

Kırşehir-Kültepe Sulamasında Sulama Verimliliğinin Artırılması

Recep KANIT, Mürsel ERDAL

ÖZET

Bu çalışmada; 1983 yılında işletmeye açılan daha sonraki yıllarda havzanın üst tarafına inşa edilen göletler sebebiyle barajda yeterince su toplanamaması sonucu 2000 yılından sonra planlı sulamadan vazgeçilen Kültepe sulamasında, optimum su kullanımı modelinin belirlenmesi araştırılmıştır. Planlı sulamadan vazgeçilmesiyle bakım hizmetleri tamamen duran işletme için, su iletim kanallarının kullanılmaz hale gelmesi sebebiyle proje sahası için öngörülen kanaetli şebeke esas alınarak araştırma geliştirilmiştir. Proje alanı için optimum bitki deseni doğrusal programlama yöntemi ile belirlenmiş, alanın 2000 yılı ve planlanan durumları için ekonomik analizi DASI programı ile yapılmış ve sulama sisteminin işletme durumu CROPWAT programı ile değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda; Kültepe sulamasında etkin su dağıtımı ve kullanımı için yararlanılabilecek sulama planlamaları verilmiş ve sulama alanı için alınması gerekli tedbirler önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sulama, optimizasyon, sulama yöntemi, ekonomik analiz

Increase of the Irrigation Productivity of the Kırşehir-Kültepe Irrigation System

ABSTRACT

In this study, the determination of optimum water use models is investigated in Kültepe irrigation project area. Kültepe Irrigation Project are opened to irrigation in 1983, But because of the small dams constructed on upper parts of the watershed it hasn't been receiving sufficient water for several years and planed irrigation has been given up. Maintenance services have stopped and conveyance canals have been destroyed and a new irrigation system is proposed for this area, on which this study is applied. The optimum crop pattern is determined by linear programming approach, the economical analysis for the year 2000 and planning situations are determined by DASI software and the operation situations of the irrigation system are determined by CROPWAT software. The irrigation scheduling for an efficient water distribution and water use are given in the study and some precautions are advised.

Keywords: Irrigation, optimization, irrigation management, economic analysis

1. GİRİŞ

Bitkinin ihtiyaç duyduğu ancak doğal yağışlarla karşılanamayan suyun, kök bölgesine kontrollü olarak verilmesi şeklinde tanımlanan sulama; üretim artışının yanı sıra, ürünlerin çeşitlendirilmesine ve bitki-çevre uyumu olan alanlarda 2. hatta 3. ürün yetiştirilmesine imkân sağlamaktadır. Tarımsal üretimin iki ana unsuru olan toprak ve su kaynakları bakımından ülke varlıklarımızın çok yeterli olduğunu söylemek mümkün değildir. DSİ'ce ülke su varlığının belirlenmesi amacıyla yapılan havza çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre; yurdumuzun yıllık yağış ortalaması 643 mm ve eşdeğer su potansiyeli 501 milyar m³/yıl'dır. Bu su varlığının 186 milyar m³/yıl kadarlık bir bölümünün akış haline geçtiği kabul edilmektedir. Komşu devletlerin su hakkı, vb. faktörlerde dikkate alındığında, kullanılabilecek yüzey suyu potansiyelimizin 98 milyar m³/yıl olduğu tahmin edilmektedir. Buna ek olarak da yaklaşık

14 milyar m³/yıl yeraltı su rezervinin olduğu belirtilmektedir. Bu durumda toplam yıllık kullanılabilir su rezervimiz 112 milyar m³/yıl olmaktadır (1).

Nüfusumuzun yaklaşık yarısının tarımla uğraştığı dikkate alındığında, refahın tabana yayılması ve milli ekonomiye katkısı bakımından sulu tarım dolayısıyla sulama çok önemli olmaktadır. DSİ'ce inşa edilerek sulamaya açılan ve fiilen sulama yapılan tarım alanlarında; projeli koşulda, projeden öncekine göre yaklaşık 4 kat fazla parasal gelir elde edildiği görülmektedir (2).

Sulama projelerinin gerçekleştirilmesinde temel amaç; daha fazla ürün elde etmek dolayısıyla daha fazla gelir elde etmek ve bu yolla tarımsal kesimin refahını yükseltmektir. Üretimi arttırmak ise, diğer tarımsal girdilerin etkin bir şekilde kullanılmasıyla birlikte, etkin su dağıtımı ve kullanımıyla mümkün olmaktadır.

Sulama yatırımlarından etkin bir şekilde yararlanılabilmesi ve verim artışının sağlanabilmesi, toprak neminin optimum olmasını gerektirmektedir. Bu da Sulama Zamanı Planlaması dediğimiz; bitkinin suya ihtiyaç duyduğu zamanın, her sulamada toprağa verilecek su miktarının ve bu suyun verilme süresinin bilinmesine bağlıdır.

Makale 14.05.2009 tarihinde gelmiş,20.11.2009 tarihinde yayınlanmak üzere kabul edilmiştir.

*R. KANIT, M. ERDAL, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü 06500 Teknikokullar / ANKARA
e-posta : rkanit@gazi.edu.tr*

Digital Object Identifier 10.2339/2009.12.3, 207-219

Sulama zamanı planlaması gerek su kaynağının yeterli, gerekse kısıtlı olduğu koşullarda, sulama işletmeciliği bakımından önemlidir. Çünkü; sulama zamanı planlaması yapılmadan gerçekleştirilen sulamalarda, kısıtlı olan su optimum şekilde kullanılamamakta; ihtiyaç duyduğu zamanda bitkiye yeterli su verilemediğinden üretim azalmaktadır. Suyun yeterli olduğu koşullarda da bitkinin ihtiyacından fazla verilen su erozyona, bitki besin maddelerinin yıkanmasına, topraktaki nem dengesinin bozulmasına, drenaj ihtiyacının oluşmasına, tuzlanmaya ve su kaynaklarının kirlenmesine sebep olmaktadır.

Bu çalışmada Kırşehir-Kültepe sulaması araştırma konusu olarak ele alınmıştır. Kültepe sulaması 1983 yılında işletmeye açılmıştır. Sulama alanı büyüklüğü 2350 hektar olarak planlanmıştır. Kültepe sulamasında su Kültepe barajıyla toplanmaktadır. Barajda 21 milyon m³ su depolanabilmekte ve bunun 16 milyon m³'ü sulamaya verilebilmekteyken, barajın yukarı havzasında Köy Hizmetleri tarafından inşa edilen Aksaray-Ortaköy Balcı, Soları, Güdeler ve Cumali göletlerinin 1999 yılından itibaren su tutmaya başlamasıyla barajda ancak 9 milyon m³ su toplanabilmektedir. En son planlı sulamanın yapıldığı 2000 yılı sulama döneminde şebekeye ancak bu suyun 6.5 milyon m³'ü alınabilmiş; su iletim ve uygulama kayıpları nedeniyle de ancak 586.9 dekarlık alan sulanabilmektedir. Kültepe sulamasının işletilmesi 1999 yılında Kültepe Sulama Birliğine devredilmiş olup; barajda yeterince su toplanamaması, sulama randımanının % 25'lere kadar gerilemesi ve benzeri nedenlerle şebekenin bakım-onarım hizmetleri yerine getirilememiş ve 2000 yılından itibaren fiilen planlı sulama uygulaması kaldırılmıştır.

Bu çalışmada aşağıda özetlenen konular incelenmiştir.

