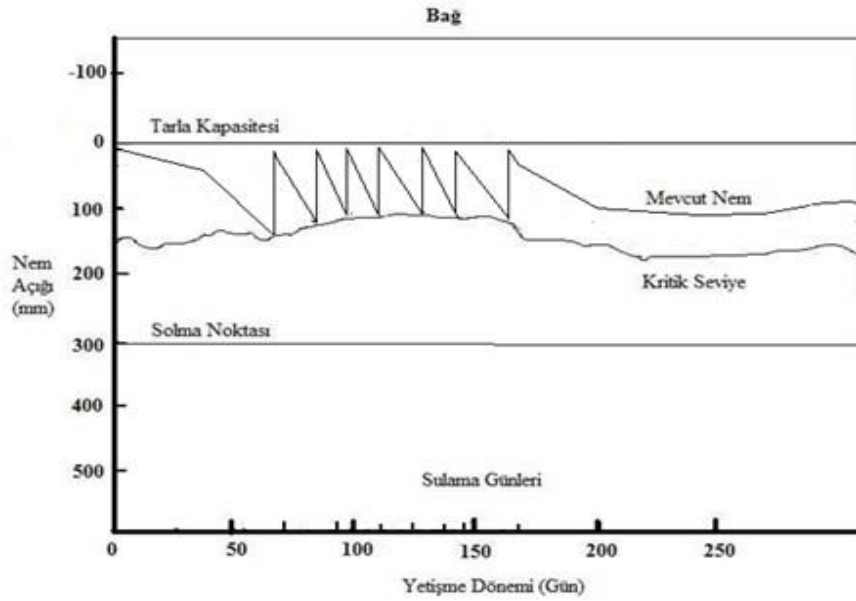


Şekil 4.4. Narenciye bitkisi nem grafiği

Şekil 4.4'te Narenciye bitkisine ait sulama programının uygulanışı sırasında, bitki kök derinliğindeki toprak katmanında zaman boyunca mevcut nemin değişimi gözlenmektedir. Grafikte belirli bir andaki mevcut nem narenciye bitkisinin çok yıllık bir bitki olması nedeniyle yağışlarla karşılanmış olduğu gözlemlenebilmektedir. Bitkinin gelişme dönemi sırasında 7 defa sulama yapılması ve kök bölgesi nem açığı miktarının giderilmesi açısından toplamda 1041.0 mm su miktarının sulama periyodu süresince bitkinin kök bölgesine uygulanması gerektiği IRSIS bilgisayar yazılımı ile hesaplanmıştır(Çizelge 4.4). Narenciye bitkisinin gelişme katsayısı(kc) sulama dönemi boyunca 0,85 oranında değerlendirilip, etkili kök derinliğinin 120 cm olması nedeniyle tüketilmesine izin verilen kök bölgesinde tüketilmesine izin verilen su miktarı (p) %50 olarak belirlenmiştir. Böylece bitkinin gelişme döneminde strese gireceği su seviyesinde (kritik seviye) değişimler gözlemlenerek verim azalmasını engellemek için sulamanın yapıldığı zaman açısından da yorum yapabilmek olasıdır söz konusu olmaktadır.

Çizelge 4.5. Bağ bitkisine ait sulama programı

Genel Bilgiler				
Yöre	Alaşehir			
Bitki	Bağ			
Bitki Yetiştirme Dönemi	05 Mart-28 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	02 HAZİRAN	-	-	100.2
2	18 HAZİRAN	16	16	77.6
3	02 TEMMUZ	12	28	76.3
4	14 TEMMUZ	12	40	71.2
5	27 TEMMUZ	13	53	75.8
6	10 AĞUSTOS	14	67	76.5
7	28 AĞUSTOS	18	85	85.8
Sulama Sayısı: 7		Toplam Su Miktarı: 563.4 mm.		Verim Oranı (Y_a/Y_m): % 100

