

# ANTALYA-MANAVGAT-ALARA SOL SAHİL SULAMASINDA OPTİMUM SU KULLANIMI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

**M. Haluk ÇELİK, Recep KANIT, Fatma ZORLU**  
Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Ankara

## ÖZET

Bu çalışmada, Devlet Su İşleri tarafından 1985 yılında işletmeye açılan Alara Sol Sahil Sulama alanında optimum su kullanım modelinin belirlenmesi araştırılmıştır. Fiziksel etkinliği belirlemek için yapılan ölçümlere göre, su iletim randımanı %90 olarak bulunmuştur. Proje alanı için optimum bitki deseni doğrusal programlama yöntemi ile belirlenmiş ve sulama sistemi işletme durumu CROPWAT programı ile değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sulama, Optimizasyon, Su kullanımı

## A STUDY ON THE OPTIMAL WATER USAGE AT LEFT COAST IRRIGATION SYSTEM OF ANTALYA-MANAVGAT-ALARA

### ABSTRACT

In this study, an attempt was made to determine the optimum water use model of the Alara Irrigation Project which was put into operation in 1985. Water conveyance efficiency of the project is determined by using an LP program. Economic evaluation of the project area for the planned existing and future conditions was analysis by using DASI program. Irrigation on water management problems was evaluated by applying FAO- CROPWAT program.

**Key Words:** Irrigation, Optimization, Use of water

## 1. GİRİŞ

Günümüzde sulama zamanının planlanması bilgisayar yazılımlı eşit benzeşim modelleri yardımı ile yapılabilmektedir. İklim, toprak bünyesi ve su kaynağı yetersizliğinin farklı değerlerine göre; herhangi bir bitkinin sulama zamanının planlanmasına çok farklı veriler için kısa sürede alternatif çözümler bulunabilmekte ve optimum çözüme ulaşılabilmektedir. 1985 yılında kısmen işletmeye açılan Alara Sol Sahil Sulaması'nda, kısmen sulamaya açılan alan 34800 , fiilen sulanan alan 26450 ve sulama oranı %76'dır. Sulama alanında iyi bir su dağıtım sisteminin kurulamaması, tesis eksikliği ve yetersizliği, su kaybının fazla

olması ve organizasyon bozuklukları projenin seçilmesinde etkili olmuştur. Çalışmada proje alanındaki fiziksel etkinlikler ile proje alanı için bitki su ihtiyacı, ve sulama alanı kasıt alınarak net faydayı maksimize eden bitki deseni, doğrusal model kurularak belirlenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1 Konum

Araştırma alanı, Türkiye'nin güneyinde Antalya havzasında 36.3° ile 37.0° enlemi ve 2.0° ve 3.0° boylamı arasında yer almaktadır. Kuzeyde Toros



Dağları, güneyde Akdeniz, batıda Alara Çayı ile havzası ve doğuda Toros Dağları ile çevrili olup toplam 3488 hektar araziden oluşmaktadır. Proje sahasının büyük bir kısmı ovalık, diğeri ise arızalı tepelik kısımlar üstündeki ekilebilir alanlardır. Sulama alanının en önemli akarsuyu Alara Çayı'dır. Alara Çayı; Gündoğmuş kazasının güneydoğusunda Çakalsakmak, Oğuz, Yukarıbük ve Alıkpazı derelerinin birleşmesi ile meydana gelir. Bölgenin sularını da toplayan Alara Çayı Alanya ile Manavgat arasında denize dökülür.

## 2.2 Jeolojik Durum

Sulama alanı; kil taşı, kum taşı, marn ve konglomeradan oluşan miyosen yaşındaki molozlarla, genellikle grenaltı, mikaşist, kuarsiste, anfibolitistlerden oluşan paleozoik kayalardır.