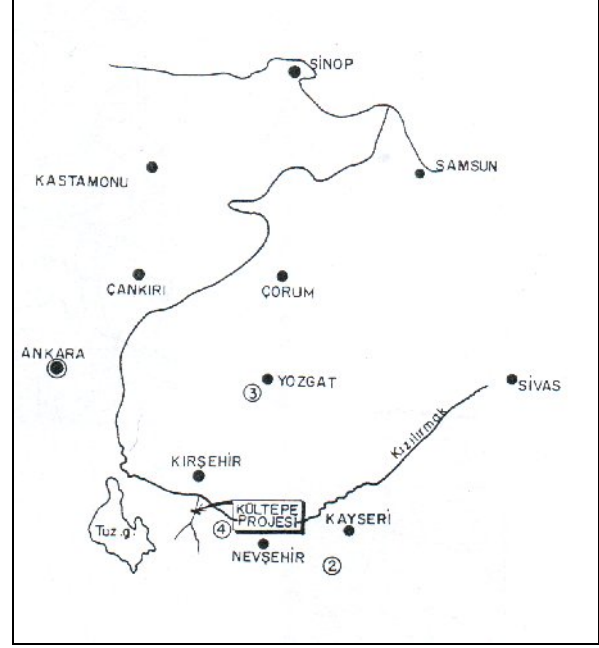
1. Proje alanında fiziki durumun belirlenmesi,
2. Proje alanı için bitki su ihtiyacı, işçilik ve sulama alanı kısıt alınarak, net faydayı maksimize eden bitki deseninin doğrusal programlama modeli kurularak belirlenmesi,
3. Projenin mevcut, hedeflenen ve optimum bitki desenine göre, seçenekli olarak DASI programı aracılığıyla yararlılığın değerlendirilmesi,
4. Proje alanında yetiştirilen bitkiler için CROPWAT programı kullanılarak, belirli veya istenilen aralıklarla sulama yapılması, her sulamada belirli veya farklı su verilmesi kısıtlı sulama yapılması veya sulama yapılmaması durumunda ne kadar suya ihtiyaç duyulacağı ve bu modeller için değişmelerin belirlenmesidir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Araştırma alanı hakkında genel bilgiler

Kırşehir-Kültepe Sulaması 1983 yılında işletmeye alınmıştır. Net 2350 ha alanı sulaması planlanan bu projenin su kaynağı Kırşehir-Ulupınar kasabasının 4 km güney-batısında, Kızılıрмаğın yan

kollarından biri olan Köşkerliözü deresi üzerine inşa edilen Kültepe Barajıdır (Şekil 1). Kültepe Barajı toprak baraj olarak inşa edilmiş ve barajın 22975x106 m² olan göl alanında 24 milyon m³ su tutması planlanmıştır. Su iletim kanalları sağ ve sol ana kanal ve bağlı yedek ve tersiyer kanallar şeklinde düzenlenmiş, beton kaplamalı ve trapez kesitte yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının yeri (3)

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından Kültepe Barajının drenaj alanında, mansabına (yukarı havzasında), Balcı, Cumali, Salarıgödeler göletleri inşa edilmiştir. Bu göletlerin su tutmaya başlamasıyla 2000 yılı sulama mevsiminde barajdaki su 9 milyon m³'e düşmüştür (Şekil 2). En son planlı sulamanın yapıldığı 2000 yılı itibari ile sulama randımanı % 38'lere kadar gerilemiş ve planlı sulamadan vazgeçilmiştir. 2000 yılından itibaren kanallara su verilmemeye başlanmıştır. Kanalların bakım ve onarımı yapılmamış ve bu sebeple de ana kanallar dahil tüm kanallar kullanılmayacak hale gelmiştir (Şekil 3-6).



Şekil 2. Kültepe Barajında 2000 yılından sonraki su seviyesi



Şekil 3. Sulama şebekesinde kanal görüntüsü



Şekil 4. Şebeke priz ağzı görüntüsü



Şekil 5. Şebeke ana kanal görüntüsü



Şekil 6. Kanallardaki bakımsızlığa ve bozulmalara bir örnek

DSİ, Kayseri 12. Bölge Müdürlüğü, sulama amaçlı yapılan ve halen yaklaşık 9×10^6 m³/yıl su tutan Kültepe Barajından faydalanabilmek için; su iletim kaybı, klasik kanallara göre daha az olan kanaletli şebeke yapılmasını planlamaktadır.

2.2. Materyal

2.1.1. Konum

Kırşehir-Kültepe proje sahası, İç Anadolu Bölgesinde; 38.45° ve 39.00° kuzey enlemleri ve 34.00° ve 34.17° doğu boylamları arasında kalan Konya kapalı havzası (Aksaray kapalı havzası) içerisinde yer alır ve Kızılırmak havzasının yan kollarından biri olan Köşgerliözü deresi su toplama havzasını kapsar. Sulama sahası takriben 384 km² büyüklüğünde olup kuzey-güney doğrultusunda boyu 39 km batı-doğu doğrultusunda ise boyu en fazla 19 km'dir. Proje sahasının tektonik yapısı Hasan Dağı kitlesinin neojen ve postneojen lav ve tüflerinden oluşmaktadır. Genellikle meozenin, feseni, tali olarak granit, diorit, galori, diabaz, vb. ile kaplıdır. Proje sahasında herhangi bir aktif fay görülmemiştir. Baraj yeri İç Anadolu sahası dâhilinde olup, deprem bakımından aktif değildir.

2.2.2. İklim durumu

Proje sahasında Orta Anadolu karasal iklimi hüküm sürer. Kışlar sert ve yağışlı, yazlar sıcak ve kuraktır. Havzada iklim genel olarak ılıman iklimlerin soğuk iklimlere en yakın şekli olan mezotermaldir. Havzada yıllık ortalama yağış 368.6 mm'dir. En yakın meteoroloji istasyonu uzun yıllar verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 11.4 °C olup en yüksek sıcaklık 23.0 °C ile Temmuz, en düşük sıcaklıkta -1.0 °C ile Ocak ayında olmuştur.

Proje alanında bitki yetiştirme dönemi Nisan başı ile Ekim sonudur. Bitki yetiştirme sürecinde proje alanına düşen yağış miktarı 156.9 mm'dir. Diğer bir deyişle toplam yıllık yağışın % 42'si bitki yetiştirme periyoduna rastlamaktadır. Yıl boyunca kuzey rüzgârının etkilediği bölgenin aylık ve yıllık ortalama iklim değerleri Tablo 1'de verilmiştir

2.2.3. Toprak kaynakları

DSİ'ce havzada yapılan etütlere göre proje sahası toprakları Kolluvial ve Allüvial olmak üzere iki kısımda toplanabilmektedir. Kollüvial toprakları sahanın yüksek kısımlarında ve yan derelerin kenarlarında yer almaktadır. Bu toprakların ana maddesini kalkerli ve polimitli meyerler, gabnoünt kretase splitler teşkil eder. Allüvial topraklar havzanın düşük kotlarında birikmiştir. Kaba materyali az ve derinlikleri iyi olup, nispeten bir profil oluşturmuşlardır.

Sulama sahası topografik bakımdan olumlu sonuçlar göstermektedir. Yamaç arazilerinin meyilleri genel olarak taban arazilere doğrudur. Taban arazilerde meyil güneyden kuzeye doğru ve yaklaşık % 0.2'dir.

Tablo 1. Aylık ve Yıllık Ortalama İklim Değerleri

Yükselti: 985 m.													
AYLAR	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.	Yıllık
Yağış (mm)	49,6	39,2	41,1	35,3	46,1	33,1	4,7	4,2	11,7	21,8	30,8	50,8	368,6
Ortalama Sıcaklık	-0,1	1,4	4,8	10,6	15,6	19,7	23,0	22,8	17,9	12,1	6,5	2,2	11,4
Ortalama En Düşük Sıcaklık	-4,5	-3,3	-0,9	3,8	8,2	11,9	15,0	14,9	10,2	5,0	1,0	-1,9	4,9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık	4,8	6,3	11,0	17,3	22,3	26,2	29,6	30,1	25,8	20,3	13,6	7,3	17,9
Toprak Sıc 50 cm de	4,2	4,1	6,3	11,2	15,9	20,6	24,4	25,6	22,4	16,6	11,1	6,6	14,1
Bağıl Nem (%)	78	75	68	61	59	53	47	47	52	61	72	78	63
Karla Örtülü Gün	9,0	6,5	2,3	0,2	-	-	-	-	-	-	1,0	3,7	22,6
Baskın Rüzgar	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K

Proje alanının toprakları bünye, yapı, geçirgenlik, fiziki durum, tuzluluk, alkalilik, kireç vb. kimyevilik özellikleri, meyil, yüzey taşlılığı, tesviye ve benzeri topografik özellikleri ile taban suyu ve drenaj durumuna göre incelenmiş, problemleri halledildikten sonra sulanabilir ve sulanamaz şeklinde gruplandırılmıştır. Proje alanı topraklarının bu gruplandırmaya göre durumu Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Proje alanında toprak grupları