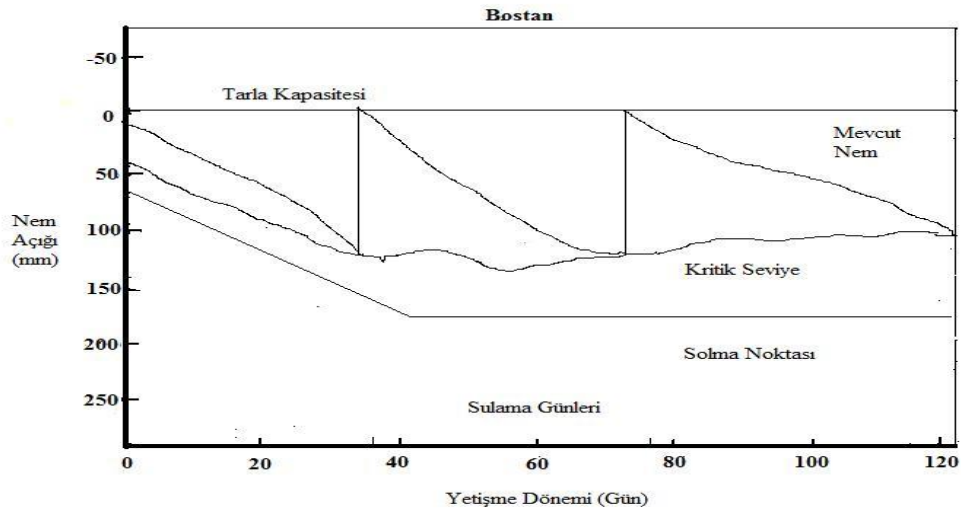


Şekil 4.5. Bağ nem grafiği

Bölge için ekonomik değeri yüksek olan Üzüm (bağ) bitkisine ait kök bölgesi nem grafiğinin verildiği Şekil 4.5’de bitki kök derinliğindeki toprak katmanında zaman boyunca mevcut nemin değişimi gözlenmektedir. Bitkiye ait nem grafiğinden değişken sulama aralıklarına göre toplamda 7 defa sulama yapılması gerektiği belirlenmiştir. Sulama dönemi boyunca bitki kök bölgesinde nem açığının büyük değerlere ulaşmasını önlemek amacıyla sulamalar yapıldığı öngörülmektedir. Ayrıca, grafikte bulunan yatay eksendeki yetişme gün sayısı ve düşey eksendeki kök bölgesi nem açığı değerleri doğrultusunda gelişme dönemi içerisindeki her bir sulamanın tarihi, sulama aralıkları ve uygulanacak su miktarları yaklaşık olarak bulunabilmektedir. Mevcut nem çizgisinde, gelişme dönemi başlangıcından itibaren bitki su tüketiminden dolayı toprakta gerçekleşen nem açığı nedeniyle zamanla aşağı yönde eğilimi gözlemlenmiştir. Optimum sulama amaçlandığından dolayı toprak nemi kritik seviye çizgisine geldiğinde sulama yapılarak toprak nem seviyesi doymun hale getirilmiştir. Asma bitkisinin etkili kök derinliği IRSIS yazılım hesaplamalarında 120 cm olarak alınmış, sulama sezonu süresince bitki gelişme katsayısı(kc) ise 0,30-0,70 oranları arasında alınarak, tüketilmesine izin verilen su miktarı (p) %35 olarak kullanılmıştır. Çizelge 4.5’ te bitkinin kök bölgesine verilmesi gereken sulama suyu miktarının 563.4 mm ve 7 defa sulama yapılması gerektiği verilmiştir. Bu sayede bitkiye verilmesi gereken su miktarının ne kadar olduğu ve ne zaman yapılması gerektiği hakkında bilgi edinerek bitki için gelişme dönemine ait sulama zaman planlamasının oluşturulabileceği yorumu da yapılabilmektedir.

Çizelge 4.6. Bostan bitkisine ait sulama programı

Genel Bilgiler				
Yöre	Alaşehir			
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	-	-	49.0
2	07 NİSAN	37	37	107.5
3	16 MAYIS	39	76	113.0
4	13 HAZİRAN	28	104	109.5
Sulama Sayısı: 4		Toplam Su Miktarı: 379.1 mm.		Verim Oranı (Y_a/Y_m): % 100



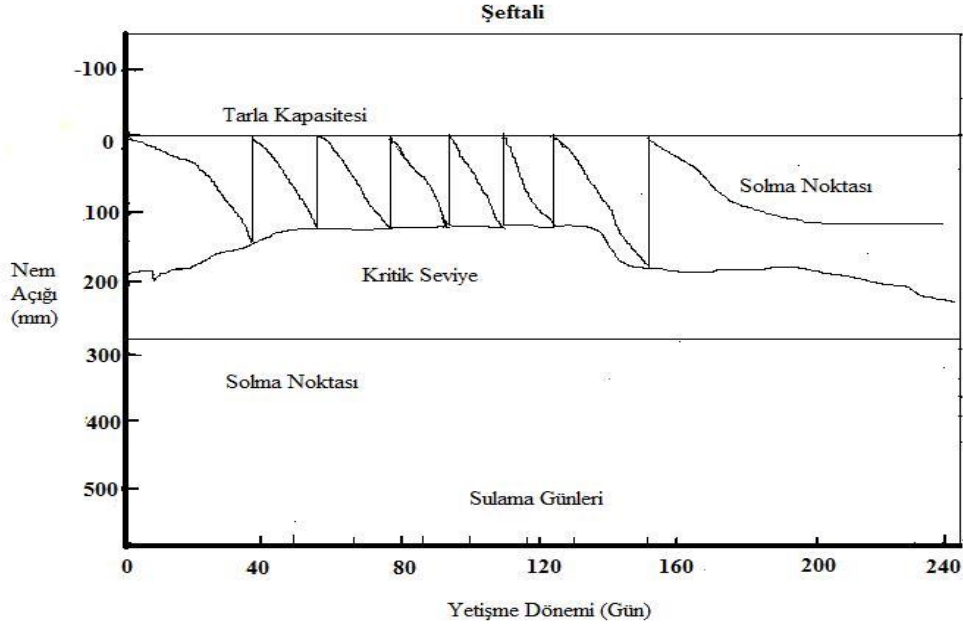
Şekil 4.6. Bostan nem grafiği

Çizelge 4.6' da bostan bitkisi için IRSIS yazılımı ile hesaplamalar yapılmış ve bitkinin sulama dönemi boyunca 4 defa sulanması gerektiği ve toplam uygulanması gereken su miktarının ise 379.1 mm olduğu

belirlenmiştir. Bitki için yöreye uygun sulama planlaması belirlenirken, bitki gelişme katsayısı 0,30-0,70 oranları arasında dikkate alınmış, 75-90 cm arası olan etkili kök bölgesinde tüketilmesine izin verilen su miktarı(p) %40 - 50 belirlenerek bitki su tüketimi hesaplanmıştır. Ayrıca Şekil 4.6' da eldeki veriler doğrultusunda oluşan bitki kök bölgesi nem grafiğinde de sulama aralığı ve uygulanması gereken su miktarının ne olması konusunda fikir yürütülebilme imkanı sunulmaktadır.

Çizelge 4.7. Şeftali bitkisinin sulama programı

Genel Bilgiler				
Yöre		Alaşehir		
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 NİSAN	-	-	442.7
2	18 MAYIS	47	47	135.9
3	08 HAZİRAN	21	68	123.3
4	24 HAZİRAN	16	84	116.8
5	09 TEMMUZ	15	99	115.2
6	24 TEMMUZ	15	114	117.0
7	09 AĞUSTOS	16	130	118.9
8	29 AĞUSTOS	20	150	128.3
Sulama Sayısı: 8		Toplam Su Mik.: 1298.1 mm.		Verim Oranı (Y_a/Y_m): % 100

