



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**DEĞİŞEN İKLİM KUŞAĞINDA DOĞRUSAL PROGRAMLAMA
YAKLAŞIMI İLE TARIMSAL SU YÖNETİMİ**

DOKTORA TEZİ

UMUT MUCAN

Tez Danışmanı

PROF. DR. MURAT YILDIRIM

ÇANAKKALE – 2024



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**DEĞİŞEN İKLİM KUŞAĞINDA DOĞRUSAL PROGRAMLAMA
YAKLAŞIMI İLE TARIMSAL SU YÖNETİMİ**

DOKTORA TEZİ

UMUT MUCAN

Tez Danışmanı

PROF. DR. MURAT YILDIRIM

ÇANAKKALE – 2024



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Umut MUCAN tarafından Prof. Dr. Murat YILDIRIM yönetiminde ve Prof. Dr. Kemal Sulhi GÜNDOĞDU ikinci danışmanlığında hazırlanan ve **28/06/2024** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Değişen İklim Kuşağında Doğrusal Programlama Yaklaşımı ile Tarımsal Su Yönetimi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Anabilim Dalı**’nda **DOKTORA TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Prof. Dr. Murat YILDIRIM

.....

(Danışman)

Prof. Dr. Ünal KIZIL

.....

Prof. Dr. Halit APAYDIN

.....

Prof. Dr. Necdet DAĞDELEN

.....

Dr. Öğr. Üyesi Melis İNALPULAT

.....

Tez No :10644283

Tez Savunma Tarihi : 28/06/2024

.....

Prof. Dr. Ahmet Evren ERGİNAL
Enstitü Müdürü

.../.../2024

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

(İmza)

UMUT MUCAN

28/06/2024

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Murat YILDIRIM'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, yazılım konusundaki değerli yardımları ve rehberliği için eş danışmanım Prof. Dr. Kemal Sulhi GÜNDOĞDU' ya özel olarak teşekkür etmek isterim. Tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Ünal KIZIL ve Prof. Dr. Halit APAYDIN hocalarıma, tezin başından sonuna kadar tüm süreç boyunca katkıları için teşekkürü bir borç bilirim. Jüri üyeleri Prof. Dr. Necdet DAĞDELEN ve Dr. Öğr. Üyesi Melis İNALPULAT hocalarıma, önerileriyle farklı bakış açıları kazanmamı sağladıkları ve tez çalışmamı geliştirmeme yardımcı olan katkılarından dolayı en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen değerli arkadaşım Kazım SULAK' a, hayatımın her evresinde bana destek olan değerli ailem annem Neriman AKARCA ve anneannem Zeynep AKARCA' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca, beni “TÜBİTAK-BİDEB 2211-Yurtiçi Doktora Burs Programı” kapsamında destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Umut MUCAN
Çanakkale, Haziran 2024

ÖZET

DEĞİŞEN İKLİM KUŞAĞINDA DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI İLE TARIMSAL SU YÖNETİMİ

Umut MUCAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Murat YILDIRIM

İkinci Danışman: Prof. Dr. Kemal Sulhi GÜNDOĞDU

28/06/2024, 95

Bu çalışmada, Çanakkale Biga Cihadiye Kaynarca göleti sulama sahasında yer alan tarımsal işletmeler için optimum bitki deseni belirlemeyi çalışılmıştır. Sulama sahasında yetiştirilen bitkilerin güvenilir yağış koşullarında mevsimlik su ihtiyacı CropWat 8.0 programında hesaplanmış ve sulama programları belirlenmiştir. Sulama sahasının büyüklüğü, yetiştiriciliği planlanan bitkilerin maksimum ve minimum alanları, birim alan için brüt kar miktarları göz önüne alınarak, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında doğrusal programlama yöntemiyle optimum bitki deseni belirleyen bir yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım sayesinde çiftçilerin yetiştirmek istedikleri bitki tercihlerini dikkate alarak optimizasyon sonucunu tarımsal işletmelere dağıtmıştır. Bitkinin su ihtiyacı tamamen karşılandığı S1 (%100) seviyesinde sulama suyu miktarı belirlenerek kısıt konuları S2 (%70) ve S3 (%50) konuları oluşturulmuştur. Su kaynağındaki miktar belirli aralıklarla azaltılarak senaryolar oluşturulmuş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Geliştirilen optimum bitki deseni modeli, CBS altyapısından da faydalanılarak geleneksel programlara göre daha hızlı sonuçlandırmış ve sahip olunan su kaynağına göre harita üzerinde önerilen bitki deseni üretici parsellerine dağıtılmıştır. Bu çalışmada su kaynağının yetersiz olduğu durumda karar vericilere bilginin daha hızlı iletilmesini sağlamayı hedeflemiştir.

Anahtar Kelimeler: Optimum Bitki Deseni, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Kuraklık, Sulama, CropWat

ABSTRACT

AGRICULTURAL WATER MANAGEMENT WITH LINEAR PROGRAMMING APPROACH IN THE CHANGING CLIMATE ZONE

Umut MUCAN

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Doctoral Dissertation in Agricultural Structures and Irrigation Department

Advisor: Prof. Dr. Murat YILDIRIM

Co-Advisor: Prof. Dr. Kemal Sulhi GÜNDOĞDU

06/28/2024, 95

In this study, it was aimed to determine the optimum cropping pattern for agricultural enterprises located in Çanakkale Biga Cihadiye Kaynarca pond irrigation area. The seasonal water requirement of the plants grown in the irrigation area under reliable rainfall conditions was calculated in CropWat 8.0 programme and irrigation schedules were determined. Considering the size of the irrigation area, the maximum and minimum areas of the plants planned to be cultivated, and the gross profit amounts per unit area, a software that determines the optimum plant pattern by linear programming method in Geographical Information System (GIS) environment was developed. Thanks to the developed software, the optimization result was distributed to agricultural enterprises by taking into account the plant preferences of the farmers. By determining the amount of irrigation water at S1 (100%) level, where the water requirement of the plant is fully met, constraint subjects S2 (70%) and S3 (50%) were applied. Scenarios were created by decreasing the amount in the water supply at certain intervals and the results were evaluated. The developed optimum plant pattern model was finalised faster than traditional programmes by making use of GIS infrastructure and the proposed plant pattern on the map was distributed to the producer parcels according to the available water resource. In this study, it is aimed to provide faster transmission of information to decision makers in case of insufficient water supply.

Keywords: Optimum Plant Pattern, Geographical Information Systems, Drought, Irrigation, CropWat

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

3

2.1. Kuraklık Analizi.....	4
2.2. Optimum Bitki Deseni.....	10

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL YÖNTEM

18

3.1. Materyal	18
3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Yapısı.....	18
3.1.2. Çalışma Alanının Toprak Yapısı ve Özellikleri.....	19
3.1.3. Sulama Sahasındaki Bitki Deseni.....	21
3.1.4. İklim Verileri.....	21
3.2. Yöntem.....	24
3.2.1. Referans Bitki Su Tüketimi (ET ₀) Hesabı ve Su-Verim İlişkisi.....	24
3.2.2. Güvenilir Yağış.....	28

3.2.3. ArcGis Eklenti Geliştirme ve Kullanıcı Arayüzü Oluşturma.....	30
3.2.4. Optimum Bitki Deseninin Planlanması.....	31
3.2.5. Standart Yağış İndisiyle (SYİ) Kuraklık Analizi.....	38

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Kuraklık Analizi.....	39
4.2. Optimizasyona Girecek Bitkilerin Sulama Programları ve Verimleri.....	40
4.3. Yeterli ve Kısıtlı Su Koşulları İçin Bütüt Kar Değerleri.....	45
4.4. Yeterli ve Kısıtlı Su Koşullarında İşletme İçin Optimum Bitki Desenleri.....	48
4.4.1. Farklı Baraj Kapasitelerinde Optimum Bitki Deseni.....	49
Barajdaki Su Miktarının Yeterli K1 (%100) Olması Durumunda Optimum Bitki Deseni.....	49
Barajdaki Su Miktarının Yetersiz K2 (%80) Olması Durumunda Farklı Güvenilir Yağış Koşulları için Optimum Bitki Deseni Sonuçları.....	53
Barajdaki Su Miktarının Yetersiz K3 (%70) Olması Durumunda Farklı Güvenilir Yağış Koşulları için Optimum Bitki Deseni Sonuçları.....	61
Barajdaki Su Miktarının Yetersiz K4 (%50) Olması Durumunda Farklı Güvenilir Yağış Koşulları için Optimum Bitki Deseni Sonuçları.....	69
Barajdaki Su Miktarının Yetersiz K5 (%30) Olması Durumunda Farklı Güvenilir Yağış Koşulları için Optimum Bitki Deseni Sonuçları.....	77

BEŞİNCİ BÖLÜM SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar.....	85
KAYNAKÇA	91
EKLER	I
EK 1.....	II
EK 2.....	III
EK 3.....	V

SİMGELER VE KISALTMALAR

kg	Kilogram
g	Gram
%	Yüzde oranı
TL	Türk Lirası
lt	Litre
m ²	Metre kare
m ³	Metre küp
mm	Milimetre
km	Kilometre
da	Dekar
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ET ₀	Referans bitki su tüketimi
ET _a	Gerçek su tüketim miktarı
ET _m	Maksimum su tüketim miktarı
Y _a	Gerçek verim miktarı
Y _m	Maksimum verim miktarı
X	Değişkenler
°C	Santigrat derece
OPT	Optimizasyon
SBT	Sabit tesisler
SYİ	Standart yağış indisi
YSA	Yapay sinir ağları