Sulanabilir Saha (ha)					Problemlili Saha (ha)	Sulanamaz Saha (ha)	Genel Toplam (ha)
1	2	3	4	Toplam (ha)	5	6	-
580	1485	400	-	2465	275	200	2940

2.2.4. Su kaynakları ve sudan yararlanma durumu

Proje alanının ana su kaynağı Köşgerliözü Deresi'dir. Dere ve kolları 343.7 km² büyüklüğündeki havzanın yerüstü sularını toplamaktadır. Sulama alanı için Köşgerliözü deresinden gelen su, derenin mansabında inşa edilen Kültepe Barajında toplanmaktadır. Barajın su tutmaya başladığı 1983 yılından 1999 yılına kadar yapılan gözlem-ölçüm ortalamalarına göre baraj 21x10⁶ m³/yıl su biriktirmektedir. Bu suyun 16x10⁶ m³'ü sulamaya verilebilmekteyken yukarı havzada inşa edilen göletlerin su tutmaya başlaması ile 1999 yılından itibaren barajda ancak 9x10⁶ m³/yıl su toplanabilmektedir. 2000 yılı sulama döneminde de bu suyun ancak 6.5x10⁶ m³'ü sulama şebekesine alınabilmiştir.

Proje sahasında sulama şebekesinin yeniden ve kanaletli olarak yapılması öngörülmektedir. Sulama sahasının büyüklüğü dikkate alındığında barajdan sulama amacıyla alınacak suyun daha fazla olmasının sağlanması gerekir. Bunun için +975.00 m olan dip savak su alma kotunun +973.00'e düşülmesi sonucu Kültepe Barajı hacim satıh grafiği hesaplarına göre

4.0x10⁶ m³ daha suyun sulama şebekesine aktarılabilmesine imkan sağlayacağı belirlenmiştir.

2.2.5. Tarımsal Durum

Kültepe sulama alanında projersiz koşulda sulu ve kuruda yetiştirilen ürünler ve ekiliş oranları Tablo 3'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, proje sahasında % 11'i suluda ve % 44'ü kuruda olmak üzere % 55 alanda

buğday+arpa yer almakta ve % 18 gibi bir bölümü de nadasa bırakılmaktadır.

Tablo 3. Projersiz koşulda bitki deseni

Bitki Çeşidi	Buğday	Ş. Pancarı	Baklagiller	Sebze	Meyve	Bağ.	Buğday+ Arpa (Kuru)	Yem Bitkileri	Nadas
Ekiliş %'si	11.1	1.2	3.5	2.0	3.0	3.0	44.0	4.0	18.0

Proje alanına 1983 yılından itibaren su verilmeye başlanılmış ve 2000 yılında fiilen sulama yapılamaz duruma gelmiştir. Sulu tarımın yapıldığı bu süreçte bitki çeşidinde bir değişiklik olmamıştır. Bu dönemde de ekiliş oranı büyüklüğü itibari ile hububat, şeker pancarı, bakliye, sebze, meyve, kavak, ayçiçeği, bağ ve hayvan yemi yetiştirilmiştir.

Proje sahasında yetiştirilen hububat TMO'ya, şeker pancarı da Kırşehir Şeker Fabrikasına verilmektedir. Şeker Kurumu sulama sahasında pancar ekilecek alanı 15000 da/yıl olarak sınırlamıştır. Yetiştirilen meyve, sebze ve diğer ürünler ise iç tüketime sunulmaktadır.

2.2.6. Önerilen kanaletli şebeke elemanları ve özellikleri

Sulama sahası için DSİ Kayseri XII. Bölge Müdürlüğü'nce kanaletli şebeke yapımı öngörülmüştür ve planlama çalışmaları başlatılmıştır. Şebeke suyu, 1983 yılında yapımı tamamlanan Kültepe Barajı'ndan alacaktır. Gövde tipi toprak dolgu olan barajın depolama hacmi $21 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'dür. Sulama şebekesi baraj dip savak çıkışı ve takriben dinlendirme havuzu ile başlamakta ve daha sonra sağ ve sol sahil kanalet ana kanallarıyla devam etmektedir. Şebekede sağ sahil kanalı 28.860 km ve sol sahil kanalı 42.200 km uzunlukta olacak şekilde planlanmıştır. Sulama şebekesinde tip 2'den tip 9'a kadar 2462000 cm kanalet ayağı imalatı, sanat yapıları olarak da 13 şüt ve 20 sifon planlanmıştır.

2.2.7. Toprak örneklerinin alındığı ve infiltrasyon hızının ölçüldüğü yerler

Araştırmada materyal olarak kullanılan toprak örnekleri; DSİ planlama ve arazi tasnif haritalarından faydalanılarak hâkim olan toprak serilerinden seçilen 12 ayrı profilden alınmıştır. İnfiltrasyon ölçümleri araştırma alanında toprak örneklerinin alındığı profiller yakınında yapılmıştır.

3.3. Yöntem

3.3.1. Arazi çalışmalarında uygulanan yöntemler

Arazi çalışmalarında uygulanan yöntemler araştırma alanındaki toprakların tarla kapasitesi, solma noktası, hacim ağırlık ve bünye özelliklerini belirlemek amacıyla, toprak profillerinde 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinlik aralıklarında bozulmamış örnekler alınmıştır (4).

İnfiltrasyon hızı ölçümleri çift silindir infiltrometre metoduna göre yapılmıştır. İnfiltrasyon hızının ölçülmesinde Güngör vd, (1996)'de verilen esaslardan yararlanılmıştır (4).

3.3.2. Laboratuvar çalışmalarında uygulanan yöntemler

Laboratuvar çalışmaları Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Zemin Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

a) Tarla kapasitesinin belirlenmesi

Sulama sahasından alınan ve deneye hazırlanan toprak numuneler, tarla kapasitesi cihazının seramik levhası üzerinde bir sıra dâhilinde düzenlenen plastik ringler içine yerleştirilerek, 24 saat süreyle ısıtılmaya bırakılmışlardır.

Seramik levha daha sonra suyu süzülerek tarla kapasitesi cihazına alınmış, 1/3 atmosfer hava basıncı, numunelerin tahliye ettiği su seviyesi bürette sabit kalıncaya kadar uygulanmıştır. Cihazdan alınan yaş numunelerin önce yaş ağırlıkları tespit edilmiş, daha sonra 105 °C ısı altında etüvde 24 saat kurutulmuş ve desikatörde soğutulduktan sonra kuru ağırlıkları tespit edilmiştir.

Numuneye ait tarla kapasitesi rutubet değeri:

$$TK = \frac{Wy - Wk}{Wk} = \% \text{ olarak ifade edilmiştir.}$$

Burada;

TK : Tarla kapasitesini (%),

Wy : Yaş numune ağırlığını (g),

Wk : Kuru numune ağırlığını (g) göstermektedir.

b) Solma noktasının belirlenmesi

Proje sahasından temin edilen ve deneye hazırlanan toprak numuneleri, su dolu küvet içinde, üzerinde selilözik membranı bulunan metal diske, bir sıra dâhilinde dizilen kalın plastik ringler içerisine yerleştirilerek 24 saat süreyle ısıtılmaya bırakılmıştır. Metal levha daha sonra suyu süzülerek solma noktası cihazına yerleştirilmiş, 15 atm hava basıncına 20 dakika içinde ulaşılmış ve bu basınç cihaza, büretteki su seviyesi sabit kalıncaya kadar uygulanmıştır. Cihazdan alınan yaş numunelerin önce yaş ağırlıkları tespit edilmiş, daha sonra 105 °C ısı altında etüvde 24 saat kurutulmuş ve desikatörde soğutulduktan sonra kuru ağırlıkları tespit edilmiştir.