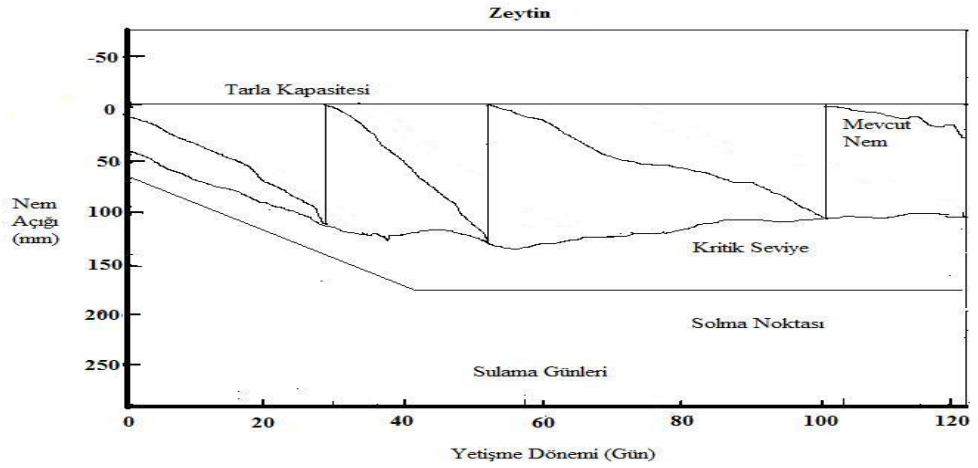


Şekil 4.7. Şeftali bitkisi nem grafiği

Şeftali bitkisine ait IRSIS yazılımı hesaplamaları Çizelge 4.7’de gösterilmektedir. Bitkinin sulama sezonu boyunca nisan ayında başlamak suretiyle ağustos ayına kadar toplamda 8 defa sulama yapılması gerektiği ve toplam miktarda 1298.1 mm sulama suyu verilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Çok yıllık bir bitki olan şeftalinin etkili kök bölgesi derinliği 120 cm olup, bitki gelişme katsayısı(kc) 0,30-0,95 arasında tespit edilmiştir. Bitkinin kök bölgesinde tüketilmesine izin verilen su miktarı (p) %50 olarak alınmış ve yörede optimum koşullarda sulama yapılması anlamda ilgili veriler hesaplatılmıştır. Sulama periyodu boyunca kök bölgesinde oluşan nem miktarındaki değişim Şekil 4.7’de grafik olarak verilmiştir. Grafik yetiştirme döneminde bitki için optimum bir sulama programının nasıl olması gerektiği hakkında bilgi vermektedir.

Çizelge 4.8 Zeytin bitkisine ait sulama programı

Genel Bilgiler				
Yöre		Alaşehir		
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 HAZİRAN	-	-	213.4
2	03 TEMMUZ	30	30	160.0
3	01 AĞUSTOS	29	59	163.2
4	12 EYLÜL	42	101	196.7
Sulama Sayısı: 4		Toplam Su Miktarı: 733.40 mm.		Verim Oranı (Y _a /Y _m): % 100



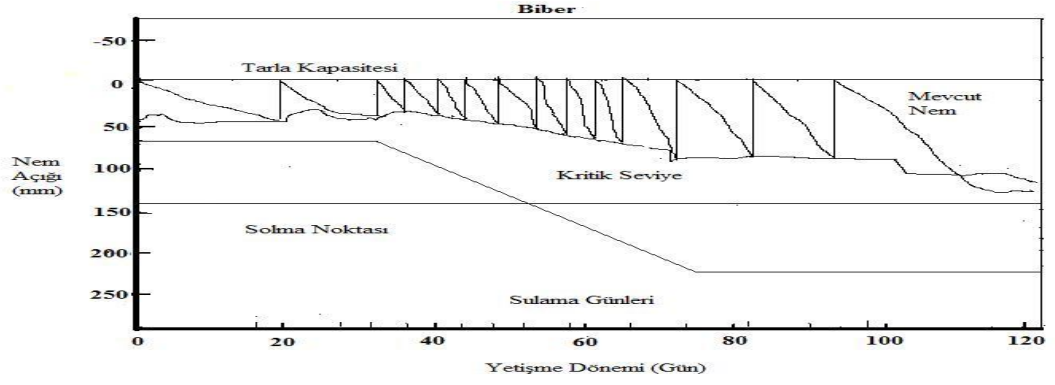
Şekil 4.8. Zeytin bitkisi nem grafiği

Ekonomik anlamda üretimi yörede yaygınlaşmış olan zeytin bitkisine ait sulama programı verileri Çizelge 4.8'de gösterilmektedir. Doğal yağışlarla karşılanamayan su miktarının sulama ile bitkiye verilmesi

amacıyla yapılmış olan programlamada sulama döneminde bitkiye 4 defada ve toplam olarak 733.40mm sulama suyunun verilmesi gerektiği belirlenmiştir. Yöre şartları ve bitkinin karakteristik özelliklerine göre belirlenen parametreler doğrultusunda hesaplamalar yapılmıştır. Bitki gelişme katsayısının(kc) sulama dönemi boyunca 0,65-0,70 oranları arasında değişim göstermesi ve bitkinin etkili kök derinliğinin 120 cm, bitkinin kökleri vasıtasıyla kök bölgesinde tüketilmesine izin verilen su miktarı(p) %65 kabul edilerek sulama programı oluşturulmuştur. Elde edilen veriler doğrultusunda Şekil 4.8’de gösterilen kök bölgesi nem grafiği ile sulama dönemi boyunca kök bölgesinde oluşan değişimler gözlemlenebilmektedir.

Çizelge 4.9 Biber bitkisine ait sulama programı

Genel Bilgiler				
Yöre	Alaşehir			
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 MAYIS	-	-	66.2
2	03 HAZİRAN	17	17	34.7
3	16 HAZİRAN	13	30	36.8
4	19 HAZİRAN	03	33	28.5
5	22 HAZİRAN	03	36	28.8
6	25 HAZİRAN	03	39	29.1
7	29 HAZİRAN	04	43	38.6
8	03 TEMMUZ	04	47	40.9
9	07 TEMMUZ	04	51	42.1
10	11 TEMMUZ	04	55	42.9
11	16 TEMMUZ	05	60	54.0
12	22 TEMMUZ	06	66	64.1
13	29 TEMMUZ	07	73	58.6
14	06 AĞUSTOS	08	81	63.2
15	14 AĞUSTOS	08	89	61.3
16	23 AĞUSTOS	09	98	66.8
Sulama Sayısı: 16		Toplam Su Mik.: 756.6 mm.		Verim Oranı (Y_a/Y_m): % 100