## 2.3 İklim Durumu

Alanya Meteoroloji İstasyonu ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre; proje sahasında yıllık yağış miktarı 1688.2 mm olup yağışın büyük bir kısmı kış aylarında düşmektedir. En küçük nisbi nem Temmuz ayında (%58) ve en yüksek nisbi nem Aralık ayında (%70)'dir. Proje alanında buharlaşma miktarı 773 mm olup bunun 37.3 mm'si bitki yetiştirme mevsimi içinde gerçekleşmekte; buharlaşma miktarında 268.8 mm'lik fark olduğu görülmektedir.

## 2.4 Toprak ve Su Kaynakları

### 2.4.1 Toprak Kaynakları

Sulama sahası topraklarının %28.38'ini ağır bünyeli, %17.68'ini orta bünyeli topraklar oluşturmakta, üst kısımların ağır, alt kısımların orta bünyeye sahip olduğu topraklar da %13.44'ü bulmaktadır. Toprak bünyesinde %5 oranında kireç mevcuttur.

Proje sahası toprak üzerinde tuzluluk ve alkalilik bakımından problem bulunmaktadır. Alara Sol Sahilinde 2731 hektar arazi sulanabilir durumdadır.

### 2.4.2 Proje Alanında Sulama Yararlanma Durumu

Şebekenin işletmeye alındığı son beş yılda sulama oranı %42 iken (Anonim, 1989), 1992 yılında bu oran %97.93'e ulaştığı görülmektedir. Bu durum; her yıl projeye dahil edilen alan artırılırken, fiilen sulanan alanın artırılmamasından ileri gelmektedir.

## 2.5 Sulama Şebekesinin Elemanları ve Özellikleri

Alara Çayında su, Alarahan yolu üzerinde Sariağalar tepesi yönünde mevcut kurbtan tek taraflı olarak +15.0 m kotunda ve 2.31 m<sup>3</sup>/sn kapasiteli prizle alınmaktadır. Yüksek kotlardaki sulama sahasına iletebilmek için yaklaşım kanalından sonra bir pompa istasyonu tesis edilmiştir. Pompaj yerinde su kotu minimum 15.0 m, pompaj yüksekliği 45.0 m ve pompaj debisi 2.3 m<sup>3</sup>/sn'dir.

Pompaj binasında 3.500 =1500 kW gücünde üç ünite ile 500 kW gücünde bir yedek ünite bulunmaktadır. Enerji 1 km mesafedeki Manavgat-Alanya ana hattından getirilmiş ve pompaj binasının yanında trafo ve santral binası yapılmıştır.

Alara Çayından alınan su +60m kotundaki dağılım havuzuna D=1.0m çapında ve 500m uzunluğundaki cebri boru ile iletilmektedir. Proje sahasındaki 1. ünite ile 2. üniteye su ileten ana kanallar betonarme olarak inşaa edilen su dağıtım havuzundan su almaktadır.

873 ha'lık 1. üniteye hizmet edecek olan ana kanalın toplam boyu 4.625km'dir. Tamamı kanalet sisteminde olan bu kanalın başlangıç kapasitesi 0.359 m<sup>3</sup>/sn'dir.

2. Üniteden Alara Sol Sahil Ovası'na hizmet edecek olan ana kaynak klasik olarak inşaa edilmiştir. Toplam uzunluğu 34.500 km olan bu ana kanalın başlangıç kapasitesi 3.072 m<sup>3</sup>/sn'dir.

## 2.6 Toprak Örneklerinin Alındığı İnfiltrasyon Hızlarının ve Su İletim Kayıplarının Ölçüldüğü Yerler

Araştırmada materyal olarak kullanılan toprak örnekleri, 8 ayrı profilden alınmıştır. Profil yerleri DSİ Planlama ve Tasnif Haritasından faydalanarak, hakim olan toprak serilerinden seçilmiştir (Anonim, 1984).