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	2020-2023 yılları ortalama bitki deseni alanları ve verimleri	21
Tablo 2	Çanakkale uzun yıllar (1928-2021) iklim verileri (anonim, 2021)	23
Tablo 3	Bitkilerin ekim, hasat ve yetiştirme dönemi tarihleri	26
Tablo 4	Sulama suyu ihtiyacı hesaplama parametreleri	27
Tablo 5	Güvenilir yağış değerleri	30
Tablo 6	Doğrusal programlama modelinde kullanılan değişkenler	36
Tablo 7	Araştırmada kullanılan su kaynağı kapasitesi seçenekleri	36
Tablo 8	Standart yağış indisi kuraklık sınıfları	38
Tablo 9	Domates bitkisi için normal yıl koşullarında sulama programı sonuçları	43
Tablo 10	Yeterli ve kısıtlı su koşullarında sulama programları ve gerçek verimleri	45
Tablo 11	Sulama sahasında üretilen bitkilerin brüt kar değerleri (TL/da)	46
Tablo 12	Barajdaki su miktarlarının yeterli (K1) (%100) olması durumunda optimum bitki deseni	52
Tablo 13	Barajdaki su miktarının yetersiz (K2) (%80) olması durumunda ve sabit tesislerin %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında optimum bitki deseni	58
Tablo 14	Barajdaki su miktarının yetersiz (K3) (%70) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında optimum bitki deseni	66
Tablo 15	Barajdaki su miktarının yetersiz (K4) (%50) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında optimum bitki deseni	74
Tablo 16	Barajdaki su miktarının yetersiz (K5) (%30) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında optimum bitki deseni	82
Tablo 17	Cihadiye kaynarca göleti 2023 yılı bitki deseninin optimizasyon sonucuyla kıyaslanması	89

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Cihadiye Kaynarca Göleti konumu	19
Şekil 2	Marmara Bölgesi Topraklarının Bünye haritası (Taşova ve Akın, 2013)	20
Şekil 3	Cihadiye Kaynarca Göleti Planı	20
Şekil 4	CropWat 8.0 Programıyla Referans Bitki Su Tüketimi (ET_0) Değerleri	20
Şekil 5	Referans Bitki Su Tüketimi (ET_0) Değerlerinin Aylara Göre Dağılımı	25
Şekil 6	Geliştirilen modelin arayüzü	33
Şekil 7	Model akış diyagramı	37
Şekil 8	1970-2022 yılları arasındaki 1, 3, 6, 12, 24, 36 aylık zaman dilimine ait SYİ kuraklık analizi sonuçları	40
Şekil 9	Domates bitkisi için normal yıl koşullarında sulama programı grafiği	44
Şekil 10	Normal yılda baraj kapasitesi %100 olduğunda optimum bitki deseni	51
Şekil 11	Kurak yılda baraj kapasitesi %80 olduğunda optimum bitki deseni	55
Şekil 12	Normal yılda baraj kapasitesi %80 olduğunda optimum bitki deseni	56
Şekil 13	Yağışlı yılda baraj kapasitesi %80 olduğunda optimum bitki deseni	57
Şekil 14	Kurak yılda baraj kapasitesi %70 olduğunda optimum bitki deseni	63
Şekil 15	Normal yılda baraj kapasitesi %70 olduğunda optimum bitki deseni	64
Şekil 16	Yağışlı yılda baraj kapasitesi %70 olduğunda optimum bitki deseni	65

Şekil 17	Kurak yılda baraj kapasitesi %50 olduğunda optimum bitki deseni	71
Şekil 18	Normal yılda baraj kapasitesi %50 olduğunda optimum bitki deseni	72
Şekil 19	Yağışlı yılda baraj kapasitesi %50 olduğunda optimum bitki deseni	73
Şekil 20	Kurak yılda baraj kapasitesi %30 olduğunda optimum bitki deseni	79
Şekil 21	Normal yılda baraj kapasitesi %30 olduğunda optimum bitki deseni	80
Şekil 22	Yağışlı yılda baraj kapasitesi %30 olduğunda optimum bitki deseni	81
Şekil 23	Baraj kapasitesine göre yıllık brüt kar (TL)	86
Şekil 24	Baraj kapasitesi-brüt kar (TL) basit regresyon analizi	87

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Sulama, bitkilerin sağlıklı büyümesi için zorunlu ancak doğal yağışlar yoluyla temin edilemeyen suyun, kök bölgesine uygun zamanda, uygun miktarda ve düzenli bir biçimde iletilmesi şeklinde ifade edilir. Bu sürecin başarılı olabilmesi için, bölgeye ve tarımsal koşullara uygun bir sulama yönteminin seçilmesi, bu yöntemle uygun bir sulama sisteminin tasarlanması, bitkilerin su ihtiyaçlarını zamanında ve etkili bir biçimde karşılanması esastır.

Sulama suyu, dünya genelinde toplam su tüketiminin yaklaşık %70'ini oluşturmaktadır. Bu yüksek oran, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi konusunda önemli endişelere yol açmaktadır. Özellikle tarımsal faaliyetlerde kullanılan su miktarının artması, güvenli içme suyu kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. (Pierrat vd., 2023). Tarımda su kullanım etkinliğini sınırlayıcı faktörler, evsel kullanım ve sanayide artan su talebi, küresel iklim değişimi ve kuraklık nedeniyle oluşan yağış rejimindeki değişikliklerdir. Bu gibi durumlar son yıllarda sulama suyunu daha verimli kullanımına yönelik çalışmaları gündeme getirmiştir (Wang vd., 2023; Callejas Moncaleano, 2021).

Tatlı su ve beslenme bir insanın en temel ihtiyacıdır. Beslenme bitkisel ve hayvansal kaynaklardan sağlanmaktadır. İnsanlar, hayvanlar ve bitkiler büyümek için suya ihtiyaç duydukları gibi insan tarafından besin olarak tüketilen hayvanlarında çoğu ekinlerle beslenir. Dünya nüfusu günümüzde 7,6 milyar olarak bilinmekte 2050 yılında %29 artarak 9,8 milyar olacağı ve 2100 yılında %47 artarak 11,2 milyar olacağı tahmin edilmektedir (Anonim, 2011). Gelişmekte olan ülkeler gıda üretimlerini nüfus tahminlerine göre planlanmalıdır. Artan nüfusun yanında hissedilen iklim değişikliği ve bazı bölgelerdeki kuraklık tarım arazilerini olumsuz etkilemektedir. Böylece gıda üretim hızı azalmakla birlikte ürünlerin ekonomik üretim maliyeti artmaktadır. Bu koşullarda tarım arazilerinin etkinliğini artırmak için uygun sulama, gübreleme ve hassas tarım uygulamaları yapılması gerekmektedir (Anonim, 2009).

Tarımsal üretimi optimize etmek ve tarım alanında sulama suyunu bitkinin ihtiyacı doğrultusunda verebilmek için yetiştirme ortamındaki su miktarının sürekli takip edilmesi ve ihtiyacı kadar verilmesi gerekmektedir. Su kaynağının yeterli olmaması durumunda gerek ülkenin gerekse bölgenin belirli oranda ihtiyaçlarını karşılayacak doğrultuda, çiftçiler için karı maksimize veya beklenen kayıpları minimize ederek ürün deseni ve sulama suyu optimum bir şekilde planlanmalıdır.

Bir sulama havzasında su kaynağında suyun yeterli olamaması veya sulama maliyetinin fazla olması durumunda kısıntılı sulama uygulaması yapılabilir. Kısıntılı sulama tarımsal üretimde maksimum verim elde edilmesi yerine uygulanacak sulama suyu miktarını belirli oranda azaltarak bir miktar verim kaybının oluşmasına izin verilir. Böylece yetersiz su kaynağıyla daha fazla alan sulanmakta ve birim sudan daha fazla gelir elde edilebilmektedir (Tekinel ve Kanber, 1979). Sulama sistemlerinin kısıntılı sulamaya göre planlandığında maliyetlerinde önemli azalmalar sağlanarak işletme gelirlerinde artış olabileceği belirtilmiştir (English, 1990).

Sulama havzası sahip olduğu kaynaklar ile piyasa taleplerini en iyi şekilde karşılayıp maksimum gelir elde etmek ister. Aynı şekilde tarımsal işletmede mevcut koşullarında piyasa taleplerini en iyi şekilde karşılamak için arazisini planlayıp uygun sulama sistemi ve ürün deseniyle maksimum gelir etmek ister. Bu durumda sulama havzası sınırları içerisinde yeni stratejiler geliştirilmesi, modern sulama sistemleri kullanılması, mevcut su miktarına göre bitki deseninin optimizasyonunun yapılması yani tarımsal işletmelerin mevcut su varlığına göre hangi bitkinin hangi işletmeye ekilmesi, maksimum ürün miktarının ve karının önceden tahmin edilerek üretim planı yapılması, sosyal-ekonomik, gıda güvenliği ve tarımsal işletme sahipleri arasındaki anlaşmazlıklara çözüm için gereklidir.

Özellikle tarımsal kuraklığın yaşandığı dönemlerde tarımsal işletme sahipleri aynı karı veya faydayı sağlayacak bitkiyi seçmekte zorlanmaktadır ya da su potansiyelinin yetersiz olmasına rağmen aynı kültürde yetiştiriciliğini yaptığı bitki desenini değiştirmek istememektedir. Bu tarz durumlar hem tarımsal işletme sahibine hem de ülke ekonomisine ciddi zarar vermektedir.

Çalışmanın amacı Çanakkale ili Biga ilçesinde bulunan Cihadiye Kaynarca Göleti sulama sahasında bulunan tarımsal işletmelerde kurak koşullarda optimum bitki desenini elde etmektir. Bir sulama sahasındaki parsellerin daha az su kullanımıyla en yüksek geliri sağlayabilecek bitki desenini oluşturacak bir optimizasyon modeli geliştirmektir. Geliştirilen Model; Sulama göletinin mevcut su potansiyeli, sulama bölgesine ait iklim verileri, toprak özellikleri, iklime uygun olarak bölgede yetişebilecek potansiyel bitki türleri ve bitki türlerine göre birim alandan elde edilebilecek gelir gibi verileri girdi olarak kullanarak parsel bazlı bir optimizasyon modeli oluşturmayı amaçlamaktadır. Böylece model kullanıcısı olan sulama mühendislerine daha hızlı, kullanıcı dostu ve konforlu bir çalışma ortamı sağlanmış olacaktır. Cihadiye Kaynarca Göleti sulama sahası 19119,2 da 'dır ve Devlet Su İşlerinin kontrolünde Cihadiye Kaynarca Sulama Birliği tarafından işletilmektedir. Bu çalışmada Cihadiye Kaynarca Göleti'nde farklı su miktarları göz önüne alınarak sulama sahasında tarımı yapılan bitki desenleri ele alınarak mevcut su miktarına göre optimum bitki desenini öneren optimizasyon modeli geliştirilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Kuraklık Analizi

Kuraklık, belirli bir bölgede uzun bir süre boyunca yağış miktarının önemli ölçüde-ortalamanın altına düşmesi- azalmasıyla meydana gelen bir hava olayıdır. Bu durum, su kaynaklarının azalmasına, tarımsal üretimde düşüşlere, ekosistemlerin bozulmasına ve sonuç olarak ekonomik ve sosyal zorluklara yol açabilir. Kuraklık, genellikle meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik olmak üzere üç ana kategoriye ayrılır. Meteorolojik kuraklık, uzun süreli yağış eksikliğini; tarımsal kuraklık, su eksikliğinin bitkiler üzerindeki etkilerini; hidrolojik kuraklık ise yüzey ve yeraltı su kaynaklarının azalmasını ifade eder (Wilhite ve Glantz, 1985).