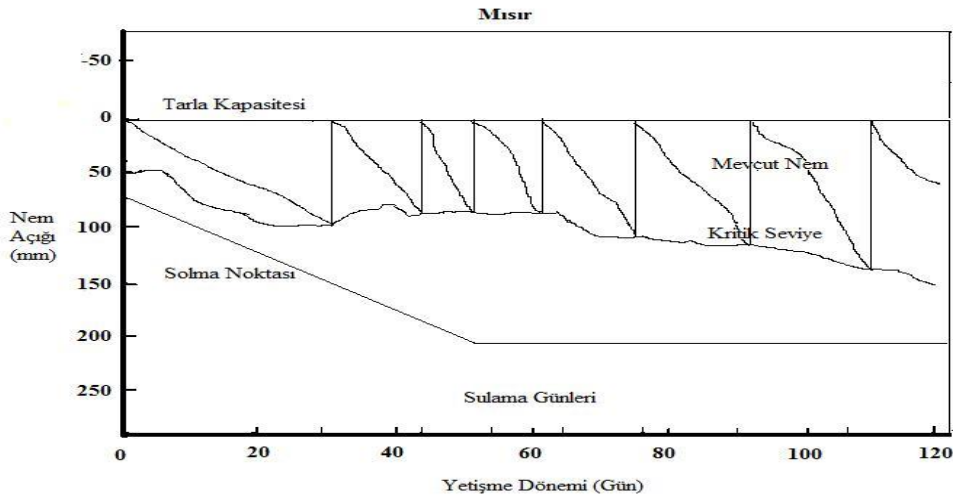


Şekil 4.9. Biber bitkisi nem grafiği

Biber bitkisine ait nem grafiğinin verildiği Şekil 4.9'da, bitki kök derinliğindeki toprak katmanında zaman boyunca mevcut nemin değişimi gözlenmektedir. Tek yıllık bir bitki türü olan biberin bitki gelişme katsayısındaki değişim(kc) 0,70-1,00 oranları arasında ele alınarak etkili kök derinliği 30 cm ve kök bölgesinde tüketilmesine izin verilen su miktarı (p) %30 olarak belirlenerek IRSIS programı ile hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sulama sezonu boyunca toplamda kısa aralıklarla 16 defa sulama yapılması gerektiği ve uygulanması gereken sulama suyu miktarının toplam olarak 756.6 mm belirlenerek ve Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10 Mısır bitkisine ait sulama programı

Genel Bilgiler				
Yöre	Alaşehir			
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 MAYIS	-	-	62.6
2	31 MAYIS	30	30	92.2
3	13 HAZİRAN	13	43	86.8
4	24 HAZİRAN	11	54	91.0
5	03 TEMMUZ	09	63	88.5
6	15 TEMMUZ	12	75	115.2
7	28 TEMMUZ	13	88	106.3
8	15 AĞUSTOS	18	106	127.8
Sulama Sayısı: 8		Toplam Su Miktarı: 770.3 mm.		Verim Oranı (Y_a/Y_m): % 100



Şekil 4.10. Mısır bitkisi nem grafiği

Mısır bitkisine ait nem grafiğinin verildiği Şekil 4.10'de, bitki kök derinliğindeki toprak katmanında zaman boyunca mevcut nemin değişimi gözlenmektedir. Yetiştirme dönemi boyunca kök bölgesinde oluşan değişimler bitkinin sulama programı konusunda fikir sahibi olmaya imkan vermektedir. Çizelge 4.10'da mısır bitkisine ait veriler ile IRSIS yazılımı kullanılarak yapılan hesaplama sonuçları gösterilmiştir. Sulama sezonu içinde bitkinin su tüketim miktarının 770,3 mm, yapılması gereken sulama sayısının ise 8 defa olarak tespit edilmiştir. Sulama zamanı planlaması tespit edilirken sulama dönemi boyunca bitki gelişme katsayısı(kc) 0,40-1,10 olarak belirlenmiştir. Bitkinin etkili kök derinliği 30 cm olup, hesaplamalarda bitki kök bölgesinde tüketilmesi gereken su miktarı nem miktarı (p) %0,50 ele alınarak ve hesaplamalarda kullanılmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğal yağışlarla karşılanamayan bitkinin su ihtiyacın yapay yöntemler olan sulama teknikleri ile karşılanması tarımsal anlamda büyük öneme sahiptir. Ancak yapılacak olan sulamanın faydalı bir şekilde yapılabilmesi için 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, bitki kök bölgesi için kritik seviyenin altındaki değerlere ulaşmadan sulamanın yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.. Su kaynaklarının yetersiz bulunduğu durumlarda 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 stresiyile karşı karşıya kalmasına ve elde edilecek verimin bir miktar azalmasına izin verilen kısıtlı sulama uygulamasına gidilmelidir.

Farklılık oluşturan durumlar karşısında uygun olarak elde edilmeye çalışılan 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 maliyetin azaltılması ve suyun çiftçiler arasında rasyonel bir sistemle dağıtılması sağlanabilmektedir. Günümüze kadar sulama zamanı planlamasında pek çok farklı yöntem kullanılmış olup, zamana, teknik açıdan bilgiye, kullanılan alet ve ekipmanların bakım ve kalibrasyonuna gereksinim yarattığından uygulamaya dönüşmesi konusunda sorunlarla karşı karşıya kalınmıştır.

Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak günümüz şartlarına uyarlanarak 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 değişken ortam koşullarında bile kısa sürede elde edilebilmektedir. Sulama zamanı planlamasında yaygın olarak kullanılan bir bilgisayar yazılımı olan IRSIS programının Penman-Monteith Modifikasyonu kullanılarak yörede yetiştirilen bazı bitkiler için sulama planlaması sonuçları hesaplanmış ve bu hesaplamalara ait veriler Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Alaşehir Yöresinde yetiştirilen bazı bitkilere sulama planlaması sonuçları

Bitki Adı	Planlama Türü	Sulama Planlaması Sonuçları				
		Sulama Sayısı	Toplam Sulama Suyu (Ir-depth) (mm)	Bitki Su Tüketimi (ETcrop) (mm)	En Kısa Sulama Aralığı (gün)	Verim Oranı (Y_a/Y_m) (%)
Pamuk	Optimum	8	732.8	871.8	14	100
Mısır	Optimum	8	770.3	753.6	9	100
Domates	Optimum	12	848.3	727.3	6	100
Yonca	Optimum	7	1102.5	1187.4	16	100
Narenciye	Optimum	7	1041.0	1438.6	19	100
Bağ	Optimum	7	564.3	848.5	12	100
Bostan	Optimum	4	379.1	353.5	28	100
Şeftali	Optimum	8	1298.1	1105.6	15	100
Zeytin	Optimum	4	733.4	877.2	29	100
Biber	Optimum	16	756.6	751.6	3	100

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. Günümüz koşullarında ülkemizde ve dünyada yaşanan su azlığı ile ilgili sorunlar da göz önünde alındığı zaman önemi her geçen gün daha da artmakta olan bir durum halini alacağı öngörülmektedir. Yapılan bu çalışmada, Alaşehir Yöresinde yetiştirilerek tarımsal üretim açısından önem arz eden ürünlerden bazıları olan üzüm, pamuk, 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. Yörenin yıllık yağış ortalamasının 500 mm civarında bulunması, ayrıca bitki yetiştirme süresinin 176–184 gün gibi uzun olması sonucu yörede hemen hemen bütün kültür bitkilerinin yetişmesine elverişli bir ortam hazırlamaktadır (Karakuyu ve Özçağlar,2005). Yörede üretimi yapılan bitkilerin yetiştirme dönemlerindeki su tüketimleri için farklı farklı sulama planları oluşturularak su yönetimi ve iletiminin kontrollü bir şekilde yapılabilmesi olanağı da söz konusu olmaktadır.