İnfiltrasyon ölçümleri araştırma alanında toprak örneklerinin alındığı profiller yakınında yapılmıştır. Su iletim kayıplarını belirlemek için kanallardaki su hızı ölçümleri Sol Sahil sulaması ana kanalı ve yedek kanalında yapılmıştır. Toprak örneklerinin alınmasında toprak burgusu, toprak küreği, şerit metre ve örnek torbaları; infiltrasyon hızı ölçümlerinde çift silindir, infiltrometre, terazi ve şerit; su hızı ölçümlerinde ise E.İ.E.'den temin edilen dijital muline kullanılmıştır.



## 2.7 Metod

Araştırma alanında yetiştirilen bitkilerin su tüketimleri FAO tarafından geliştirilen CROPWAT paket programı kullanılarak belirlenmiştir (Anonim, 1988). Program yardımıyla alana ait meteorolojik veriler kullanılarak bitki su tüketimleri Modifiye Penman yöntemiyle hesaplanmıştır (Doorenbas ve Pruit, 1977).

Çalışma için gerekli bitki verileri FAO 24 ve FAO 33'den alınmıştır. Anonim, 1988'de verilen bitki ve toprak değerlerine göre bitkilerin sulama zamanları belirlenmiştir. Penman eşitliği olarak;

$$E_{TA} = [W \times R_n + (1 - W) \times f(u) \times (c_4 - c_4)] \quad (1)$$

kullanılmıştır. Bu eşitlikte;  $E_{TA}$ : Referans bitki su tüketimini (mm/gün), C: Düzeltme faktörünü, W: Ağırlık faktörünü,  $R_n$ : Net radyasyonu (mm/gün),  $f(u)$ : Rüzgar fonksiyonunu,  $e_a$ : Ortalama hava sıcaklığında doymuş buhar basıncını (mb),  $e_d$ : Ortalama hava sıcaklığında gerçek buhar basıncını (mb) göstermektedir.

Etkili yağış içinde;

$$P_{eff} = P_o (1 - 0.2 P - OP / 100) \quad P_o < 250 \text{ mm} \quad (2a)$$

$$P_{eff} = 125 + 0.1 > 250 \text{ mm} \quad (2b)$$

eşitlikleri kullanılmıştır. Eşitliklerde;  $P_{eff}$ : etkili yağışı (mm),  $P_o$ : aylık ortalama yağışı (mm),  $P_{top}$ : son 5 yılın aynı aydaki yağışların toplamı (mm) göstermektedir.

Sulama zamanının planlanmasında toprak-su dengesi esas alınmış ve sulama mevsimi başlangıcında toprağın tarla kapasitesinde olduğu kabul edilmiştir. Bu hesaplama içinde ;

$$SMD_i = SMD_{i-1} - E_{TA} + P_{eff} + d_{lr} \quad (3)$$

formülü kullanılmıştır. Formülde;  $SMD_i$ : "i"nci gündeki toprak nemini,  $E_{TA}$ : gerçek bitki su tüketimini,  $P_{eff}$ : Etkili yağışı,  $d_{lr}$ : net sulama suyu miktarını göstermektedir

## 2.8 Sulamaya Ait Toprak Özellikleri

Araştırma alanında 8 değişik toprak profilinden alınan toprak örneklerinin fiziksel analizleri sonucunda bulunan tarla kapasitesi, devamlı solma noktası, hacim ağırlığı, bünye değerleri ve kullanılabilir su tutma değerleri hesaplanarak Tablo

1'de verilmiştir. Bu durumda en yüksek kullanılabilir değer 150.1 mm / 90 cm'dir. Ortalama kullanılabilir rutubet değeri 117 mm/ 90 cm olarak hesaplanmıştır.

Toprakların hacim ağırlıkları 1.58-1.66 gr/cm<sup>3</sup> arasında bir değişim göstermektedir. Kil miktarı yüksek bulunmuştur. Bu durum tarla kapasitesi ve solma noktası değerlerinin yükselmesine neden olmaktadır.