Kuraklık analizinin ve izlenmesinin amacı daha çok kuraklığın öngörülmesi ve yönetilmesidir. Kuraklık, genellikle yavaş yavaş ortaya çıktığı ve etkileri belirginleşene kadar fark edilmediği için "gizli bir felaket" olarak adlandırılır. Bu nedenle, kuraklık olaylarının erken tespit edilmesi etkilerinin azaltılması için önemli bir adımdır. Kuraklık analizi su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı açısından kritik bir öneme sahiptir (Wilhite, 1993).

Kuraklık analizinde kullanılan en yaygın yöntemlerden biri Standart Yağış İndeksi (SYİ)'dir. SYİ, uzun dönemli yağış kayıtlarını kullanarak belirli bir yerdeki yağış miktarının ortalama yağış miktarına göre ne kadar değişken olduğunu ölçer. Bu yöntem, farklı zaman ölçeklerinde kuraklık koşullarını değerlendirebilir, böylece kısa vadeli meteorolojik kuraklıklar ile uzun vadeli hidrolojik ve tarımsal kuraklıklar arasındaki farkları belirleyebilir, SYİ'nin avantajı, basitliği ve farklı bölgeler veya zaman periyotları arasında kolayca karşılaştırılabilir olmasıdır (McKee vd., 1993).

Daha önce yapılan çalışmalarda SYİ kullanılarak yapılan kuraklık analizlerinin, kuraklık koşullarının erken tespiti ve su kaynakları yönetimi açısından nasıl değerli bir araç olduğu incelenmiştir. Analizler, belirli bir bölgedeki yağış verileri üzerinden gerçekleştirilen

ve elde edilen SYİ değerleriyle, kuraklık koşullarının şiddetini ve sũresini belirlemek için kullanılmıştır. Bu analizin sonuçları, su kaynaklarının daha etkin y¶netimi ve kuraklıkla mũcadele stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Das vd. (2020), yapmış olduğu çalışmada Hindistan'ın Rajasthan'da Luni Nehri Havzası ũzerindeki meteorolojik kuraklığı SYİ kullanılarak incelemiştir. Araştırmada, 1973-2016 yılları arasında 39 meteoroloji istasyonundan alınan uzun vadeli aylık yağış kayıtlarını kullanmıştır. Hem uzun (24, 12 ve 9 ay) hem de kısa vadeli (6, 3 ve 1 ay) SYİ hesaplamaları yapılarak kuraklık olayları tanımlanmış ve ciddi kuraklık koşulları altında kalan alanın yũzdesi belirlenmiştir. Çalışmada, kuraklık olaylarının tutarlılığını incelemek amacıyla Mann-Kendall testini kullanmıştır. Kuraklık olaylarının frekans sonuçları, Jalore istasyonunun en yũksek kuraklık değerine sahip olduğunu, en dũřũk kuraklık değerinin ise Vijaynagar istasyonunda g¶zlendiğini ortaya koymuştur. Yıllık SYİ sonuçlarına g¶re, 1981, 1984, 1985, 1988, 1989, 1991, 1993, 1999, 2000, 2004, 2005 ve 2008 yıllarının ¶nemli kuraklık olaylarına tanık olduğu belirlenmiştir. Mann-Kendall testi sonuçları, havzanın bũyũk bir b¶lũmũnũn kuraklık yoğunluğunda artış yaşadığını, batı havzasının ise kuraklık şiddetinde azalma yaşadığını g¶stermiştir. Bu kapsamlı çalışma, iklim değişikliğine işaret etmekte ve Luni Nehri Havzası'nda bu tũr kuraklıkların gelecekte daha yaygın hale gelebileceğini ¶ne sũrmektedir. Çalışmanın sonuçları su kaynaklarının planlanması ũzerine politikalar geliştirmek ve ilerleyen yıllarda kuraklık tahminleri için yol g¶sterici olmaktadır.

Isia vd. (2022), yapmış olduğu çalışmada Malezya'nın Sarawak eyaletindeki kuraklık, SYİ ve Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon Endeksi kullanarak incelemişlerdir. Çalışma, 1981-2020 yılları arasında 33 meteoroloji istasyonundan alınan aylık yağış ve sıcaklık verilerine dayanır. Araştırma, SPEI'nin, SYİ'ye kıyasla, daha uzun zaman dilimlerinde daha şiddetli kuraklıkları ve daha kısa zaman dilimlerinde ılımlı kuraklık d¶nemleri tespit etmede daha etkili olduğunu g¶stermiştir. Ayrıca Korelasyon katsayılarına bakılarak SYİ ve SPEI arasında hidrolojik kuraklık d¶nemlerinde ¶nemli bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Araştırma sonuçları, sıcaklığın kuraklık sınıflandırmasında belirleyici bir fakt¶r olduğunu ve SYİ'nin sadece sıcaklık verisi olmadığında kullanılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Elkollaly vd. (2018), yapmış oldukları çalışmada, Doğu Nil Havzası'nda 1965-2000 yılları arasındaki kuraklığı tespit etmek için SYİ kullanmışlardır. Çalışma, 28 meteorolojik istasyondan alınan aylık yağış verilerine dayanarak, çeşitli zaman dilimlerinde (3, 6, 9, 12 ve 24 ay) SYİ serilerini hesaplamıştır, Sonuçlar, uzun ve kısa yağmurlu mevsimlerde birçok kuraklık olayının meydana geldiğini göstermiştir. Özellikle 1984 yılı, çalışma alanında tespit edilen en şiddetli kurak yıl olmuştur. Bu analiz, kuraklık olaylarının sıklığını, süresini, yoğunluğunu ve havza üzerindeki etkilerini belirlemek için kullanılmıştır. Çalışma ayrıca, kuraklık eğilimlerini incelemek için Mann-Kendall testi uygulanmış ve tüm SYİ zaman dilimleri için istatistiksel olarak anlamlı bir eğilim bulunmadığını belirlemiştir. Bu bulgular, Doğu Nil Havzası'nda su kaynakları yönetimi ve kuraklıkla mücadelede önemli stratejik adımlar atmaya yardımcı olmaktadır.

Rahmat vd. (2012), çalışmada Avustralya'daki Victoria eyaletine ait beş meteoroloji istasyonundan alınan 60 yıldan fazla aylık ortalama yağış verileri kullanılarak SYİ yöntemiyle analiz edilmiş ve elde edilen değerlerle kuraklık trendlerini Mann-Kendall gibi parametrik olmayan testlerle incelenmiştir, 3 aylık ve 12 aylık zaman ölçeklerinde hesaplanan SYİ değerleri, tüm istasyonlar için istatistiksel olarak anlamlı düşüş trendleri göstermiştir. Veri seti 33 yıllık dönemlerle ikiye bölünerek yapılan karşılaştırmada, özellikle son 33 yıl içinde (1977-2010) kuraklık koşullarının daha şiddetli hale geldiği tespit edilmiştir. Ayrıca bu sonuçlar, iklim değişikliğinin sonuçlarıyla ilişkilendirilmiş ve gelecekte kuraklıkların daha yaygın hale gelebileceği öne sürülmüştür.

Zarei (2019), yapmış oldukları araştırmada İran'ın güneyindeki 16 meteoroloji istasyonundan alınan 1980-2014 yılları arası yağış verilerini, SYİ kullanılarak kuraklık desenlerindeki mekansal ve zamansal değişim trendlerini değerlendirmiştir. Sonuçlar, özellikle kış ve yıllık zaman ölçeklerinde kuraklık trendlerinin arttığını göstermiştir. Mekansal desen analizi, tüm kuraklık sınıflarının yüzde alanlarında önemli olmayan değişimler olduğunu, yalnızca nemli sınıfta önemli düzeyde azalma eğilimi olduğunu ortaya koymuştur. Araştırma, bölgedeki kuraklık sınıflarının yüzey alanlarında artan bir eğilim olduğunu ve bu durumun tarım faaliyetleri, doğal kaynakların yönetimi ve su kaynaklarının planlaması üzerinde etkileri olabileceğini belirtmektedir.

Buttafuoco vd. (2015), yapmış olduğu çalışmada Güney İtalya'nın Calabria bölgesinde 1916-2006 yılları arasında, SYİ yöntemi kullanarak kuraklık analizi yapmışlardır. Hem kısa (3 ve 6 ay dönemler) hem de uzun vadeli (12 ve 24 ay dönemler) SYİ hesaplamaları yapılmış ve en şiddetli kuraklık olaylarının mekansal tespiti için jeostatistiksel yaklaşımlar kullanılmıştır. Sonuç olarak Calabria bölgesinde 2001-2002 döneminde Aralık ve Nisan ayları arasında en şiddetli kuraklık olayının yaşandığını göstermiştir. Ayrıca, uzun vadeli SYİ trend analizi yapılarak kuraklık koşullarına doğru bir eğilim olduğunu, ancak bu eğilimin incelenen zaman serisi boyunca sürekli olmadığını ortaya koymuştur.