Çizelge 5.1'e göre, optimum planlama seçenekleri doğrultusunda IRSIS bilgisayar yazılımından yararlanılarak araştırma konusunda örnek alınan bitkiler için sulama planlaması yapılmıştır. Bu anlamda IRSIS yazılımı ile 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 koşulların göz önünde bulundurulduğu sulama zaman planları (sulama tarihi, sulama aralığı, her sulamada uygulanacak sulama suyu derinliği) belirlenebilmektedir.

Çalışmada elde edilen sulama planlaması sonuçlarına göre, Alaşehir Bölgesinde yetiştirilip üretimi yapılan üzüm(bağ), mısır, yonca, domates, biber, narenciye, bostan, şeftali ve zeytin bitkilerine ait sulama sayıları ilgili

parametreler ve hesaplamalar sonucunda en az (4) defa sulama ile bostan bitkisinde , en çok ise (16) defa sulama sayısı ile biber bitkisi için hesaplandığı ve sulama elde edildiği tespit edilmiştir. Bunların dışında bulunan diğer bitkiler yörenin uygun şartlarındaki yetiştirme dönemleri için pamuk bitkisinde 8, mısır bitkisinde 8, domates bitkisinde 12, Narenciye bitkisinde 7, asma (bağ) bitkisinde 7, şeftali bitkisinde 8 ve zeytin bitkisinde 4 defa sulama yapılması gerektiği Çizelge 5.1’ deki veriler neticesinde anlaşılmaktadır. Bitkilere ait toplam sulama suyu miktarları ise yazılımındaki veriler ve bölgedeki yetiştirme süresinin 176–184 gün (Karakuyu ve Özçağlar, 2005) gibi zamana yayılması nedeniyle bostan bitkisi için 379.1 mm, biber bitkisi için ise 756.6 mm, pamuk bitkisi için 732.8 mm, mısır bitkisi için 770.3mm, domates bitkisi için 848.3mm, yonca bitkisi için 1102.5 mm, narenciye bitkisi için 1041.0 mm, asma(bağ) bitkisi için 56340 mm, şeftali bitkisi için 1298.1 mm ve zeytin bitkisi için ise 733.4 mm olarak verilmektedir. En yüksek sulama suyu miktarı ise çok yıllık bir bitki olan 1298.1 mm ile şeftali bitkisine ait olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.1’de görüldüğü gibi, mısır, domates, bostan, şeftali ve biber bitkilerinin bitki su tüketimi (ET_{bitki}) değerleri sulama suyu miktarlarından düşük çıkmıştır. Mısır bitkisinde toplam sulama suyu miktarı 770.3 mm iken, bitki su tüketimi 753.6 mm olarak, narenciye bitkisinde toplam sulama suyu miktarı 1041.0 mm iken, bitki su tüketimi 1438.6 mm, pamuk bitkisinde toplam sulama suyu miktarı 732.8 mm iken, bitki su tüketimi 871.8mm olarak, yonca bitkisinde toplam sulama suyu miktarı 1102.5 mm iken, bitki su tüketimi 1187.4 mm ve zeytin bitkisinde toplam sulama suyu miktarı 733.4 mm iken, bitki su tüketimi 877.2 mm olarak hesaplanmıştır. Bu farklılığın nedeni olarak mısır, pamuk, narenciye, yonca ve zeytin bitkilerinin yetiştirme döneminde yağış değerinin sıfır olması gösterilebilir. Böyle bir durumda klasik olarak bitki su tüketimi (ET_{bitki}) değeri sulama suyu derinliği (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 yetiştirme dönemi boyunca bitkide bir stres olmaması istenmektedir. Bu nedenle, bitki su tüketimi değerleri sulama suyu değerlerinden düşük olabilmektedir. Yani toprak koşulları göz önüne alındığında normal bir sonuç olma değerlendirmesi de yapılabilmektedir.

Ayrıca, Çizelge 5.1’de yetiştirme dönemi boyunca bostan bitkisi için elde edilen sulama sayısının 4 defa ve toplam sulama suyu miktarı 379.1mm olarak verilmektedir. Burada sulama sayısının ve uygulanacak sulama suyu miktarının düşük çıkmasının nedeni, bitkinin yetiştirme dönemi olarak seçilen 01 Mart–13 Haziran tarihleri arasındaki ilk dönemde yağışların yeterli olması ve bu sayede kök bölgesinde gerekli nem miktarının bulunmasıdır.

Yapılan değerlendirmeler sonucu ortaya çıkmış olan ve Çizelge 5.1’de sulama planı değerleri hesaplanmış olan asma (bağ) bitkisi için elde edilen sulama sayısı 7 ve toplam sulama suyu miktarı 564.3 mm, bitki için yetiştirme dönemi boyunca ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarının 848.5 mm olmakta iken kök bölgesine uygulanan sulama suyu miktarı ile arasındaki farkın, yağışlar tarafından karşılanıyor olması ve bu sayede bitki kök bölgesinde gerekli nem miktarının bulunması sağlanmaktadır. Bitkilerin yetiştirme dönemi göz önünde bulundurularak oluşan yağış miktarları tarafından toprak nem seviyesinin yeterli ölçüde dengede kalması konusunda pozitif etkileri olduğu da bilindiğinden bu durumun bitkilerin kök bölgesinde su stresi yaşamadan üretim yapılması ihtimalini ve bitki yetiştirme döneminin sorunsuz bir şekilde geçmesini sağlayabileceği bir program çerçevesinde öngörülebilmektedir. Çizelgede bulunan veriler doğrultusunda bitki su tüketiminin daha çok olduğu belirlenmiş olan pamuk, narenciye ve zeytin bitkileri için de söz konusu durumun oluştuğu ve yetiştirme dönemi boyunca bitkilere en uygun sulama programlarının yapılması gerektiğini ortaya çıkarmaktadır. Oluşan değerler doğrultusunda toplam sulama miktarları ile bitki su tüketimi arasında, bitki su tüketimi miktarı doğrultusunda farklılık göstermiş olduğu için sulama zamanının planlanması ile tarımsal alanlarda yürütülen diğer çalışmalarda da fayda sağlanacağı

öngörülebilir. Bitkinin su stresi ile karşı karşıya kalmadan üretimin yapılabilmesi ve verim azalmasının önlenebileceği öngörüsü ortaya çıkmaktadır.