Tablo 1 Alara Sulama Alanının Toprak Profillerine Ait Fiziksel Analiz Sonuçları

Pr. No	Toprak Derinliği (cm)	Toprak Bünyesi	Hacim Ağırlığı (cm)	Tarla Kap. (% pw)	Devamlı Solma Noktası (%pw)	K. Su Tutma Kap. (mm)
1	0-30	C	1.61	24.7	18.0	32.3
	30-50	C	1.65	27.4	19.3	40.1
	50-90	C	1.65	26.4	17.6	43.8
	0-90					116.2
2		C	1.62	21.7	12.9	42.8
		SCL	1.58	23.4	17.3	28.9
		CL	1.59	26.1	16.7	44.8
					116.5	
3		C	1.58	23.3	13.0	48.8
		C	1.50	22.3	12.9	45.1
		C	1.53	22.7	12.2	51.4
					145.3	
4		C	1.59	23.5	12.9	50.6
		C	1.50	22.3	12.7	48.5
		C	1.62	22.7	12.2	51.0
					150.1	
5		SCL	1.60	24.5	17.9	32.1
		SCL	1.59	25.2	18.4	32.6
		SCL	1.59	26.0	17.8	40.1
					104.8	
6		CL	1.50	20.0	12.4	36.5
		C	1.59	20.3	17.0	18.1
		C	1.59	21.2	16.8	21.0
					75.6	
7		C	1.58	23.2	13.0	48.4
		SCL	1.60	22.0	12.8	44.2
		CL	1.61	22.2	12.6	46.2
					139.0	
8		C	1.59	23.4	12.8	50.6
		C	1.60	22.9	12.6	49.4
		C	1.60	22.7	12.4	49.4
					149.4	

## 2.9 Eklemeli İnfiltrasyon ve İnfiltrasyon Hızı

Araştırma alanında yapılan infiltrasyon deneylerinde belirlenen eklemeli infiltrasyon hızı değerlerinin zamanla ilişkisini gösteren profil Şekil 1'de verilmiştir. Sabit infiltrasyon hızı 0.14 cm/saat olarak alınmıştır, hızlar başlangıçta yüksek ve daha sonra düşüktür.

## 2.10 Su Kanallarından Sızma Kayıpları

Su Kanallarından Sızma Kayıpları (Balaban, 1970)'de verilen esaslara göre hesaplanmış. Tablo 2'de verilmiştir.