Türkeş ve Tatlı (2009), yapmış oldukları çalışmada, Türkiye'deki kuraklık olasılıklarını şekillendirmede SYİ ve modifiye edilmiş SYİ'nin kullanımını incelenmiştir. Araştırma, 96 istasyondan alınan aylık toplam yağış serileri üzerinde uygulanan klasik ve modifiye edilmiş SYİ yöntemlerinin karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Sonuçlar, özellikle Kilis ve Rize istasyonlarında 1, 6, 12 ve 48 aylık SYİ değerlerinin uzun vadeli olasılıklarının incelenmesiyle, modifiye edilmiş SYİ metodolojisinin, klasik yöntemle kıyasla özellikle son derece kurak, şiddetli kurak ve son derece yağışlı durumlar için önemli ölçüde daha yüksek olasılıklar sunduğunu göstermektedir. Ayrıca, Türkiye üzerindeki yağış anomalilerinin büyüklükleri ve mekansal değişkenliği, Şubat 2006 ve Ağustos 2006 için hesaplanan 1, 3, 6, 12 ve 48 aylık SYİ değerleriyle incelenmiştir. Çalışma, önerilen SYİ metodolojisinin, Türkiye'deki aşırı yağış koşullarını daha tatmin edici bir şekilde yakaladığını ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, özellikle aşırı kuru ve yağışlı koşulları yakalamada klasik SYİ'ye göre önerilen yöntemin avantajları olduğunu göstermektedir.

Shah vd. (2015), yapmış oldukları çalışmada Hindistan'ın Gujarat eyaleti için 1971-2010 yılları arasında SYİ metodunu kullanarak kuraklık endeksini hesaplamayı ve gerçek kuraklık durumlarıyla karşılaştırmayı içermektedir. Çalışma, SYİ değerlerini 12 aylık zaman ölçeği bazında hesaplayarak, bu değerlerin normalden kurak ve normalden yağışlı koşulları yansıttığını ortaya koymuştur. SYİ metodunun sonuçları, gerçek kuraklık olaylarıyla benzer sonuçlar göstermiş ve böylece SYİ metodunun, yalnızca yağış verilerini kullanarak tarımsal uygulamalar için uygun ve etkili bir yöntem olduğunu kanıtlamıştır. Özellikle 1974, 1985,

1987, 1989, 1991 ve 1995 yılları, SYİ metoduna göre ılıman kurak ile son derece kurak kuraklık yılları olarak belirlenmiştir.

Zhim vd. (2019), yapmış oldukları çalışmada, Fas'taki Oum Er-Rbia havzasında yağış zaman serilerinin analizi ve SYİ kullanılarak bölgesel kuraklık analizi yapmışlardır. 42 yıl (1970-2011) boyunca 25 meteoroloji istasyonundan elde edilen verilerle homojen olan bir yağış veri tabanı geliştirilmiş ve SYİ hesaplanarak kuraklık karakteristikleri (frekans ve süre gibi) tahmin edilmiştir. Araştırma sonuçları, belirtilen zaman aralıklarında çeşitli yoğunluklarda kurak dönemlerin meydana geldiğini ve havzanın kuraklığa karşı git gide daha savunmasız hale geldiğini göstermektedir. Bu bulgular, Oum Er Rbia havzasında ve benzeri bölgelerde su kaynakları yönetimi ve kuraklığı hafifletme stratejilerinin geliştirilmesine katkı sunmaktadır.

Patel vd. (2007), yapmış olduğu çalışmada Hindistan'ın Gujarat eyaletindeki kurak ve yarı-kurak bölgelerde mevsimsel ölçekte meteorolojik kuraklığın mekansal ve zamansal değişkenliğini SYİ kullanarak incelemişlerdir. Araştırma, 3 aylık zaman ölçeğinde SYİ'nin Gujarat'taki mevsimsel kuraklık desenlerini zaman ve mekân üzerinde etkili bir şekilde yakaladığını göstermektedir. Özellikle, 1987 yılının son 20 yılın en şiddetli kuraklığı olarak kategorize edilmiştir. Ayrıca, çalışma 3 aylık Eylül SYİ değerlerinin, kuraklık eğilimli bölgelerdeki tahıl üretimiyle ilişkili anomaliyi belirlemede iyi bir gösterge olduğu sonucuna varmaktadır.

Pashiardis vd. (2008), yapmış oldukları çalışmada Kıbrıs adasında yağış rejiminin ve kuraklık endekslerinin SYİ ve Reconnaissance kuraklık indeksi kullanarak analizini yapmışlardır. Çalışmada adanın yağış dağılımını, su talebini ve arzını incelerken, aynı zamanda 1971-2008 yılları arasında Kıbrıs'ta yaşanan 9 yıllık kuraklık durumunu ve bu olayların ekonomi, sosyal yaşam ve çevre üzerindeki etkilerini belirtmektedir.

Khan vd. (2008), Avustralya'nın Murray-Darling Havzası'ndaki üç farklı sulama sahasında yağışın yeraltı su seviyeleri üzerindeki etkisini değerlendirmek ve kuraklığı izlemek için SYİ kullanmışlardır. Araştırmada, SYİ'nin yağış değişkenliğini niceliksel

olarak belirlemede ve yüzeysel yeraltı su seviyelerindeki değişikliklerle ilişkilendirilmesinde etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle Murrumbidgee Sulama Alanı'ndaki kış yağışındaki değişikliklerle yeraltı su seviyelerindeki dalgalanmalar arasında güçlü bir korelasyon tespit edilmiştir. Araştırma ayrıca, SYİ ile yeraltı su seviyeleri arasındaki ilişkinin, sulama yönetimi uygulamalarındaki iyileştirmeler ve yeraltı suyu yeniden şarj ve deşarj süreçlerinin karmaşıklığı gibi faktörlere bağlı olarak farklılık gösterdiğini vurgulamışlardır.

Di Lena vd. (2014), yapmış oldukları çalışmada İtalya'nın Abruzzo bölgesinde kuraklık olaylarının mekansal ve zamansal değişkenliğini SYİ kullanarak analiz etmişlerdir. 1951-2009 yılları arasındaki aylık yağış verileri, bölge genelinde dağılmış 69 iklim istasyonundan toplanmıştır. Analiz, kuraklık olaylarının sıklığı, süresi ve şiddeti üzerine odaklanmış ve SYİ'nin farklı zaman ölçeklerinde hesaplanmasıyla elde edilen sonuçlar, kuraklığın mekansal desenlerini ve zaman içindeki evrimini belirlemek için kullanılmıştır. Bulgular, kuraklık olaylarının bölgede önemli mekansal ve zamansal değişkenlik gösterdiğini ve bu değişkenliğin su kaynakları yönetimi ve kuraklıkla mücadele stratejileri için önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Achour vd. (2020), yapmış oldukları çalışmada Kuzeybatı Cezayir ovasında kuraklık olaylarının mekansal ve zamansal analizini ve tahminini SYİ kullanarak gerçekleştirmişlerdir. 1960-2010 yılları arasında yedi ovada toplanan aylık yağış verileri üzerinden yapılan analizler, bu bölgelerin ciddi kuraklık etkilerine maruz kaldığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, iki aylık öncül süreyle kuraklık tahmini yapabilmek için yapay sinir ağları (YSA) modeli kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, SYİ değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde (3, 6, 9 ve 12 ay) kuraklığın şiddetini etkili bir şekilde yansıttığını ve YSA modelinin kuraklık tahmininde yüksek doğruluk sağladığını göstermektedir. Bu çalışma, bölgedeki su kaynakları yönetimi ve kuraklıkla mücadele stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

2.2. Optimum Bitki Deseni

Su yapıları; yani barajlar, göletler veya düzenleyiciler, ülkeler için oldukça büyük yatırımlardır. Su yapılarının inşaatları için büyük bütçeler gerekmekte ve projelerden maksimum gelir elde edilmesi beklenmektedir. Minimum maliyetle maksimum gelirin maksimum kazanç getirdiği bilindiğinden, maliyetli yapıların kesin projelendirilmesi ve inşaatı yapılmadan önce optimizasyon çalışmalarının düşük maliyetli mühendislik hizmetleri ile yapılması önemli bir kazanç sağlamaktadır.

Bu çalışma kapsamında, amaç maksimum kazanç sağlayan optimum bitki desenini belirleyen Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı bir model oluşturmaktır. CBS kullanılarak oluşturulan bu model farklı projelerde kullanılabilir olacaktır. CBS eklentisi optimizasyon modelini içermektedir. Bu nedenle optimizasyon tekniklerinin kullanıldığı çalışmalar gözden geçirilmiştir.

Ülkemizde genellikle doğrusal programlama tekniği kullanılarak optimum bitki deseni alternatif planlar veya senaryolar şeklinde elde edilmiştir (Benli ve Erözel, 1980; Şahin ve Hanay, 1996).

Doğrusal programlama, belirli bir hedef fonksiyonunun maksimizasyonu veya minimizasyonu amacıyla, doğrusal ilişkilerle ifade edilen kısıtlar altında optimal çözümün elde edilmesini sağlayan matematiksel bir yöntemdir. Bu yöntem, hedef fonksiyonunun ve kısıtların doğrusal eşitlikler ve/veya doğrusal eşitsizlikler şeklinde ifade edilmesiyle, karar değişkenlerinin en uygun değerlerinin tespit edilmesi hedefine dayanır (Kodal, 2003).

Artan nüfus, endüstriyel ve tarımsal su talebi ile su kaynaklarının sektörel olarak optimal olmayan dağılımı, tarımsal arz ve talep arasında bir dengesizlik yaratmaktadır. Bu durum, özellikle kurak dönemlerde çiftçilerin üretim kararlarına yönelik belirsizlikler oluşturmakta ve hangi ürünlerin yetiştirilmesi gerektiği konusunda belirsizliklere neden olmaktadır. Dolayısıyla, mevcut arazi ve su kaynaklarını en etkin şekilde kullanarak

maksimum geliri sağlamak amacıyla optimizasyon çalışmalarının yapılması büyük önem taşımaktadır (Bhuvandas vd., 2010).

Optimizasyon problemlerinin çözümünde matematiksel modelleme yöntemleri arasında doğrusal programlama, dinamik programlama ve genetik algoritmalar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemler içerisinde, kaynakların tahsis edilmesinde orantılı bir yaklaşım sunması nedeniyle doğrusal programlama modeli öne çıkmaktadır. Doğrusal programlama, uygulanan çok sayıda kısıtın optimizasyon sürecine etkin bir katkı sağlaması sebebiyle tercih edilmektedir (Hall ve Dracup, 1970).