Üretim maliyetlerinde önemli bir yer tutan, bitki için yapılacak olan kültürel işlemler, gübreleme ve diğer uygulamalar için uygun koşulların yaratılması ve uygun miktarda kullanmasına sulama zaman planlamaları katkı sağlayabileceği ve üreticinin lehine sonuçları olabilecek olan birtakım avantajların ortaya çıkabileceği yorumu güçlü olarak yapılabilecektir. Aşırı su kullanımı nedeniyle toprak yapısında oluşma ihtimali bulunan tuzluluk, drenaj vb. problemlerin sulama programları ile yeterli ölçüde su miktarının bitki kök bölgesine verilerek oluşmanı engelleyerek sürdürülebilir tarımsal üretim yapılabilmesine olanak sağlayabileceği yorumu yapılabilmektedir. Modern sulama yöntemlerinin kullanılarak üretim yapılan tarımsal alanlarda sulama programlarının uygulanması ile eldeki ekipmanların faydalı bir şekilde kullanılabilme şansını ortaya çıkardığı gibi üreticilerin giderlerinin azaltılmasına da katkı sağlayıcı etkisi olduğu yorumu yapılabilecektir. Sulama zaman planlamaları sayesinde yörede tutarlı su dağıtım programlarının yapılması ve sulama faaliyetlerin üreticiler açısından herhangi bir sorun teşkil etmeksizin kontrollü bir şekilde yönetilmesine de olanak sağlayarak üretici açısından mağduriyetlerin oluşmamasına ve eldeki su kaynakların daha etkin halde kullanılabilmesine de imkan tanıyacağı yorumları yapılabilmektedir. Günümüz koşullarına uygun olarak tasarlanan sulama sistemleri ve sulama projeleri için bitki karakteristik özelliklerine bağlı olarak uygulanmaya çalışılan sulama programları ile sulama randımanını artırmaya yönelik avantaj sağlayıcı özelliklerin de ortaya çıkmasına neden olabileceği öngörülebilir. Ayrıca araştırmada elde edilen bu sonuçların yörede yapılacak olan sulama uygulamalarında bilimsel ve teknik açıdan da aydınlatıcı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Ağlamış, N., Tokgöz, M.A.,** 1997, Ankara Murted Sulamasında Su Kullanım ve Dağıtım Etkinliğinin Belirlenmesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 1997, Cilt:3 No:2, S: 83-88, Ankara.
- Akgül S.,** 2009, Gediz Havzasında Su Bütçesi Elemanlarındaki Değişimin Tarımsal Su Kullanımına Etkisi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı (Doktora Tezi), 236 Sayfa (yayımlanmış), 13.03.2009, Ankara.
- Akkuzu, E., Ünal, H.B., Karataş, B.S.,** 2007, Aşağı Gediz Havzası Sulama Sisteminde Ana Kanal Düzeyinde Su Dağıtımında Yeterliliğin ve Değişkenliğin Belirlenmesi, E. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt:43 No:2, S: 85-96, İzmir.
- Albut, S., Yüksel, A.N.,** 1997, Tekirdağ İlinde Yetiştiriciliği Yapılan Bitkilerin Sulama Suyu ihtiyaçlarının 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, No: 56, P:24, Rome-Italy.
- Alsancak B.,** 2005, Gediz Havzasında İklim İsteklerine Göre Farklı Üzüm Çeşitlerinin Yetiştirilebileceği Alanların Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi), 73 Sayfa (yayımlanmamış), Ekim 2005, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Anonim, 2012, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü “ Resmi İstatistik Veri Kayıtları” <http://tumas.mgm.gov.tr/wps/portal/> (Erişim Tarihi: 21.02.2013).

Anonim, 2003, Üzüm Çalışma Grubu Raporu. Türkiye Ziraat Odaları Birliği, ÜZÜM Ağustos 2003, Sayı:1.
<http://www.tzob.org.tr/tzob/> (Erişim tarihi 30.10.2011).

Anonim, 2012, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Elektronik Bilgi Sistemi, <http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi2/manisa.htm>
(Erişim Tarihi:14.11.2012).

Anonim, 1995, Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü Veri Arşiv Sistemi.
<http://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/22221.pdf>
(Erişim Tarihi: 14.11.2012)

Anonim, 2000, DSİ Sulama birlikleri bülteni. DSİ II. Bölge Md., İzmir.

Anonim, 1987, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, “Manisa İli Toprak Kaynağı Envanter Raporu”, Toprak Su Genel Müdürlüğü yayınları, No:242, Ankara.

Anonim, 2011, Gıda Tarım ve Hayvancılık Manisa İl Müdürlüğü Veri Arşiv Sistemi, Manisa.
<http://www.manisatarim.gov.tr/docs/istatistikler.asp>
(Erişim Tarihi: 09.01.2012)