Numuneye ait solma noktası rutubet değeri

$$SN = \frac{Wy - Wk}{Wk} = \% \text{ olarak ifade edilmiştir.}$$

Burada;

SN: Solma noktasını (%),

Wy: Yaş numune ağırlığını (g),

Wk: Kuru numune ağırlığını (g) göstermektedir.

c) Toprak bünyesinin belirlenmesi

Sulama sahasından alınan toprak örnekleri laboratuvar ortamında tabii şartlarda kurutulmaya bırakılmıştır. Kuruyan numuneler havanda dövülmek suretiyle elemeye hazır hale getirilmiş ve havanda dövme esnasında numunelerin ezilmesine özen gösterilmiştir. Hazırlanan numuneler 2.0 mm (No: 10) elekten elenerek deney için hazır hale getirilmiş, profil ve derinlik numaralamasına dikkat edilerek torbalanmıştır. Bünyenin belirlenmesinde Bouyoucas hidrometrik yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde 50 g toprak numunesi % 10'luk sodyum heksametafosfat çözeltisinde 24 saat süreyle karıştırılmıştır. Karıştırıcıdan alınan numune 1 litrelik çöktürme silindirine aktarılıp üzerine saf su ilave edilerek karıştırma çubuğu ile 30 kez darbelendirilerek karıştırılmış ve hidrometre ve sıcaklık okumaları yapılmak üzere, 20°C su sıcaklığına sahip banyo içerisine alınmıştır. Hidrometre okumaları 152 H tipi hidrometre ile ısı okumaları da 0.5°C'ye duyarlı termometre ile yapılmıştır. I. ve II. hidrometre okumaları, ısı okumalarına bağlı olarak aşağıdaki formül yardımıyla düzeltilmiş, kil silt ve kum yüzdeleri yine aşağıdaki formüller yardımıyla bulunmuştur (5).

$$\text{Düzeltilmiş Hidrometre okuması} = (\text{okunan ısı} - 20) \times 0,36 + \text{Hidrometre okuması}$$

$$Kil + Silt = \frac{\text{Düzeltilmiş I. hidrometreokuması}}{\text{Mutlak kuru toprak ağırlığı}} \times 100$$

$$Kil = \frac{\text{Düzeltilmiş II. hidrometreokuması}}{\text{Mutlak kuru toprak ağırlığı}} \times 100$$

$$\% \text{ Sil} = \% (\text{kil} + \text{silt}) - \% \text{ kil}$$

$$\% \text{ Kum} = 1 - (\% \text{ silt} + \% \text{ kil})$$

Toprak bünye tanımlaması, belli bir toprak örneğinde, toprak taneleri ağırlığının toplam örnek hacmine oranı olarak ve $\gamma_t = \frac{Ws}{V}$ şeklinde ifade edilmektedir (4).

Eşitlikte;

$$\gamma_t = \text{Toprağın hacim ağırlığını (g/cm}^3\text{)},$$

$$Ws = \text{Toprak tanelerinin ağırlığını (g)},$$

V = Toprak örneğinin hacmini (cm³) göstermektedir.

Proje sahasından çakma silindirleri yardımıyla alınan 100 cm³ hacmindeki numuneler 60±5 °C ısı altında 24 saat etüvde kurutulduktan sonra, sabit ağırlığa gelinceye kadar desikatörde bekletilmiş ve daha sonra tartılmak suretiyle kuru ağırlıkları bulunmuştur. Bulunan kuru ağırlıklar sabit hacme (100 cm³) oranlanarak, birim hacim ağırlıkları hesaplanmıştır.

d) İnfiltrasyon hızı

İnfiltrasyon hızı ölçümleri çift silindir infiltrometre metoduna göre yapılmıştır. İnfiltrasyon hızının ölçülmesinde kullanılan dış silindirin çapı 40 cm, iç silindir çapı 20 cm, yüksekliği 40 cm olarak belirlenmiş, iç silindir kenarına milimetre bölmeli ölçme aracı monte edilerek su seviyesinde değişmeler ölçülmüştür. Ölçümlerde Güngör vd., (1996)'de verilen esaslar uygulanmıştır (4).

3.3.3. Büro çalışmalarında uygulanan yöntemler

a) Optimum bitki deseninin belirlenmesi

Araştırma alanında sulama suyundan optimum yararlanmayı sağlayacak bitki deseni, doğrusal programlama modeli kurularak ve QSB paket programından yararlanılarak belirlenmiştir. Doğrusal programlama tekniğinin uygulanması için gerekli teknik varsayımların yanında, uygulama bakımından ve çalışma özelliği gereği aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

Proje alanına ilişkin optimum su kullanımı modellerinin kurulmasında tarla tarımı esas alınmıştır. Modellerin kurulmasında yalnızca optimum su kullanımını doğrudan etkileyen unsurlar dikkate alınmış, tarım işletmeleri ve diğer ekonomik parametreler modellere katılmamıştır. Şeker Kuruluşu kararı doğrultusunda, şeker pancarı ekim alanı 15000 da/yıl'dan daha fazla, meyve ekim alanının mevcut alandan az olmaması kabul edilmiştir. Bitki su ihtiyacı değerleri CROPWAT programı ile hesaplanmıştır. Su ihtiyaçları su iletim randımanı ve su uygulama

randımanı göz önünde bulundurularak düzenlemiştir. Proje alanındaki tarımsal ürünlere ait verimler 1990-2000 yılları arasında gerçekleştirilen sulu tarım dönemindeki ortalama değerler olarak alınmıştır. Proje sahasında yetiştirilen bitkilere dair brüt kar değerleri Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü ve A.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Ekonomi Bölümü kayıtlarından ve bölgede yapılan gözlemlerden çıkarılmıştır. Tüm hesaplamalarda 2000 yılı fiyatları esas alınmıştır.

Sulama şebekesinden optimum şekilde faydalanmayı amaçlayan doğrusal programlama modellerinde, amaç fonksiyonu, proje alanında yetiştirilebilecek ürünlerden elde edilen brüt karı en büyük yapacak şekilde kurulmuştur (6). Sınırlayıcı değerler olarak bitki su ihtiyacı, proje alanı, proje su potansiyeli, tarım tekniği açısından bitkilerin en fazla ekilebileceği alan mukayese sınırları olarak kabul edilmiştir.

Kurulan model WinQSB paket programı ile çözülmüştür. Tüm modellerde çözüme yönelik doğrusal denklemler ve sembolleri aşağıda gösterilmiştir.

$$Z_{\max} = \sum C_j \cdot X_j$$

Eşitlikte;

$$Z_{\max} : \text{Maksimum toplam brüt karını (TL)}$$

$$C_j : \text{J inci bitkinin brüt karını (TL/da)}$$

$$X_j : \text{j inci bitkinin ekilebildiği alanı (da)}$$

$$j : \text{Bitki indisini (j=1, 2, 3, n)}$$

$$n : \text{Bitki sayısını göstermektedir.}$$

Kısıt denklemlerinde ise;

Toplam alan kısıtı

Bitkilerin ekilebileceği alan toplamı, toplam sulama alanından büyük olmayacağı için alan kısıtı;

$$\sum X_j \leq A_t, \text{ şeklinde yazılmıştır.}$$

Bu ifadede;

$$X_j : \text{j inci bitkinin ekilebileceği alanı (da)}$$

$$A_t : \text{Toplam sulama alanını (da) göstermektedir.}$$

Su sıkıntısı

Bitki su ihtiyacı için gerekli sulama suyu miktarı şebekeye verilebilecek toplam sulama suyundan fazla olmayacağı için su kısıtı;

$$\sum W_j \cdot X_j \leq Q_t$$

Bu eşitlikte;

W_j : j'inci bitki için hesaplanan toplam brüt su ihtiyacını (9 mm)

$$X_j : \text{j'inci bitkinin ekilebileceği alanı (da)}$$

Q_j : Sulama mevsiminde şebekeye verilecek toplam su miktarını (m³) göstermektedir.

Bitki ekiliş oranı kısıtı

$$\sum X_j \leq a_j \cdot A_t \text{ şeklinde yazılmıştır.}$$

Burada;

a_j : bitkilerin en fazla ekiliş oranını (%)

göstermektedir.