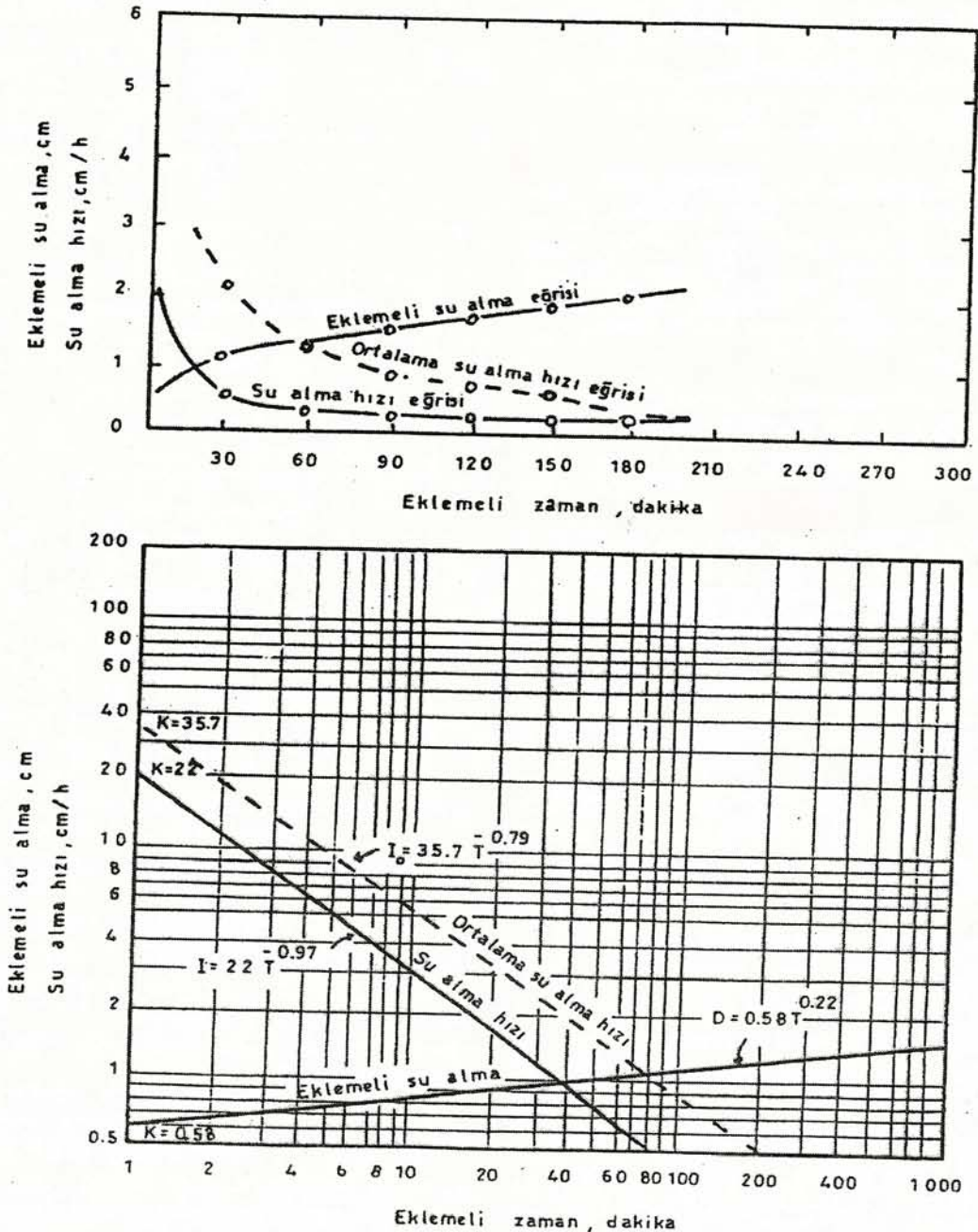
Şebekede ortalama sızma kaybı 3.2lt/sn /100 m olarak hesaplanmıştır. Ana kanal ve yedek kanalların toplam uzunlukları ve işletme durumu dikkate alındığında şebekeye verilen suyun yaklaşık %10'undan sızma nedeniyle faydanılmadığı görülmektedir.

## 2.11 Optimum Bitki Deseni

Sulama alanında 3730 da'lık 1. ünite ve 31150 da

2. ünitelerde projersiz ve projeli koşullarda bitki deseni Tablo 3'de ve alanın bütünü dikkate alınarak belirlenen optimum bitki deseni Tablo 4'de verilmiştir

Sulama alanında uygun su dağıtımına göre bulunan bitki deseni, mevcut duruma göre muz ve narenciyede yakın; buna karşılık sebze de 10 kat fazla görülmektedir.



Şekil 1 Örnek profile infiltrasyon hızının zamanla ilişkisi



Tablo 2 Sulama Kanallarının Sızma Kayıpları

Kanal Mevki	Kaplama Çeşidi	Ölçüm Yapılan iki Nokta Arasındaki Uzaklık (m)	İlk Ölçülen Akım (l/s)	t Mesafe Sonra Ölçülen Akım (l/s)	Sızma Kaybı (l/s/ 100m)	Düşünceler
Ana Kanal 1 0-1+333 km	Beton	50	34.6	33.5	4.2	Kaplama Bozuk
Ana Kanal 1 1 + 705 -1+190	Beton	50	34.0	32.4	3.2	Kaplama Bozuk
Y3 Yedek Kanal	Kanalet	50	41.0	39.0	3.3	Kanal Bakımı Yetersiz
Y3-1 Yedek Kanal	Kanalet	50	16.7	35.5	2.4	Kanal Bakımı Yetersiz
Ortalama Sızma Kaybı					3.2	