Aşık, Ş., Genç, L., Çamoğlu, G., 2011, Tatlı Mısırdaki (Zea mays saccharata Sturt) Su Stresinin Fizyolojik ve Morfolojik Parametreler Üzerine Etkisi, Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, İzmir.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Aşık, Ş., Karataş, B.S.,** 2001, Atık su Sulamasında Uygun Sulama Yöntemlerinin Seçimi, I. Ulusal Sulama Kongresi Bildiriler Kitabı, S: 220-224, 08-11 Kasım 2001, Belek/Antalya.
- Atalay, İ.,** 1980, “Gediz nehri havzasında toprak erozyonu problemleri üzerinde bir araştırma” Jeomorfoloji Dergisi, Ankara .
- 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 Kongresi, 5-8 Haziran 1997, Kirazlıyayla-BURSA.
- Balçın, M., Güleç, H., Aydın, O.,** 1999, Açık Su Yüzeyi Buharlaşmasından (CAP) Yararlanılarak Domates Sulama Programının Oluşturulması, K.H. Tokat Araştırma Enstitüsü, Yayın No: 108, Tokat.
- Baştuğ, R., Emekli, Y.,** 2007, Antalya’da Tarla Koşullarında Bermuda Çiminin Su Tüketimi Ve Bazı Kıyas Bitki Su Tüketimi Eşitliklerinin Geçerliliğinin Belirlenmesi Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, Cilt: 90, No: 3, S: 202-215, Antalya.
- Benli, B., Şelli, F., Kodal, S.,** 2001, GAP-Tahılalan Sulama Birliği’nde Küçük Ölçekli Tarım İşletmeleri için, 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 Southeast Anatolian Project (GAP) Region, Agricultural Water Management, Vol: 62, P:187-203, 2003, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Beyribey, M., Şahin, L.**, 1990, Konya-Alakova Sulama Alanında 1989 Yılı Sulama Sonuçlarının Bilgisayarla Değerlendirilmesi. D.S.İ. Teknik Bülteni, D.S. İ. Gn. Md. Basımevi, Sayı :72, S:47-50, Ankara.
- 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, Vol:53, P:251-261.
- 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, Vol:106, P: 159-170.
- Çakmak, B., Kendirli, B.**, 2002, Gediz Havzası'nda Zeytinin Sulanması ve Ekonomik Yönü, Akdeniz Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi, No:15, S:69-77, Antalya.
- 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 Kosullarında Tansiyometrelerin Pamuk Sulama Zamanının Saptanmasında Kullanılması, 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Kültürteknik Derneği, Kirazlıyayla-BURSA .
- Çetinkaya, C., P ve Barbaros, F.**, 2008, Su Yönetimi Senaryoları İle Gediz Nehri Yıllık Su Bütçesi Performansının Değerlendirilmesi, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi Bildirileri, ANKARA.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- 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*, Vol:61, P: 93-109, 2003.
- Değirmenci, V., Nacar, S. A., ve Taş, M.,** 2007, Harran Ovası Koşullarında Yüksek Debili Damla Sulama Sistemi ile Bağın Sulama Programı, Tarım ve Köy işleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, TAGEM BB-TOPRAKSU-2007/33.
- Du, T., Kang, S., Zhang, J., Li, F., Yan, B.,** 2008, Water Use Efficiency and Fruit Quality of Table Grape Under Alternate Partial Root-Zone Drip Irrigation. *Agric. Water Manage*, Vol:11 (3&5) , pp: 1537-1541, China.
- 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.
- Ertek, A., Şensoy, S., Gedik, İ., Küçükçumuk, C.,** 2006, Irrigation scheduling based on pan evaporation values for cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under field conditions, *Science Direct, Agricultural Water Management*, Vol: 81/1-2, pp:159-172, 2006, Amsterdam.
- 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*”, Vol:77, P:159-179, Uzbekistan.
- Garcia, L. A., H. B. Mangaverra and T. K. Gates.** 1995. Irrigation Drainage Design and Management. *Journal of Irrigation and Drainage Engineer*, ASCE, Vol: 121, No:1, P: 71.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- George, B.A., Shende, S.A., Raghuwanshi, N.S.,** 2000, Development and testing of an irrigation scheduling model, Agricultural Water Management, Vol: 46, P: 121-136, India.
- George, A.B., Raghuwanshi, N.S., Singh, R.,** 2004, Development and testing of a GIS integrated irrigation scheduling model, Science Direct, Agricultural Water Management, Vol:66, P: 221-237.
- Goldhamer, A.D., Fereres, E.,** 2001, Irrigation Scheduling Protocols Using Continuously Recorded Trunk Diameter Measurements, Irrigation Science, Springer Verlag, 2001, Vol: 20, No: 3, P: 115-125, USA.
- Güngör, Y., A. Z. Erözel, O. Yıldırım.** 2002, Sulama (II: Baskı). A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları, no:1525 (Ders Kitabı), Ankara.
- Güngör, Y., Erözel, A.Z., Yıldırım, O.,** 2004, Sulama, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Yayın No: 1540, Ders Kitabı: 493, S: 107, Ankara.
- Gürgülü, H.,** 2007, Akçay Sol Sahil Bünyesinde Yetiştirilen Bazı Bitkiler İçin En Uygun Sulama Zaman Planlaması, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi), 95 Sayfa (yayımlanmamış), İzmir.
- 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, Erzurum.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

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, Sayı:5, Cilt no:1, Yıl:1, S: 35-41, Tekirdağ.

Kahveci Ö., Atalay İ. Z., 2010, Alaşehir ve Salihli Bağ Topraklarının Alınabilir Potasyum Analizlerinde Değiştirilmiş 1N NH₄ OAc Yöntemine Alternatif Yöntemlerin Belirlenmesi Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, Cilt: 47, No: 3, S:275-286, İzmir.

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, Vol:72, P:15-32, 2005, India.

Karakuyu, M. Atalay, C., 2001, Medeniyetler Beşiği Alaşehir, Alaşehir Belediyesi Kültür yayınları.

Karakuyu, M., Özçağlar, A., 2005, Alaşehir İlçesinin Tarımsal Yapısı ve Planlanmasına Dair Öneriler, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, Coğrafi Bilimler Dergisi, Cilt:3, No:2,S:1- 17, Ankara.