Ağlamış vd. (1997), Devlet Su İşleri tarafından 1971 yılında işletmeye açılan Ankara Mürted Sulama kapsamında optimum sulama alanı ve bitki desenlerinin saptanmasıyla su kullanım randımanlarını artırmayı amaçlamışlardır. Bu kapsamda, doğrusal programlama yöntemi kullanılarak su iletim sistemlerinin ve tarla içi su dağıtım sistemlerinin geliştirilmesine yönelik analizler yapılmış. Ayrıca, FAO tarafından geliştirilen CropWat bilgisayar programı aracılığıyla, proje kapsamında yetiştirilen bitkilerin net sulama suyu gereksinimleri Penman-Monteith yöntemine göre hesaplanmıştır. Ayrıca projenin ekonomik analizi yapılmış ve çeşitli bitkilere ilişkin optimum sulama programları oluşturulmuştur. Yapılan çalışmada, su iletim ve uygulama randımanlarının düşük olduğu ve belirlenen optimum bitki deseni uygulamasının projeye büyük fayda sağlayacağı saptanmıştır.

Selenay (2001), yapmış olduğu çalışmada GAP-Fırat Sulama Bölgesi'nde çeşitli su kapasiteleri altında tarımsal üretim için optimizasyon modeli oluşturmuştur. Bu optimizasyon su kaynaklarının değişken koşullar altında en etkili şekilde kullanılmasını ve tarımsal üretimde maksimum verimliliği sağlamayı amaçlamaktadır. Çalışma, doğrusal programlama tekniğini kullanarak, su kaynağı kapasitesine göre değişen sulama programlarını ve optimum bitki desenlerini belirlemiştir. Araştırma kapsamında, çeşitli su kapasiteleri (yeterli su, %80, %60, %40 gibi kısıtlı su koşulları) altında bitki başına elde edilen sulama programları ve bu programların bitkilerin gerçek verimine (Y_a) ve maksimum verime (Y_m) oranlarına (Y_a/Y_m) göre etkileri incelenmiştir.

Benli ve Kodal (2003), gerçekleştirdikleri araştırmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesi için özelleştirilmiş bir doğrusal olmayan optimizasyon metodu geliştirerek, en uygun bitki yetiştirme düzenini incelemişlerdir. Araştırmada, su kaynaklarının potansiyeli ve bitkisel üretimin verimliliği gibi faktörler, yeterli ve sınırlı sulama koşullarına göre değerlendirilmiş ve bu veriler MS-Excel ve Lindo yazılımına entegre edilmiştir. Çalışmanın amacı hem doğrusal hem de doğrusal olmayan modelleri kullanarak, aynı hedef fonksiyonu ve kısıtlamalar altında en ideal bitki ekim alanı dağılımını tespit etmektir. Bulgu olarak, sınırlı sulama şartlarında, doğrusal olmayan modelin uygulanmasıyla elde edilen net kazancın, doğrusal modele göre daha yüksek olduğu ortaya konmuştur.

Itoh vd. (2003), tarafından yapılan araştırmada, tarım ürünlerinin fiyatlarının gelecekteki meteorolojik değişkenlere bağlı olarak dalgalanabileceği belirtilmiştir. Bu bağlamda, sabit katsayılara dayanan doğrusal programlama modelinin, karar alma süreçlerini gerçekçi bir şekilde yansıtamayacağı vurgulanmıştır. Araştırmacılar, bu sebeple, meteorolojik değişkenlerin gelecekteki belirsizliklerini içerebilen bu modellerin doğrusal programlama tekniklerine alternatif olarak kullanılmasını önermişlerdir.

Demir (2005), gerçekleştirdiği çalışmada, çeşitli ölçeklerdeki sulu tarım işletmelerini ele alarak, yatırım, modernizasyon ve işletme-bakım-yönetim giderlerinin yanı sıra, su şebekesi kapasitesi, su kaynaklarının mevcudiyeti ve işgücü gibi kısıtlar dâhilinde, gravite ve basınçlı sulama tekniklerini kullanarak en uygun bitki yetiştirme düzenini doğrusal programlama yöntemiyle analiz etmiştir.

Kızıloğlu vd. (2006), yapmış oldukları çalışmada, Erzurum Daphan Ovası'ndaki 9907,5 hektarlık sulanan alanda yetiştirilen bitkiler için mevsimlik su ihtiyaçları, arazi büyüklüğü, su kaynakları, ekilebilecek maksimum ve minimum alanlar, birim alan başına elde edilen toplam ve net kazançlar dikkate alınmıştır. Bu verilerle, kurak, ortalama ve yağışlı yıllar için optimum bitki desenleri doğrusal programlama metodu kullanılarak tespit edilmiştir. Analizde Qsbwin yazılımı tercih edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, kurak yıllarda en yüksek kazancı sağlayan bitki deseni %50 yem bitkileri, %19,4 tahıllar, %26,6 endüstriyel bitkiler, %2 lahana ve %2 kavun-karpuz; ortalama ve yağışlı yıllarda ise %45

yem bitkileri, %19,4 tahıllar, %31,6 endüstriyel bitkiler, %2 lahana ve %2 kavun-karpuz olarak belirlenmiştir.

Nimetoğlu (2006), yapmış olduğu çalışmada, Yaylak Proje Alanı'ndaki bitkiler için yeterli ve kısıtlı sulama koşullarında sulama takvimlerinin oluşturulması ve bir orta ölçekli tarım işletmesinde, yeterli ve kısıtlı su kaynakları altında en uygun bitki yetiştirme modelinin tespit edilmesi amacıyla doğrusal programlama yöntemini kullanmıştır.

Fayrap ve Kızıloğlu (2010), gerçekleştirdikleri çalışmada, Demirdöven sulama şebekesi kapsamında sulanabilen 8328 hektarlık bir alanda yetiştirilen bitkilerin mevsimsel su ihtiyaçları, arazi büyüklükleri, su kaynakları, bitkilerin ekilebileceği azami ve asgari alanlar, birim alan başına düşen toplam ve net kazançlar göz önünde bulundurularak, doğrusal programlama yöntemi ile kurak, ortalama ve yağışlı dönemler için en uygun bitki ekim planları oluşturulmuştur. Analizlerde Qsbwin yazılımı tercih edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; kurak dönemde en yüksek geliri sağlayan bitki deseni %32,94 yem bitkileri, %25 tahıl, %25 endüstri bitkileri, %2 lahana ve %5,06 kavun-karpuz; ortalama bir yılda %37,39 yem bitkileri, %25 tahıl, %25,61 endüstri bitkileri, %4 lahana ve %8 kavun-karpuz; yağışlı bir yılda ise %43 yem bitkileri, %16,59 tahıl, %28,41 endüstri bitkileri, %4 lahana ve %8 kavun-karpuz şeklinde saptanmıştır. Kurak dönemlerde ekilebilir alan oranının %90 seviyesinde olduğu tespit edilmiştir.

Soltani vd. (2011), yürüttükleri araştırmada, İran'ın Bardsir bölgesinde tarımsal üretimi ve net kazancı maksimize ederken, işgücü, su ve makine kullanımı gibi girdileri minimize etmek amacıyla Bulanık Mantık ve Doğrusal Programlama yöntemlerine dayalı çeşitli modeller geliştirilmiş ve bu modellerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler, Bulanık Mantık yaklaşımının, Doğrusal Programlama metoduna kıyasla net geliri daha fazla arttırdığını ortaya koymuştur.

Sadati vd. (2014), yaptıkları çalışmada, İran'ın güneybatı bölgesinde konumlanmış olan Doroudzan Barajı'nın çevresindeki su kaynaklarının idaresine yönelik en uygun stratejilerin ve tarımsal üretimde benimsenecek en uygun bitki desenlerinin tespit edilmesi

amacıyla, toprak ve su dengesine dayalı bir yaklaşım benimsenmiştir. Bu kapsamda, doğrusal olmayan dinamikler içeren bu problemi çözmek üzere, genetik algoritma temelli bir optimizasyon modeli geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Söz konusu model hem rezervuar yönetimi hem de tarımsal planlama açısından optimal çözümlerin elde edilmesinde bütünsel bir yaklaşım sunmakta, bu sayede bölgedeki kıt su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine katkı sağlamaktadır.

Lalehzari vd. (2016), çalışmalarında, özellikle kurak ve yarı kurak iklim koşullarına sahip bölgelerde su kaynaklarının kısıtlı olduğu durumlarda suyun en etkin biçimde kullanılabilmesi amacıyla çok kriterli bir programlama modeli tasarlamış ve geliştirmiştir. Bu modelin pratikteki uygulanabilirliği ve etkinliği, İran'ın Khuzestan eyaletinde yer alan ve su kıtlığının önemli bir sorun teşkil ettiği Baghmalek ovası gibi bir pilot bölgede detaylı bir şekilde incelenmiştir. Araştırma kapsamında önerilen model, yeraltı suyunun sürdürülebilir kullanımı, ekonomik etkinlik ve evapotranspirasyon gibi çeşitli kritik parametreleri dikkate alarak, su kullanımının verimliliğini ve tarımsal faaliyetlerden elde edilen net faydayı maksimize etmeye yönelik olarak tasarlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda, Baskın Olmayan Sıralama Genetik Algoritması olarak bilinen gelişmiş bir evrimsel algoritma kullanılarak, iki farklı amaç fonksiyonunun entegre edildiği bir optimizasyon çerçevesi geliştirilmiştir. Bu çerçeve, su kaynaklarının yönetiminde karşılaşılan çok boyutlu zorlukların üstesinden gelmekte ve bölgenin su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine katkıda bulunmaktadır.

Özcan (2017), gerçekleştirdiği araştırmada, Tekirdağ bölgesinde yer alan Çimendere-1, Çimendere-2, Gözsüz, Karaevli, Hüsünlü ve Kılavuzlu isimli göletlerin çevresindeki tarımsal alanlarda uygulanabilecek optimum bitki desenlerinin belirlenmesi amacıyla, doğrusal ve doğrusal olmayan programlama tekniklerine dayalı iki farklı amaç fonksiyonu tasarlanmıştır. Bu amaç fonksiyonlarının çözümlemesi Microsoft Excel–Solver eklentisi aracılığıyla, Simplex algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşım, söz konusu göletlerin su kaynaklarının tarımsal üretimde daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasına olanak tanımış, böylece hem tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin sağlanması hem de bölgesel kalkınmanın desteklenmesi açısından önemli bir katkı sunmuştur.