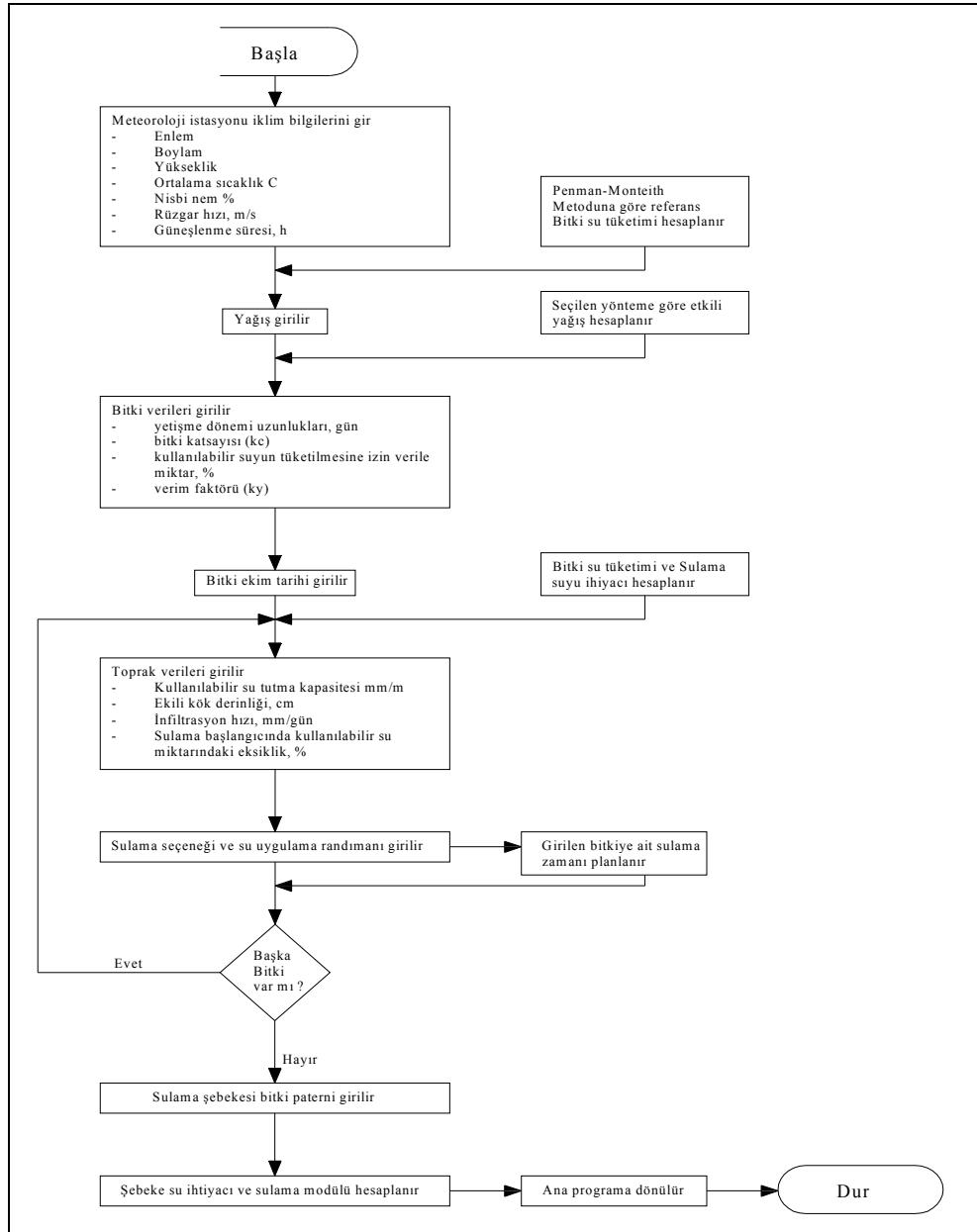
Münavebe kısıtı

$$X_j + X_{j+1} \leq a_j \cdot A_t \text{ şeklinde yazılmıştır.}$$

deseni ve gerçekleşen bitki desenleri göz önüne alınarak, buğdayın % 50'den fazla, şeker pancarının % 5'den az, baklagillerin % 5'den, meyvenin % 8'den ve üzümünde % 5'den az olmaması öngörülmüştür.

b) Sulama yöntemi

Sulama yönteminin belirlenmesinde FAO tarafından geliştirilen CROPWAT programı kullanılmıştır. Program yardımıyla proje alanına ait



Şekil 7. CROPWAT programının kullanımındaki aşamalar [9]

Burada;

$X_j + X_{j+1}$: Münavebeye girebilecek bitkilerin toplam ekim alanı, tarım tekniği bakımından ekili olduğu alanı geçmeyecek şekilde alınmıştır.

Bazı bitkilerin ekiliş oranı için; 1983 yılında uygulamaya başlanan ve 2000 yılında fiilen sona eren projeli koşula göre, planlama raporunda öngörülen bitki

meteorolojik veriler kullanılarak, bitki su tüketimleri Penman-Monteith yöntemine göre hesaplanmış (7), ayrıca öngörülen bitki desenine göre proje sulama suyu ihtiyacı belirlenmiştir. Hesaplamaları için gerekli bitki verileri FAO24, FAO33 ve Güngör vd., (1996)'den alınmıştır (4,8).

Bitkilerin sulama zamanları iklim bitki ve toprak verilerinden faydalanılarak hesaplanmıştır. Sulama za-

manının belirlenmesinde, Mayıs ayında ekimi yapılan bitkiler için sulamanın başlangıcında toprak neminin, kullanılabilir nemin % 20'sinin altında olduğu kabul edilmiştir. CROPWAT programında izlenen aşamalar Şekil 7'de verilmiştir.

CROPWAT programında referans bitki su tüketimi tahminde Penman-Monteith eşitliği kullanılmıştır.

Eşitlik;

$$ET_0 = \frac{\delta}{\delta + \gamma} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma} \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_a - e_d)$$

şeklindedir.

Eşitlikte;

$$\delta = \frac{4098 e_a}{(T + 2373)^2}$$

$$\lambda = 2.501 - (2.361 \times 10^{-3}) T$$

$$\gamma = 0.0016286 \frac{P}{\lambda}$$

$$\gamma' = \gamma (1 + 0.34 U_2)$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

$$R_{ns} = 0.75 R_s$$

$$R_s = \left(0.25 + 0.50 \frac{n}{N} \right) R_a$$

$$R_{nl} = 2.451 f(T) f(ed) f\left(\frac{n}{N}\right)$$

$$e_d = e_a \frac{RH}{100}$$

$$U_z = U_2 \left(\frac{2}{z} \right)^2 \text{ 'dir}$$

Bu Eşitliklerde;

ET₀ : Referans bitki su tüketimi, mm/gün,

δ : Buhar basıncı eğrisinin eğimi, kPa/C°,

γ' : Modifiye psikometrik sabiteyi, kPa/C°,

γ : Psikometrik sabiteyi, kPa/C°,

P : Atmosfer basıncı, kPa,

R_n : Bitki düzeyindeki net radyasyonu, MJ/m²/gün,

R_a : Atmosferin dış yüzeyine ulaşan radyasyonu, MJ/m²/gün,

R_s : Yeryüzüne ulaşan kısa dalga radyasyonu, MJ/m²/gün,

R_{ns} : Kısa dalgalı net radyasyonu, MJ/m²/gün,

R_{nl} : Uzun dalgalı net radyasyonu, MJ/m²/gün,

F_(T) : Sıcaklık fonksiyonunu,

T : Sıcaklığı, C°,

F_(ed) : Buhar basıncı fonksiyonu,

e_d : Ortalama hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı, kPa,

e_a : Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı, kPa,

n : güneşlenme süresi, h,

G : Topraktaki ısı akımı, MJ/m²/gün, (toprağın ortalama sıcaklığı çok fazla değişmediğinden ihmal edilir.

λ : Buharlaştırma gizli ısı, MJ/kg, (ortalama değer olarak 2.45 MJ/kg),

U₂: 2 m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı, m/s,

U_z : z m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı, m/s,

Z : Rüzgar hızının ölçüldüğü yükseklik, m'yi ifade etmektedir.