Kendirli, B., 2001, Harran Ovası'ndaki Sulama Birliklerinde Antepfıstığının Sulama Zamanının Planlanması, Tarım Bilimleri Dergisi, Cilt:7, No: 4, S:114-120, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kocsis, L., Molnar, G.,** 1996, Determination of the Stress in Vineyard, Mainly to Forecast the Damage by Water Deficit, Proceedings for the Fourth International Symposium on Cool Climate, P: 91-93, NY, USA.
- Koç, C.,** 1998, Büyük Menderes Havzası Sulama Şebekelerinde Organizasyon-Yönetim Sorunları ve Yeni Yönetim Modelleri Üzerinde Araştırmalar, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), 183 Sayfa (yayımlanmamış), İzmir.
- Koçman, A.,** 1989, Uygulamalı Fiziki Coğrafya Çalışmaları ve İzmir-Bozdağlar Yöresi Üzerinde Araştırmalar, S: 184, İzmir.
- 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, S: 69, Ankara.
- Kodal, S., Aküzüm, T., Çakmak, B. ve Kendirli B.,** 1997, 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., E. S. Köksal, M. Tüzün, A. O. Demir ve Y. Özbek, 2003.** Sulama Şebekelerinin Yönetiminde Planlı Su Dağıtımı Esasları ve Bilgisayar Yazılımlarının Önemi. I. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, DSİ Genel Müdürlüğü ve Araştırmacı Su Mühendisleri Derneği, S:509-520, 22-26 Eylül 2003, Gümüşhane/İzmir.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kodal, S.**, 2004, Sulama ve Bilgisayar Destekli Sulama Zaman Planlaması. GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, GAP Sulama Sistemlerinin İşletme Bakım ve Yönetimi (GAP-İBY) Projesi 9-14 Şubat 2004, Şanlıurfa.
- 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), 174 Sayfa (yayımlanmamış), Ankara.
- Kodal, S., Yıldırım, E., Dağdelen, N.**, 1993, Tarımsal Kuraklık ve Sulama İhtiyacı, Kuraklık ve Sulama Sempozyumu, Türkiye Ziraat Odaları Birliği, Yayın No: 172, S: 23-49, 27.Nisan.1993, Ankara.
- Korukçu, A., Evsahibiöglu, A.N.**, 1982, Sulama Zamanı Planlama Yöntemlerinin Şekerpancarı Yaprak Verimine Etkisi Üzerine Bir Araştırma, Cilt:1, Sayı:1, Yıl:1, Uludağ Üniversitesi Basımevi, S: 69-88, Bursa. Uludağ-Bursa.
- Li, J., Inanaga, S., Li, Z., Eneji, E.A.**, 2005a, Optimizing irrigation scheduling for winter wheat in the North China Plain, Agricultural Water Management, Elsevier, Vol:76, P: 8-23, China.
- 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, Vol: 71, P: 47-60, China.
- 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.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- 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, Vol: 77, No: 1-3, P: 282-295, 2005.
- Montesinos, P., Camacho, E., Alvarez, S.,** 2002, Application of genetic algorithms for optimal seasonal furrow irrigation, Journal of Hydroinformatics, Vol: 4, No: 3, P: 145-156, 2002.
- Nijman, C.** 1993, A Management Perspective on the Performance of the Irrigation Subsector. IIMI. Wageningen Agricultural University, Holland.
- Nyvall, J.,** 1998, Irrigation scheduling with tensiometers. Water Conservation Factsheet 577.100-2, Ministry of Agriculture and Food, British Columbia, Canada.
- 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, S: 286-292, Kirazlıyayla-BURSA.
- Orta, H., Şener, M.,** 1999, Tekirdağ Koşullarında Soğanın Su Tüketimi, VII. Kültürteknik Kongresi Bildirileri, S: 154-161, Kapadokya.
- 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, Vol:77, Pages:37-58, Spain.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Panda, R.K., Behera, S.K., Kashyap, P.S.,** 2004, Effective management of irrigation water for maize under stressed conditions, Agricultural Water Management, India Institute of Technology Kharagpur, Vol: 66, P: 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 Vol:4, No:52, P: 299-317, China.
- 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.,** 1989, Rainbow- software package for Analysing Hydrologic Data, K. U. Leuven University, Faculty of Agricultural and Applied Biological Sciences, Institutie for Land and Water Management, Reference Manual, Katholieke Universitat, Leuven, Center for Irrigation Engineering, P: 43, Belgium.
- 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.
- Sagardoy, J.A., Bottrall, A. and Uittenbogaard, G.O.,** 1986, Organization, Operation and Maintenance of Irrigations Schemes, FAO Irrigation and Drainage, P: 40, Rome-ITALY.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sezgin, F., Baş, S., Yılmaz, E.,** 1997, Büyük Menderes Ovası'nda Buğdayın Sulama Zamanının Belirlenmesi ve Kısıtlı Sulama Olanaklarının İrdelenmesi, 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, Bildiri, 5-8 Haziran 1997, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Kültürteknik Derneği, Kirazlıyayla-BURSA.
- Sisodia, J. S.** 1992, Performance Monitoring Study of the Warabandi System of Irrigation Management in Chambal Area, Vol:47. P: 92-92, Ind. J. Agric. Econ.
- Skaggs, R.K., Samani, Z.,** 2005, Farm Size, Irrigation Practices, and On Farm Irrigation Efficiency, Irrigation and Drainage, Vol:54, P: 43-57, Mexico.
- Stirzaker, R. J.,** 2003, When to turn the water off: scheduling micro irrigation with a wetting front detector, Irrig. Sci., Vol :22, P: 177-185, Canberra, ACT, Australia.
- Tümertekin, E., Özgüç, N.,** 1995, Ekonomik Coğrafya, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Uçan, K., Yüksel, A.N.,** 2000, Kahramanmaraş Sulamasında Sulama Suyu Etkinliğinin Belirlenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi 2000, Cilt: 3, No: 1, S:120-130, Kahramanmaraş.
- Ul, M.A.,** 1986, Bornova Ovası Koşullarında Yetiştirilen Şeftalinin Su Tüketimi, Net Sulama Suyu Gereksinimi ve Sulama Programının Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kültürteknik Anabilim Dalı, (Yüksek Lisans Tezi), 44 Sayfa (yayımlanmış), Bornova-İZMİR.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- UL, M.A., BALCI, A.,** 1993, Sulamanın Programlanmasında Bitkiye Dayalı İzleme Teknikleri, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt (Vol): 30, No:3, S: 151, İzmir.
- Ul, M.A.,** 2001a, Tarımda Etkili Su Kullanımı, Dünden 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.
- Yener H., Aydın Ş., Cebeci N.,** 2008, Alaşehir Yöresinde Bağ İşletmelerinin Yapısal Özellikleri ve Bazı Kültürel Uygulama Durumları Üzerine Bir Araştırma C.B.Ü Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi, sayı: 10, S: 44-53, Soma-Manisa.
- Yıldırım, E.Y.,** 2002, Salihli Yöresi'nde Sulama Açısından Kuraklık Analizi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt: 39, S: 113-120, 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.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Wells, D.R., Allen, G.R., 1988, Irrigation Scheduling Using Voice Synthesis, The Next Logical Step, ASCE Irrigation and Drainage Specialty Conference Proceedings, P: 740- 747, Lincoln, Nebraska, USA.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Aykut GÖKÇE

Doğum Yeri : Alaşehir

Doğum Tarihi : 1988

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise Yabancı Dil Ağırlıklı Alaşehir Lisesi (2002-2006)

Lisans Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama
Bölümü (2006-2010)

Yüksek Lisans Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar
ve Sulama Anabilim Dalı (2010-)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (2011-)