Tablo 3 Araştırma Alanının Projesiz ve Projeli Bitki Deseni

Bitkinin Adı	Projesiz Koşulda				Projeli Koşulda			
	1.ünite		2.ünite		1.ünite		2.ünite	
	Ekilen Alan		Ekilen Alan		Ekilen Alan		Ekilen Alan	
	%	(da)	%	(da)	%	(da)	%	(da)
Buğday	23.5	876.5	50.0		45.0	1678.5	---	---
Pamuk	30.0	1119.0	---		---	---	---	---
Arpa	20.0	746.0	5.0		---	---	---	---
Susam	5.2	194.0	---		10.0	373.0	---	---
Fıstık	2.9	108.1	---		10.0	373.0	---	---
Mısır	2.9	108.1	---		---	---	---	---
Narenciye	2.4	89.5	10.0		15.0	560.0	38.0	11837.0
Sera	0.8	29.8	3.5		20.0	373.0	40.0	12460.0
Sebze	2.3	85.7	---		10.0	373.0	---	---
Muz	---	---	16.0		---	---	20.5	6385.75
Bostan	---	---	14.0		---	---	---	---

Tablo 4 Proje Alanı için Optimum Bitki Deseni

Bitki Deseni	Ekilebilecek Alan	
	%	(da)
	38.0	11837.0
	40.0	12460.0
	20.5	6385.0
	1.5	4197.2

Tablo 5 Mevcut Bitki Desenine Göre Brüt Kar

Bitkinin Adı	Ekilen Alan (da)	Brüt Kar (TL/da x 1000)	Toplam Brüt Kar x (1000)
Buğday	1678.5	300	503400
Susam	373.0	192	71616
Fıstık	373.0	482	179786
Narenciye	12397.0	1430	17727720
Sera	12833.0	2350	30157550
Muz	6385.0	2465	15739025
Sebze	373.0	2080	775840
<b>Toplam Brüt Kar</b>			<b>6515493</b>

1. ve 2. Ünite olarak

Tablo 6 Optimum Bitki Desenine Göre Brüt Kar

Bitkinin Adı	Ekilen Alan (da)	Brüt Kar (TL/da x 1000)	Toplam Brüt Kar x (1000)
Narenciye	11837.0	1.430	16926910
Sera (Sebze)	12460.0	2.350	29281000
Muz	6385.8	2.465	15740997
Sebze	4197.2	2.080	8730176
<b>Toplam Brüt Kar</b>			<b>6515493</b>

Tablo 7 Proje Alanında Yetiştirilen Bitkilerin Penman Yöntemine Göre Hesaplanan Aylık Net Sulama Suyu İhtiyaçları (Anonim, 1990)

Aylar	Bitkiler				Toplam
	Narenciye	Sera (Sebze)	Muz	Sebze	
Ocak	---	---	---	---	
Şubat	---	---	---	---	
Mart	---	---	0.9	---	0.9
Nisan	32.5	---	30.0	46.2	108.7
Mayıs	66.7	---	76.4	131.3	274.4
Haziran	110.5	---	123.0	166.4	399.9
Temmuz	136.3	---	164.6	6.9	307.8
Ağustos	125.9	23.2	194.2	---	343.3
Eylül	124.2	46.8	163.3	---	334.3
Ekim	22.7	53.2	69.8	---	145.7
Kasım	---	4.3	4.3	---	8.6
Aralık	---	---	---	---	
<b>Toplam</b>	<b>618.8</b>	<b>127.5</b>	<b>826.5</b>	<b>350.8</b>	

Toprak Gübre Araştırma Enstitüsü ve bölgeden derlenen dekar başına brüt kar dikkate alındığında; mevcut duruma göre optimum bitki deseninin daha fazla gelir getirdiği Tablo 5 ve Tablo 6'nın mukayesesinden görülmektedir.