Çalışmada etkili yağış FAO.46'da önerilen "FAO/AGLW" tarafından geliştirilen yöntemle hesaplanmıştır. Bu yöntemle etkili yağış güvenilir bir şekilde aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$P_{\text{eff}} = 0.6 P_0 - 100 \dots \dots \dots P_0 < 70 \text{ mm}$$

$$P_{\text{eff}} = 0.8 P_0 - 24 \dots \dots \dots P_0 > 70 \text{ mm}$$

Eşitliklerde:

P_{eff} : Etkili yağış, mm,

P₀ : Aylık ortalama yağış, mm, gösterilmektedir.

Sulama zamanı planlamasında toprak su dengesi esas alınmış ve FAO.46'da önerilen aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$SMD_i = SMD_{i-1} + ET_a - P_0 - InApl + RO + DP$$

Eşitlikte:

SMD_i : i. gündeki toprak nemini,

ET_a : Gerçek bitki su tüketimini,

P₀ : Yağış miktarını,

InApl : Uygulanan sulama suyu miktarını,

RO : Yağışın yüzeysel akışa geçen kısmını,

DP : Yağışın derine süzülen kısmını ifade etmektedir.

c) Projenin ekonomik analizi

Projenin ekonomik analizi FAO tarafından geliştirilen DASI paket programı kullanılarak yapılmıştır. Ekonomik analizlere veri olan; projersiz koşulda bitki deseni, 1990-2000 yılları arasında gerçekleştirilen sulu tarım deseni ve bu çalışmayla öngörülen bitki deseni Tablo 4'de verilmiştir (10).

1990-2000 yılları arasında gerçekleşen bitki deseni, verimleri, ürün birim fiyatları ve üretim masrafları Tablo 5'de gösterilmiştir (10).

Tablo 4. 1990-2000 yılları arası gerçekleşen desen ve optimum bitki deseni

Bitki çeşidi	Projesiz durum (%)	1990-2000 yılları arasında gerçekleşen ortalama desen		Bu araştırmayı öngören optimum desen	
		(%)	(da)	Ekiliş oranları (%)	Maksimum Ekilebilir alan (da)
Buğday	11.1	1.0	18	40.0	9400
Ş. Pancarı	1.2	73.9	4335	13.0	3055
Baklagil (K. Fas.)	3.2	12.8	692	9.0	2115
Sebze (Dom)	3.5	6.4	376	17.0	3995
Meyve (Elma)	2.0	6.2	360	12.5	2937.5
Bağ	3.0	2.0	30	8.5	1997.5
Buğday+Arpa (kuru)	44.0	2000 yılı sulama raporu verilerine göre, proje sahasının % 20'sinde yani 5411 da'lık alanda sulu tarım uygulaması yapılabilmektedir.			
Yem Bitkileri	4.0				

Tablo 5. 1990-2000 yılları arası ortalama verim, ürün birim fiyatları ve üretim masrafları

Ürün cinsi	1990-2000 arası Verim ortalaması (kg/da)	Ürün birim fiyatları (TL/kg)	Üretim Masrafları (TL/kg)
Buğday	36000	119300	13600300
Şeker Pancarı	5460.00	40586	50288270
Baklagil (K. Fas.)	600.00	808500	33255590
Sebze (Domates)	3120.00	340000	42858700
Meyve (Elma)	2400.00	360000	16724315
üzüm	880.00	460000	17160180

Analizde baraj dinlendirme havuzu maliyetleri DSİ 1969'dan alınıp 2006 yılına taşınmış, şebekedeki kanal ve sanat yapıları maliyetleri Sungur vd., (2000)'e göre hesaplanmış ve 2006 yılı fiyatları sabit kabul edilmiştir (11).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma bulguları ve sonuçlarının tartışılması sulamaya ilişkin toprak özellikleri, optimum bitki deseni, ekonomik analiz ve sulama yönetimi başlıkları altında yapılmıştır.

a) Sulamaya ilişkin toprak özellikleri

Araştırma alanının 12 değişik toprak profilinden alınan toprak örneklerinin fiziksel analizleri sonucunda; belirlenen toprak tanelerinin dağılım yüzdesi, bünye sınıfı, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, solma noktası ve kullanılabilir su tutma kapasitesi Tablo 6'da verilmiştir. Proje sahası topraklarında kullanılabilir rutubet değeri kumlu-tınlı toprakta 130.0 mm/90cm, kumlu-killi-tınlı toprakta 140.0 mm/90cm ve tınlı toprakta 150.0 mm/90cm olarak hesaplanmıştır. Tablo 6

incelendiğinde en yüksek kullanılabilir rutubet değerinin 158.0 mm/90cm ile 4 nolu profilde, en düşük kullanılabilir rutubet değerinin ise 126.0 mm/90cm ile 10 nolu profilde olduğu görülmektedir.

Toprak örneklerinin alındığı yerlerde yapılan infiltrasyon hızı ölçüm sonuçlarından yararlanılarak infiltrasyon hızı değerlerinin zamanla ilişkisini gösteren grafikler milimetrik ve tam logaritmik eksen takımında çizilmiştir. Toprağın su alma hızının başlangıçta oldukça yüksek daha sonra düşük değerlerde olması, başlangıçta kuru olan toprakların daha sonra doymun duruma geçmesiyle açıklanabilmektedir. Başlangıçta uygulanan su, topraktaki yarı ve çatlakları doldurmakta ve zamanla kil taneciklerinin şişerek gözenek çaplarının küçülmesine sebep olmaktadır (4).

İnfiltrasyon eşitlikleri aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

$$D = aT^b ; I = aT^{-b}$$

Eşitliklerde

I : Su alma hızını (mm/h),

D : Eklemeli su alma derinliği (mm),

T : Eklemeli zaman (dk),

a : Doğrunun ordinatını (T=1 dk değerini) kestiği noktadaki değerini,

b : Doğrunun eğimini göstermektedir.

Araştırma alanında 8 nolu profilde yapılan infiltrasyon ölçümü sonucuna göre;

$$\text{Ortalama su hızı} : I = 121.17^{-0.38}$$

$$\text{Su alma hızı} : I = 17.97^{-0.41}$$

Eklemeli su alma hızı : $I = 2.397^{0.62}$ olarak bulunmuş ve infiltrasyon değeri de 217 mm/gün olarak belirlenmiştir.

Tablo 6. Sulama alanında toprak profillerine ait fiziksel analiz sonuçları

Profil No:	Toprak Derinliği (cm)	Toprak Bünyesi	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	Tarla Kapasitesi (% Pw)	Devamlı Solma Noktası (% Pw)	Kullanılabilir Su Tutma Kapasitesi (mm)
1	0-30	Kumlu-Tınlı	1.21	31.30	20.80	38.0
	30-60		1.23	31.10	21.04	37.0
	60-90		1.24	32.41	21.30	40.0
	0-90					115.0
2	0-30	Kumlu-Tınlı	1.31	29.72	19.36	34.0
	30-60		1.34	29.97	19.30	42.0
	60-90		1.28	29.56	18.90	41.0
	0-90					117.0
3	0-30	Kumlu-Tınlı	1.40	26.68	15.98	44.0
	30-60		1.42	26.18	16.20	42.0
	60-90		1.30	28.44	16.76	46.0
	0-90					132.0
4	0-30	Kumlu-Killi-Tınlı	1.28	28.52	16.29	47.0
	30-60		1.30	26.14	14.29	45.0
	60-90		1.36	32.20	20.20	50.0
	0-90					142.0
5	0-30	Kumlu-Killi-Tınlı	1.16	30.42	19.16	39.0
	30-60		1.17	33.36	21.58	48.0
	60-90		1.22	31.90	20.80	46.0
	0-90					133.0
6	0-30	Tınlı	1.16	24.00	20.82	40.0
	30-60		1.18	29.54	10.42	52.0
	60-90		1.24	27.42	13.62	46.0
	0-90					138.0
7	0-30	Tınlı	1.28	20.20	20.82	36.0
	30-60		1.32	22.60	10.42	46.0
	60-90		1.44	24.58	13.62	45.0
	0-90					127.0
8	0-30	Tınlı	1.28	25.60	13.74	48.0
	30-60		1.32	26.00	15.26	45.0
	60-90		1.44	24.38	15.06	44.0
	0-90					137.0
9	0-30	Tınlı	1.30	22.76	14.16	34.0
	30-60		1.34	22.30	12.84	38.0
	60-90		1.38	21.86	13.32	35.0
	0-90					107.0
10	0-30	Kumlu-Killi-Tınlı	1.22	31.10	20.46	39.0
	30-60		1.24	28.94	20.26	32.0
	60-90		1.25	31.86	20.50	42.0
	0-90					113.0
11	0-30	Kumlu-Killi-Tınlı	1.16	31.80	20.56	39.0
	30-60		1.18	34.46	22.48	43.0
	60-90		1.19	34.40	22.92	42.0
	0-90					124.0
12	0-30	Kumlu-Tınlı	1.28	27.94	16.84	43.0
	30-60		1.24	21.20	12.94	34.0
	60-90		1.24	28.10	17.50	40.0
	0-90					117.0
Bünye			Profil		SIK(mm/m)	
▪ Kumlu-tınlı			1, 2, 12		130.0	
▪ Kumlu-killi-tınlı			4, 5, 10, 11		140.0	
▪ Tınlı			3, 6, 7, 8, 9		150.0	