Osama vd. (2017), Mısırda yaptıkları çalışmada, üç farklı tarım alanını kapsayacak şekilde, bölgelerde yetiştirilen ürünlerin coğrafi dağılımı, sulama suyu ihtiyaçları, ürünlerin verimlilik düzeyleri ve bölgesel gıda taleplerini temel almıştır. Araştırmanın amacı, bu faktörleri bir araya getirerek, çiftçilerin yıllık gelirlerini en yüksek seviyeye çıkarabilecekleri bir tarım deseni oluşturmak için bir doğrusal programlama modeli geliştirmektir. Bu model, bölgeye özgü tarım kültürünün daha verimli ve kârlı hale getirilmesine yardımcı olması için tasarlanmıştır ve böylelikle hem bölgesel gıda ihtiyacının karşılanmasına katkıda bulunması hem de tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini desteklenmesi hedeflenmiştir.

Varade ve Patel (2018), yaptıkları çalışmada, yüzey suyunun kıt olduğu ve yağış miktarlarının belirsizlik gösterdiği Sinnar Taluka bölgesinde, yıllık net geliri en üst düzeye çıkaracak, aynı zamanda yeraltı su kaynaklarının korunmasına katkı sağlayacak ve tarımsal üretim için en uygun ekim alanlarını tespit edecek bir optimum bitki deseni geliştirme amacı güdülmüştür. Bu hedefler doğrultusunda, Jaya ve Parçacık Sürü Optimizasyon algoritmaları temel alınarak bir optimizasyon modeli tasarlanmıştır. Araştırma, Jaya algoritmasının, Parçacık Sürü Optimizasyon algoritmasına kıyasla, belirtilen koşullar altında daha üstün performans sergilediğini ortaya koymuştur. Bu bulgu, tarımsal planlama ve su kaynaklarının yönetimi alanında algoritmik yaklaşımların etkinliğini ve önemini vurgulamaktadır.

Ikudayisi vd. (2018), yaptıkları çalışmada, sulama suyunun dağıtımını minimize etmeyi ve tarımsal ürünlerin net kazancını maksimize etmeyi hedefleyen yeni bir model geliştirmiştir. Önerilen model, Güney Afrika'daki Vaalharts 8 sulama bölgesinde 100 hektarlık arazi üzerinde yetiştirilen mısır, patates ve yer fıstığı gibi üç farklı ürün için kısıtlı sulama suyu kaynaklarının etkin dağılımını ve optimal bitki desenini belirlemek üzere tasarlanmıştır. Bu amaçla, Pareto tabanlı çok amaçlı Doğal Genetik Algoritma kullanılarak bir optimizasyon modeli önerilmiş ve uygulanmıştır.

Fereidoon ve Koch (2018), tarafından yürütülen çalışma, modern parçacık Sürü Optimizasyonu adında bütünleşmiş bir simülasyon ve optimizasyon aracının geliştirilmesine odaklanmıştır. Bu gelişmiş model, İran'ın Karkheh Nehri Havzası'nın güneybatı bölgesinde yer alan ve beş ayrı sulama sisteminden yararlanan bir ovanın tarımsal potansiyelini artırma

ve mahsullerin ileriye dönük optimal ekim alanlarını belirleme amacıyla tasarlanmıştır. Modern parçacık sürü optimizasyonu modeli, bölgedeki tarımsal ekonomik faydaları en üst seviyeye çıkaracak stratejilerin geliştirilmesinde kritik bir araç olarak kullanılmıştır, bu da bölgenin tarımsal sürdürülebilirliğine ve verimliliğine önemli katkılarda bulunmuştur.

Mohammadrezapour vd. (2019), gerçekleştirdiği çalışma, İran'ın Qazvin Ovası'nda su kaynaklarının etkin tahsisini ve farklı meteorolojik koşullar altında tarımsal ürünlerin planlanmasını hedeflemektedir. Bu amaç doğrultusunda, Guguk Kuşu Optimizasyon algoritması ve Genetik Algoritma tekniklerini entegre eden bir programlama modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen bu model, bölgedeki su kaynaklarının optimum kullanımını sağlayarak tarımsal üretimde verimliliği artırmayı ve böylece bölgenin sürdürülebilir tarımsal gelişimine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Karaca Bilgen vd. (2019), tarafından yürütülen araştırmada, bitki deseni optimizasyon süreçlerinde, bitkilerin su tüketim değerleri ile üretim maliyetleri ve net gelirlerine ilişkin temel veriler kullanılmıştır. Bitki bazında su tüketim miktarları, Penman-Monteith yöntemi aracılığıyla hesaplanarak, bu veriler on günlük periyotlar halinde düzenlenmiş ve aylık ile mevsimlik su tüketim miktarlarına dönüştürülmüştür. Bitkilerin farklı sulama rejimleri (tam sulama ve %80, %60, %40 oranında kısıntılı sulama) altında sulama zamanlamaları, IRSIS yazılımı kullanılarak sulama programları belirlenmiştir. Her bir bitki türü için, sulama miktarları ve elde edilen verim değerleri üzerinden bir sulama-verim ilişkisi kurulmuştur. Araştırmanın ilerleyen aşamalarında, her bir havza için, mevcut su kaynakları kapasitesine bağlı olarak maksimum işletme gelirini sağlayacak optimum bitki deseninin belirlenmesinde doğrusal olmayan programlama teknikleri kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, incelenen havzalardaki 100 dekar büyüklüğündeki tarım işletmeleri için toplam sulama suyu ihtiyacı ve net gelir değerleri başarıyla tespit edilmiştir.

Kahya (2020), gerçekleştirdiği çalışmada hem yeterli hem de kısıtlı su koşullarında optimal bitki deseninin tespiti için dinamik programlama temelli bir model geliştirmiştir. Bu model, Kırıkhan bölgesindeki sulama alanlarında pratik uygulamalar için tasarlanmış ve test edilmiştir. Modelin amaç fonksiyonu, çeşitli sulama düzeylerinde (%100, %80, %60 ve

%40) bitki ekim alanları, ikinci ürün ekim sınırlamaları ve mevcut sulama suyu hacimleri gibi kısıtlamalar altında tarımsal geliri maksimize etmek üzere belirlenmiştir. Bu amaç fonksiyonu ve ilgili kısıtlamalar, optimum bitki desenlerini farklı su kullanım senaryoları için tespit etmek amacıyla Lindo yazılımına entegre edilmiş ve modelin sonuçları detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Akyüz ve Yıldırım (2022), gerçekleştirdiği çalışmada Çanakkale İli Özbek Ovası'ndaki 12018 dekar alanda, tarımsal işletmelerin yeterli ve kısıtlı su koşullarında optimum bitki desenini belirlemek ve bu şekilde üreticinin gelirini maksimize etmeği amaçlamıştır. Kurak dönemlerde tarımda kullanılan suyun kıt bir kaynak olması nedeniyle suyun optimum koşullarda bitkiye verilmesi büyük önem taşımaktadır. Çalışmada, suyun yeterli ve kısıtlı olduğu durumlar doğrusal programlama yöntemiyle WinQSB programı kullanılarak incelenmiştir. Bu alan içerisinde iki farklı ölçekli işletme ele alınmış ve bu işletmelerde farklı iklim koşullarında bitki su ihtiyacının %100, %80 ve %50 oranlarında karşılandığı senaryolar doğrusal programlama ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak 61 dekar alana sahip bir işletmede optimum bitki deseniyle gelirden %97.48 artış sağlanabilirken, 158 dekar alana sahip diğer işletmede %77.19 gelir artışı elde edilebileceği belirlenmiştir. Optimum bitki desenleri buğday, çeltik, patlıcan, şeftali, kiraz, elma ve ikinci ürün olarak silajlık mısır gibi bitkileri içermektedir. Çalışmada, suyun bilinçli kullanımı ve doğru bitki deseni seçimi ile tarımsal verimliliğin artırılabilirliği vurgulanmıştır. Ayrıca, doğrusal programlama gibi matematiksel modellerin sulama yönetiminde güçlü bir araç olduğu sonucuna varılmıştır.

Söz konusu çalışmaların birçoğu belirli havza ve sulama sahalarına yönelik olarak bir bölümü de bilgisayar destekli veya farklı yazılım ve teknikler ve paket programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar incelendiğinde tarım için önemli olan coğrafi tabanlı katman verilerinin kullanıldığı ve her havza için çalıştırılacak sabit bir program geliştirilmiş olduğu saptanmamıştır. Bu çalışmada CBS tabanlı çiftçi isteklerini göz önünde bulunduran bir optimizasyon modeli geliştirilmesi hedeflenmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