## 2.12 Sulama Yöntemi

Proje alanında öngörülen bitkiler için net sulama suyu ihtiyaçları aylara göre Tablo 6'de verildiği gibidir.

Sulama zamanı planlamasında toprakta nemin her sulamada tarla kapasitesine ulaştığı kabul edilmiş ve tarla suyu uygulama randımanı % 60 alınmıştır. Optimum sulama koşullarında narenciye için ilk sulama 7 Mayıs olarak hesaplanmıştır. Bir sulama döneminde toplam 29 sulama yapılmaktadır. Sulamada en fazla net su ihtiyacı 49.2 mm ile ilk sulamada olmakta ve bunun içinde 70.3 mm su verilmesi gerekmektedir. Bu durumda narenciyenin sulama zamanı planlaması etkinliği %100 olmaktadır.

Aynı şekilde optimum sulama koşullarında öngörülen bitki deseninde yetiştirilecek bitkiler için sulama sayıları; ikinci ürün sebze için 32 olarak hesaplanmıştır.

## 3. SONUÇ

1. Sulama alanında bitki su ihtiyacı ve uygun su dağıtımı dikkate alınarak öngörülen optimum bitki deseni narenciye, sera, muz ve sebze için bütün sulama alanı baz alındığında sırayla %38, %40, %20.5 ve %1.5 olarak belirlenmiştir. 1992 yılında öngörülen bitki desenine ulaşılabilseydi, o yılki birim fiyatlara göre sulama alanından yaklaşık 5.5 milyar TL daha fazla gelir elde edilecekti. Bu durum dikkate alındığında önerilen bitki deseninin uygulanabilmesi için çiftçi özendirilmeli ve yoğun girdi kullanımına önem verilmelidir.

2. Sulama şebekesinde, proje alanı ki, su kaybı %10 olarak bulunmuştur. Kanallarda su kaybını minimuma indirebilmek için çiftçilerin de bakım

onarım hizmetlerine etkin bir şekilde katılmaları sağlanmalıdır.

3. Proje alanında yetiştirilen bitkilerin aylık net sulama suyu ihtiyaçları proje alanının uzun yıllar ortalaması olan yağış değerlerine göre elde edilmiştir. Yağışın önemli düzeyde farklılık gösterdiği durumlarda, net sulama suyu ihtiyaçları o yılki yağış durumuna göre belirlenmelidir.

## 4. KAYNAKLAR

Anonim, 1979. Alara Sol Sahil Projesi Planlama Raporu D.S.İ. Antalya Bölge Planlama ve Proje Amirliği, Antalya.

Anonim, 1984. Alara Sahil Projesi Revizyon Raporu, D.S.İ. Antalya Bölge Müdürlüğü, Antalya

Anonim, 1988 b. "Guidlines for Using CROPWAT a Computer Programme for Design and Management of Irrigation Water Supply", **National Water Projects, Workshop**, Walamtari, India.

Anonim, 1988c. Türkiye'deki Büyük Sulama Projelerini İzleme ve Değerlendirme El Kitabı, Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, TCP / TUR / 6652. Ankara.

Balaban, A., 1970. Sulama Şebekelerinde Kanal ve Tarla Arkları Sızma Kayıpları Üzerine Bir Araştırma, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 455. A.Ü. Basımevi Ankara.

Balaban., A., Sönmez, N., Tekinel, O., Benli, E., Okman, C., 1986. "Sulama Organizasyon ve Yönetimi", **GAP Tarımsal Kalkınma Sempozyumu**, Ankara.

Doorbos, J., Pruitt, W.O., 1977. Crop Water Requirements, FAO Irrigation and Dranaige Paper No: 24 Rome, Italy.