b) Optimum bitki deseni

Proje alanında yetiştirilebilecek bitkilerin sulama suyu ihtiyacı ve barajdan sulama amaçlı verilebilecek toplam su, su kullanma ve iletim kayıpları, sulama alanı, bitkilerin en fazla ekilebileceği alan ile bitkilerin aylık su ihtiyacı ve aylık sulama şebekesine verilebilecek su miktarı göz önüne alınarak geliri en büyük yapacak bitki deseninin belirlenmesi amacıyla doğrusal programlama modeli kurulmuştur. Proje alanındaki mevcut meyve ve bağ alanları muhafaza edilmiş, yakında şeker fabrikası bulunması ve pancar tarımının yerleşmiş olması sebebiyle en az % 5 oranında olması kaydıyla modele dahil edilmiştir.

Sulamada, sulama sistemi yağmurlama, su kullanma randımanı % 75 olarak alınmış, su iletim randımanı da % 97 kabul edilmiştir. Bu durumda sulama şebekesine verilebilecek 10.4×10^6 m³/yıl olan su miktarı modele 7.5×10^6 m³/yıl olarak alınmıştır.

Model denklemler mevcut ve öngörülen koşullar göz önüne alınarak çözülmüş ve optimum bitki deseni % 40 buğday, % 13 şeker pancarı, % 9 baklagil, % 17 sebze, % 12.5 meyve, % 8.5 bağ olarak belirlenmiştir.

halinde 23500 dekar olan sahanın tamamının sulanabileceği tahmin edilmektedir.

Proje sahasında, öngörülen bitki desenine ulaşılabilmesi halinde 2000 yılı fiyatları ile toplam brüt kar 8.22×10^{12} TL olacaktır. 2000 yılında gerçekleşen bitki deseni baz alındığında, öngörülen bitki deseni ile brüt kar 4.8 kat daha fazla olmaktadır.

c) Ekonomik analiz

Proje alanına ait ekonomik analizler FAO tarafından geliştirilen DASI programı ile yapılmış, fayda-masraf ve iç karlılık oranları ile net bugünkü değerleri belirlenmiştir. Analizler, projeli optimum bitki deseni göz önüne alınarak yapılmıştır. Analizlerde faiz oranı % 10 olarak alınmıştır. DASI programının veri formatı gereğince; proje bedeli sulama yatırım bedeli ve baraj yatırım bedelinin toplamıyla bulunmuştur. Sulama yatırım bedeli Kanıt ve Polat (2004)'e göre hesaplanmış; baraj yatırım bedeli ise DSI'nin ilgili yıllardaki yatırım bedeli esas alınarak ve barajın % 65 sulama amacına hizmet edeceği göz önüne alınarak bulunmuş ve bulunan bu değerler 2006 yılına taşınmıştır (12).

Tablo 7. 1990-2000 yılları arası gerçekleşen desen ve optimum bitki deseni

Bitki çeşidi	Projesiz durum %	1990-2000 yılları arasında gerçekleşen ortalama desen		Bu araştırmayı öngören optimum desen	
		%	da	Ekiliş oranları %	Max Ekilebilir alan da
Buğday	11.1	1.0	18	40	9400
Ş. Pancarı	1.2	73.86	4335	13	3055
Baklagil (K.Fas.)	3.2	12.8	692	9	2115
Sebze (Dom)	3.5	6.4	376	17	3995
Meyve (Elma)	2.0	6.2	360	12.5	2937.5
Bağ	3.0	2.0	30	8.5	1997.5
Buğday+Arpa (kuru)	44.0	2000 yılı sulama raporu verilerine göre, proje sahasının % 20'sinde yani 5411 da'lık alanda sulu tarım uygulaması yapılabilmektedir.			
Yem Bitkileri	4.0				
Nadas	18.0				

Sulama alanına dair projersiz, 1983-2000 yılları arasındaki uygulama durumu ve bu araştırmayla öngörülen bitki desenleri Tablo 7'de verilmiştir. Tablo 7 incelendiğinde, barajda su azalması ve klasik beton kaplamalı beton şebekesindeki yüksek su kaybı nedeniyle, 2000 yılında sadece 5822 dekarlık alanda yani proje sahasının sadece yaklaşık % 20'sinde sulu tarım yapılabilmektedir. Önceki bölümlerde açıklandığı gibi sulama randımanının bu kadar düşmesi sebebiyle müteakip yıllarda şebeke bakım ve onarımları yapılmamış ve sulama şebekesi neredeyse yok denecek duruma gelmiştir.

Kırşehir-Kültepe'de mevcut sulama amaçlı yapılmış olan Kültepe Barajı ve bu barajda toplanan yaklaşık 10.4×10^6 m³/yıl öngörülmekte suyun ekonomiye kazandırılması amacıyla, sulama sahasında kanaletli sulama şebekesi inşa edilmesi ve su uygulamasının da yağmurlama yöntemiyle yapılması

Proje yıllık işletme-bakım ve faiz amortismanı giderleri Balaban (1986)'da verilen esaslara göre belirlenmiştir (13).

Kırşehir-Kültepe projesi için öngörülen verim ve optimum bitki deseni göz önüne alınarak yapılan ekonomik analiz neticesinde; projenin iç karlılık oranının % 64.02 ve fayda-masraf oranının da 3.78 olabileceği belirlenmiştir. Optimum duruma dair ekonomik analiz sonuçları Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Optimum bitki desenine göre ekonomik analiz sonuçları

Yıllar	1	2	3-50
Nakit Akımı ($\times 10^{12}$ TL)	-9.82	11.39	11.39
İç karlılık oranı : % 64.02 Fayda-masraf oranı (R):3.78			
Net bugünkü değer : 59.08×10^{12} TL			

Tablo 8 incelendiğinde ilk sene yıllık akım değerlerinin negatif olduğu görülmektedir. Bu durum yatırım masraflarının karşılanamamasından kaynaklanmaktadır.

Balaban (1986)'a göre fayda-masraf oranı (R)<1 ise uygulanabilir niteliktedir. Tablo 8'den de görülebileceği gibi proje alanına ilişkin fayda-masraf oranı 3.78 olarak bulunmuştur (13).

Ayrıca uygulanan faiz oranı % 10 olduğu halde, proje ekonomik analizi sonucunda bulunan iç karlılık oranı % 64 olmaktadır. Bulunan bu değer % 10'luk faiz oranından büyük olduğu için projenin ekonomik olduğu ortaya koymaktadır.

d) Sulama yönetimi

Çalışmanın bu bölümünde; proje alanında yetiştirilen bitkilerin net sulama suyu ihtiyaçları ve bitki bazında farklı toprak bünyelerine göre sulama zamanları

Tablo 9. Proje alanında yetiştirilmesi öngörülen bitkiler için Penman+Monteith yöntemine göre hesaplanan aylık net sulama suyu ihtiyaçları (mm),

Aylar	Bitkiler						Toplam
	Kışık Buğday	Şeker Pancarı	Baklagil	Sebze	Meyve	Üzüm	
Nisan	-	-	-	-	-	-	-
Mayıs	103.50	1.70	-	45.84	-	-	151.04
Haziran	82.68	58.70	48.54	73.24	51.54	1.34	316.04
Temmuz	27.02	143.72	142.96	150.40	216.94	144.59	825.63
Ağustos	-	168.68	185.30	131.46	166.40	162.76	814.60
Eylül	-	88.54	46.68	46.12	61.44	75.52	318.30
Ekim	-	8.04	-	-	-	2.70	10.74
Toplam	213.20	469.38	423.48	447.06	496.32	386.91	2436.35

planlamaları FAO tarafından geliştirilen CROPWAT paket programı uygulaması ile elde edilmiştir. Bu program yardımıyla proje alanında yetiştirilmesi öngörülen bitkiler için CROPWAT programı ile bulunan net sulama suyu ihtiyaçları Tablo 9'da verilmiştir.