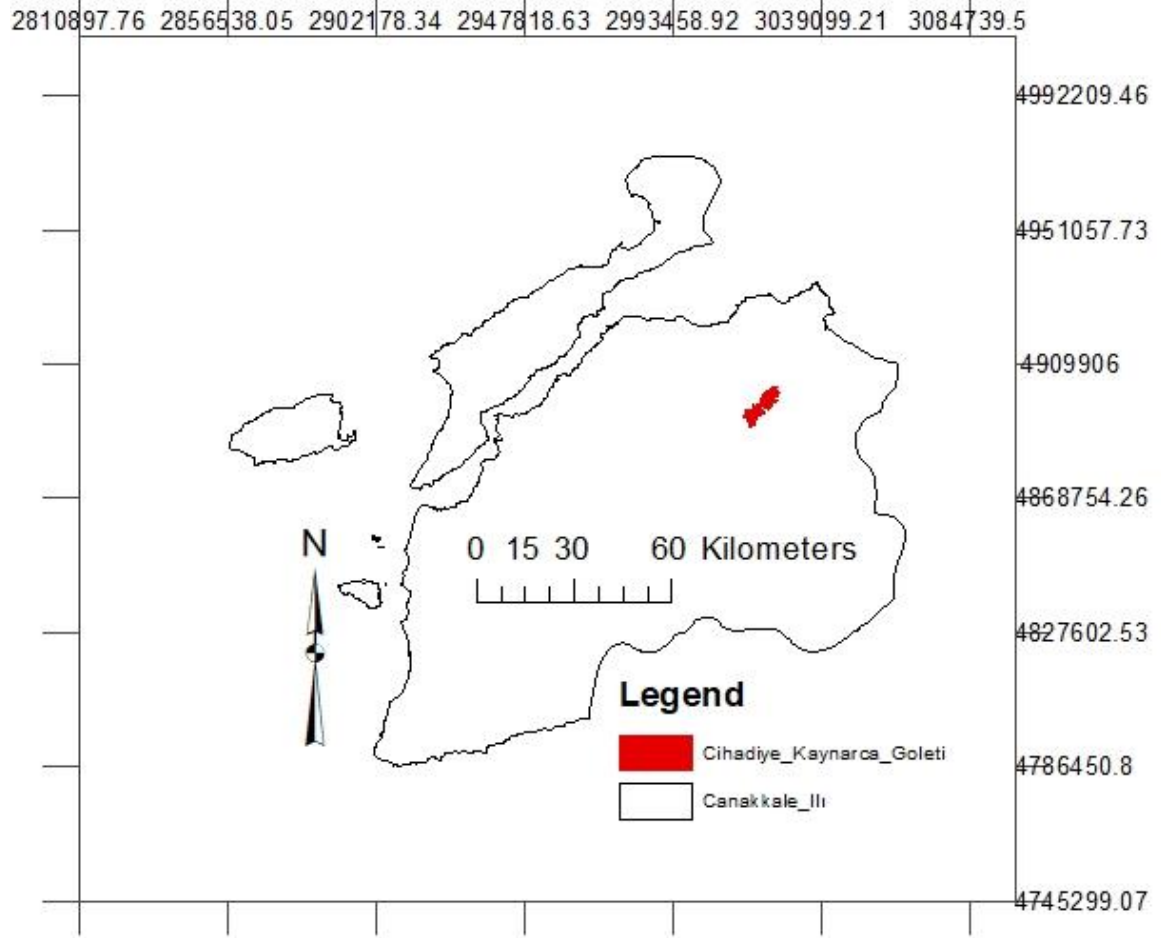
MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışma, Çanakkale ili Biga ilçesinde bulunan Cihadiye Kaynarca Göleti sulama sahasında yürütülmüştür. Cihadiye Kaynarca Göleti, Cihadiye Kaynarca Sulama Birliği tarafından yönetilmektedir ve toplam 19119,2 dekarlık bir alanın tarımsal su ihtiyacı karşılamaktadır. Çalışma kapsamında Çanakkale merkez meteoroloji istasyonu dikkate alınarak kuraklık analizi yapılmış ve değerlendirilmiş, akabinde tarımsal işletmelerin büyüklükleri, tarımsal işletmelerde yetiştirilen bitkilerin mevsimlik su gereksinimleri, bitkilerin ekilebileceği maksimum ve minimum alan büyüklükleri, birim alanda elde edilen toplam ve brüt kar miktarları dikkate alınarak, doğrusal programlama yaklaşımıyla tarımsal işletme sahiplerinin yetiştirmek istedikleri ürün desenine göre parsel bazlı bir optimizasyon modeli oluşturulmuştur. Sulama sahasındaki bitki deseni senaryoları belirlenmeye çalışılmıştır.

3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Yapısı

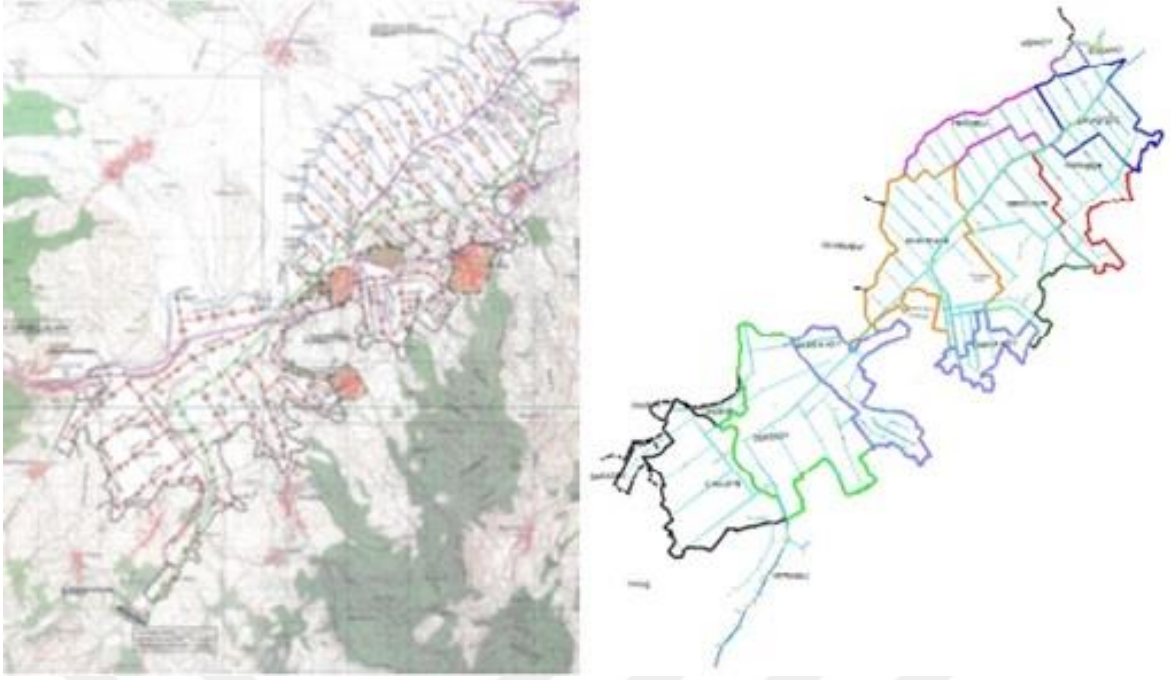
Çanakkale ili Biga ilçesinde bulunan Cihadiye Kaynarca Gölet'inin konumu 40° 10' 20" Kuzey enleminde ve 27° 05' 39" Doğu boylamındadır ve Çanakkale merkeze 59 km mesafededir.



Şekil 1. Cihadiye kaynarca göleti konumu

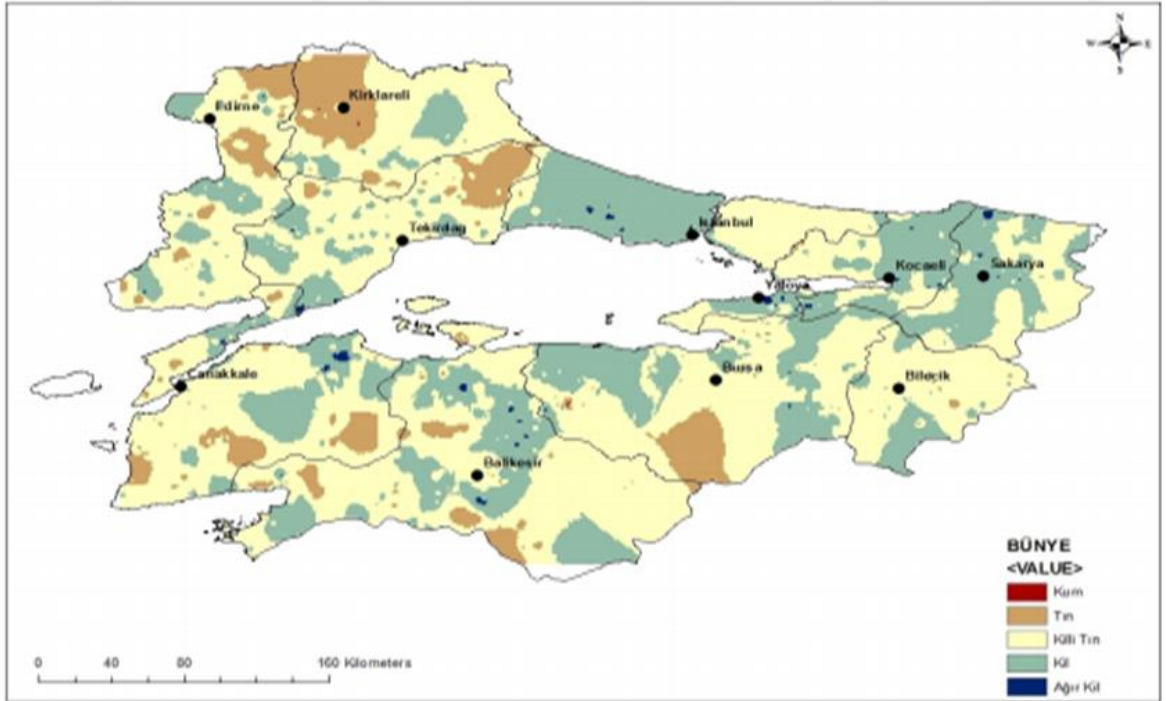
3.1.2. Çalışma Alanın Toprak Yapısı ve Özellikleri

Marmara bölgesine ait toprak bünyelerini gösteren harita Şekil 2’de verilmiştir. Harita incelendiğinde en fazla alanı %43,7 ile killi tınlı topraklar oluşturmaktadır ve killi topraklar %34,5 tınlı topraklar %16,5 ağır killi topraklar %4,8 olarak bu sıralamayı izlemektedir (Taşova ve Akın, 2013). Marmara bölgesi toprak bünye haritasına bakıldığında Çanakkale İli Biga İlçesine ait toprak yapısının killi-tın olduğu tespit edilmiştir. Ayyıldız (1990)’da toprak bünyelerinin özelliklerinden yararlanarak, Cihadiye Kaynarca Göleti sulama sahasının toprak bünyesi killi-tın olduğundan tarla kapasitesi %33 solma noktası %19 alınmış, su tutma kapasitesi 140 mm /m, infiltrasyon hızı ise 167 mm/gün olarak kabul edilmiştir.