CROPWAT programı ile proje alanında yetiştirilen her bitki için sulama zamanı planlamasında; toprakta nemin her sulamada tarla kapasitesine getirildiği koşul, yani optimum sulama koşulu esas alınmış ve tarla uygulama randımanı % 75 kabul edilmiştir.

Proje sahasında yetiştirilen bitkilerin sulama zamanı planlaması killi-tınlı toprak bünyesi için detaylı olarak yapılmıştır. Sulama sahasında yetiştirilen bitkiler baz alınarak optimum sulama koşullarında ve farklı toprak bünyelerine göre; ekim tarihinden itibaren sulama tarihleri, sulama sayısı, bir sulamada verilebilecek en fazla net su miktarı ve toplam net sulama suyu miktarı hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlara göre; optimum sulama durumunda toprak yapısına bağlı olarak, buğdayın ilk sulamasının ekim başlangıcından itibaren 144 ila 152; şeker pancarının 46 ila 48; baklagilin 30 ila 32 ve bağın 40 ila 42 günleri arasında

değiştirdiği görülmektedir. Bu durumda optimum bitki deseni için en erken sulama, mayısın ilk yarısında şeker pancarı için olmaktadır. İlk sulama gününün ekim tarihinden itibaren büyük olmasını; toprak bünye yapısındaki farklılıkların doğal sonucu olarak, bölgenin iklim şartları etkilemektedir.

Proje alanında, optimum sulama koşullarında, kumlu-tınlı topraklarda yetiştirilecek bitkiler için sulama sayıları; Buğday için 5, şeker pancarı için 10, baklagil için 13, meyve için 8 ve bağ için 8 olmaktadır.

İşletme açısından proje değerlendirildiğinde; proje alanında etkin su dağılımı ve kullanımı için CROPWAT programından faydalanılmalıdır. Bu program yardımıyla sulama zamanı ve sulama suyu ihtiyacı, önceden iklim verilerine dayalı olarak belirlenir ve su dağılımı etkin bir şekilde yapılabilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1983 yılında, net 2350 hektar tarım alanı sulaması amacıyla işletmeye alınan Kültepe sulamasında; yukarı havzada inşa edilen göletlerin su tutmaya başlamasıyla, sulama şebekesinin su kaynağını teşkil eden Kültepe barajında yeteri kadar su toplanmamaya başlanmış, 2000 yılında sulama randımanı % 38'lere düşmüş, yine bu yıldan itibaren kanallara su verilmemeye başlanmış ve bakım onarım yapılmayan tüm sulama şebekesi kullanılamayacak hale gelmiştir.

Halen 9×10^6 m³/yıl su tutan Kültepe Barajı'ndaki sudan, sulama amaçlı yararlanmak amacıyla proje sahası için su iletim kaybı daha az olan kanaletli şebeke yapılması öngörülmüş ve araştırma buna göre geliştirilmiştir.

Proje alanında arazi su kısıtı ve alan kısıtı göz önüne alınarak optimum bitki deseni buğday, şeker pancarı, baklagil (fasulye), sebze (domates), meyve (elma) ve bağ (üzüm) için sırasıyla % 40, 13, 9, 17, 12.5 ve 8.5 olarak belirlenmiştir.

Proje alanında optimum bitki deseninin uygulanabilmesi için çiftçinin girdi kullanımına destek

olunmalı ve daha fazla fayda sağlayacak bitkilerin ekimi için çiftçi özendirilmelidir.

En son sulamanın yapıldığı 2000 yılında sulama şebekesine 6.5×10^6 m³ su alınabilmiştir. Baraj dip savağı su alma kotunun +975.00'dan +973.00'a düşürülmesi ile 4.0×10^6 m³ suyun daha şebekeye verilmesi mümkün olabilecek ve böylece 4.0×10^6 m³/yıl su, sulamada kullanılabilir.

Araştırma sahası için; projeli durumda öngörülen verim ve optimum bitki desenine göre yapılan ekonomik analiz neticesinde iç karlılık oranı % 64.02 ve fayda-masraf oranı da 3.78 olarak bulunmuştur. Sulamadan elde edilecek fayda mevcut duruma göre 3 katından daha fazla artış sağlayacaktır.

Sulama alanı için ekimi öngörülen bitkilerin sulama zamanı planlaması CROPWAT programı yardımıyla yapılmıştır. Optimum sulama koşulları için buğday, şeker pancarı, fasulye, domates, elma ve üzüm için sulama sayıları sırasıyla 5, 10, 12, 11, 8, 7 olarak belirlenmiştir.

Sulama alanında ekimi öngörülen bitkilerin sulama sayıları ve ekimleri tarihinden itibaren sulama günleri ekildikleri toprağın yapısına göre de farklılıklar göstermektedir. Sulama uygulamalarında bitkinin sulama sayısı, sulama tarihleri ve her sulamada verilecek su miktarı, ekildiği toprağın yapısına bağlı olarak bu çalışmada önerilen sulama planlamasına göre düzenlenmelidir. Ancak bu sulama planları sulama alanının uzun yıllar ortalaması olan yağış değerlerine göre elde edilmiştir. Yağışların yıldan yıla önemli düzeyde farklılık gösterdiği durumlarda, sulama zamanları o yılki yağış durumuna göre düzenlenmelidir.

6. TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmanın, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü tarafından,

07/2003-44 kodlu araştırma projesi olarak desteklenmesinden dolayı teşekkürlerini sunarlar.

7. KAYNAKLAR

1. Devlet Su İşleri, DSI web sayfası, www.dsi.gov.tr, 2007.
2. Tekinel O. vd., Sulama Organizasyon ve Yönetimi, GAP Tarımsal Kalkınma Sempozyumu, Ankara, 1986.
3. Devlet Su İşleri, Kırşehir Gültepe Projesi Planlama Raporu, 14A-37, Ankara, 1969.
4. Güngör, Y., Yıldırım, C., Tarla sulama sistemleri, A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 1443, Ankara, 1996.
5. Kalra Y. P., Maynard, D. G., Method manual for forest soil and plant analysis, Nort West region information Report Nor. X-319, 1991.
6. Erkuş, A., Demirci, R., Tarımsal İşletmecilik ve planlama A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 1435, s.30-120, Ankara, 1996
7. Smith, M., CROPWAT A computer program for irrigation planing and management FAO irrigation and drainage, Paper 46, Rome, 1992.
8. Doorenbos J., Pruiitt W. O., Guidelines for predicting crop water requirements, FAO irrigation and drainage, Paper 24, Rome, 1984.
9. Kanıt, R., İvriz sulama işletmesinde optimum su kullanım modelinin belirlenmesi, A. Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Doktora Tezi, Ankara, 1991.
10. Devlet Su İşleri XII. Bölge Müdürlüğü, 122. Şube Müdürlüğünün (Kırşehir) Hazırlanan Uygulama Raporları, (1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 ve 2005 yılları), Kırşehir, 2006.
11. Sungur T. ve Serdar A., Sulama ve Drenaj Kati Projelerde Uygulanacak Metrajlar, DSİ Yayını, Ankara, 2000.
12. Kanıt, R., Polat, H., Düzce Ovası Sulama İşletmesinin Ekonomik Analizi, Z. K. Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi, Yıl: 3, Sayı: 4, Karabük, 2004.
13. Balaban A., Su Kaynaklarının Planlanması, A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 972, s.12-122, Ankara, 1986