Şekil 2. Marmara bölgesi topraklarının bünye haritası (Taşova ve Akın, 2013)

Cihadiye Kaynarca Göleti'nin rezervuar alanı 251,40 km², yıllık ortalama akım 63,83 hm³'tür. Göletin aktif hacmi 126,475 hm³ ve ölü hacmi 4,420 hm³'tür. Barajın sulama hattı boyu 12,625 km olup toplam sulanan alan 19119,2 da' dır.



Şekil 3. Cihadiye Kaynarca Göleti planı

3.1.3. Sulama Sahasındaki Bitki Deseni

Sulama sahasındaki bitkilerin yıllara göre oranları değişmekle birlikte 2016 yılında faaliyete giren baraj sayesinde sahada kuru tarım yapılmamaktadır. Tablo 1’de 2020-2023 yılları arasındaki tarımsal işletme sahiplerinin yetiştirdikleri ürünler dikkate alınarak bitki deseni oluşturulmuş ve 3 yıllık ortalama değerler dikkate alınmıştır. Tarımsal işletme sahiplerinin yetiştirdiği başlıca ürünlerin yetiştirildiği alan ve ortalama verim değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Genellikle yem bitkileri kışlık ekim olarak yapılmaktadır ve 13261,37’da alanda yetiştiriciliği yapılan tarla bitkileri arasında sırasıyla ayçiçeği, mısır, arpa, yonca ve çeltik yer almaktadır. Yetiştiriciliği yapılan diğer bitkiler ise meyve ve sebze olarak armut, biber, ceviz, domates, karpuz’ dur.

Tablo 1

2020-2023 yılları ortalama bitki deseni alanları ve verimleri

Ürün	Toplam (da)	Verim (kg/da)
ARMUT	137,16	1080
ARPA	73,43	550
AYÇİÇEĞİ	2209	351
BİBER	772,6	3500
CEVİZ	381,36	1800
ÇELTİK	3799,04	790
DOMATES	25,66	8000
FASULYE	132,67	1000
KARPUZ	20,19	3000
KAVUN	4,66	1500
MISIR	8016,92	850
ŞEFTALİ	80,94	1600
HIYAR	61,86	5800
YONCA	891,37	6000
YULAF	260,52	350
NADAS	4240,75	-
TOPLAM	19119,22	

3.1.4. İklim Verileri

Çanakkale İlının iklimi, bulunduğu coğrafi konum sebebiyle geçiş iklim özellikleri gösterir ve genellikle Akdeniz iklimine yakın özellik göstermektedir. Bununla birlikte

Çanakkale ili nispeten kuzeyde yer aldığından kış aylarındaki ortalama sıcaklıkları düşüktür. Tablo 2’de verilen uzun yıllar iklim verileri incelendiğinde Çanakkale için en soğuk ay olan ocak ayı ortalama sıcaklığı 6,3 °C, en sıcak ay olan temmuz ve ağustos aylarının ise ortalama sıcaklığı 25,1°C’dir. Yıllık ortalama sıcaklık 15,2 °C ve yıllık ortalama toplam yağış 625,5 mm’dir. Yağışların büyük miktarı kış aylarındadır. Yaz yağışlarını ise yıllık toplam yağışlarla kıyaslanırsa toplam yağışın %7,75’i kadardır (Anonim, 2021).

İklim verileri incelendiğinde bitkilerin gelişim döneminde ve bitkinin en çok sulama suyuna ihtiyaç duyduğu Mayıs-Eylül aylarında yağışlar daha azdır. Bitkilerin su tüketimlerinin fazla olan aylarda yağışın az olması sulamayı zorunlu kılmaktadır.

Tablo 2
Çanakkale uzun yıllar (1928-2021) ortalama iklim verileri (Anonim, 2021)

ÇANAKKALE	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	6,3	6,7	8,4	12,6	17,6	22,2	25,1	25,1	21,1	16,3	12,1	8,4	15,2
En Yüksek Sıcaklıkların Ortalaması (°C)	9,6	10,2	12,5	17,2	22,7	27,7	30,7	30,7	26,4	20,8	16,0	11,7	19,7
En Düşük Sıcaklıkların Ortalaması (°C)	3,2	3,4	4,7	8,3	12,7	16,6	19,3	19,6	16,1	12,2	8,6	5,4	10,8
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3,2	4,4	5,4	7,3	9,3	11,0	11,8	11,2	9,0	6,3	4,3	3,1	7,2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12,76	11,29	10,8	7,47	6,18	5,59	1,82	1,00	4,24	7,29	7,71	11,53	87,6
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	92,4	72,3	66,0	45,0	30,1	25,7	14,3	9,2	25,0	55,6	84,3	105,6	625,5
En Yüksek Sıcaklık (°C)	20,6	21,3	27,3	30,8	38,9	38,5	39,1	39,7	35,9	31,8	26,2	22,9	39,7
En Düşük Sıcaklık (°C)	-11,0	-11,5	-8,5	-1,6	2,3	6,6	11,2	9,4	5,9	0,4	-7,0	-10,5	-11,5
Günlük Toplam En yüksek Yağış miktarı				Günlük En Hızlı Rüzgâr					En Yüksek Kar				
05/11/1956- 137,8 mm				15/02/1991- 139,3 km/sn					26/01/2006- 63,0 cm				

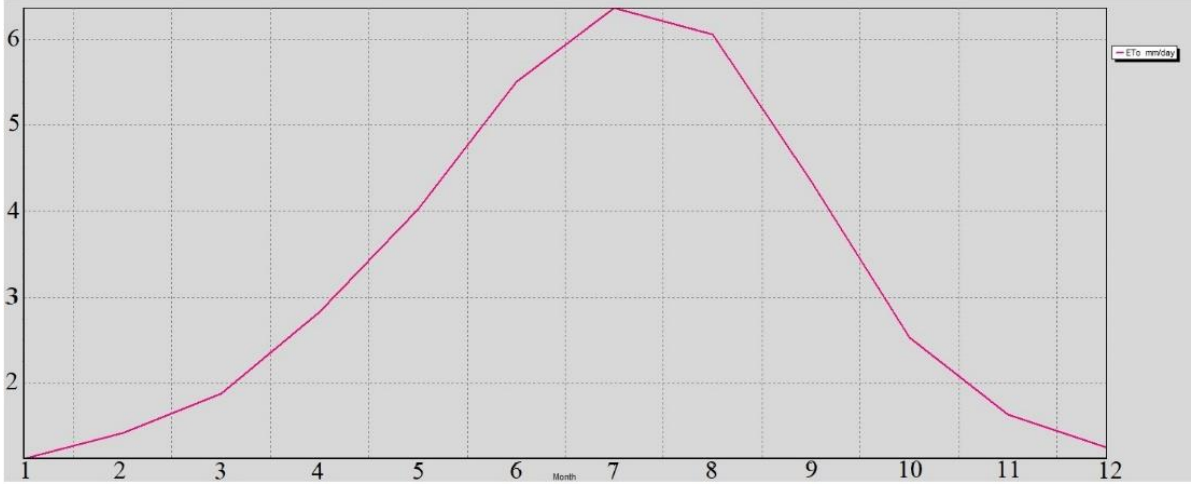
3.2. Yöntem

3.2.1. Referans Bitki Su Tüketimi (ET_o) Hesabı ve Su-Verim İlişkisi

Cihadiye Kaynarca Göleti Sulama sahasındaki bitki deseni dikkate alındığında modelde yer alacak 15 bitki çeşidinin bitki su tüketimleri, sulama zamanı ve sulama suyu miktarlarının belirlenmesinde CropWat 8.0 programı kullanılmıştır. CropWat 8.0 programı yardımıyla Penman-Monteith (FAO modifikasyonu) yöntemiyle uygun sulama suyu miktarları ve sulama programları hesaplanmıştır. Cihadiye Kaynarca Göleti sulama sahasında optimum bitki deseninin belirlenebilmesi için öncelikle Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen Çanakkale merkez meteoroloji istasyonuna ait iklim verilerinden ortalama sıcaklık, nem, rüzgâr hızı, güneşlenme süresi aylık olarak programa girilerek hesaplamalar yapılmıştır. Şekil. 4 incelendiğinde Referans Bitki Su Tüketimi (ET_o) değeri en fazla Temmuz ayında belirlenmiştir.

Country	Location 65		Station	CANAKKALE			
Altitude	3	m.	Latitude	40.13	°N	Longitude	26.40 °E
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ET _o
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day
January	3.0	9.5	79	320	2.4	5.7	1.12
February	3.5	10.2	77	354	3.4	8.4	1.42
March	4.7	12.4	75	311	4.1	11.7	1.88
April	8.4	17.2	74	277	6.7	17.5	2.83
May	12.5	22.5	71	233	8.8	22.2	4.02
June	16.3	27.5	63	251	10.7	25.5	5.51
July	18.8	30.2	60	277	11.8	26.7	6.36
August	18.8	29.8	59	285	11.4	24.4	6.05
September	15.5	26.2	64	277	8.5	17.8	4.35
October	11.5	20.4	73	277	5.7	11.4	2.53
November	8.3	15.9	76	285	3.8	7.2	1.64
December	5.3	11.8	78	328	2.4	5.2	1.25
Average	10.6	19.5	71	289	6.6	15.3	3.25

Şekil 4. Referans bitki su tüketimi (ET_o) değerleri



Şekil 5. Referans bitki su tüketimi (ET_o) değerlerinin aylara göre dağılımı

Su kaynağındaki su kapasitesi yetersiz olduğu durumlarda bile sulama sahasına suyun optimum bir şekilde dağıtılması gerekmektedir. Bitkilere su ihtiyacından daha az su verildiğinde verim kaybı meydana gelmektedir ve bitkilerde su-verim ilişkisinin belirlenmesinde Stewart modeli kullanılmıştır. Bu model su verim ilişki faktörü olarak k_y olarak bilinir ve su tasarrufu gerektiğinde hesaplanmaktadır. k_y değeri küçük olduğu durumlarda sistemden sağlanacak tasarruf fazla olacaktır (Doorenbos ve Kassam, 1986; Raes vd., 1988).

$$1 - \frac{Y_a}{Y_m} = k_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

Y_a = Gerçek verim miktarı (kg/da),

Y_m = Maksimum verim miktarı (kg/da),

k_y = Verim azalma faktörü,

ET_a = Gerçek su tüketim miktarı (mm),

ET_m = Maksimum su tüketim miktarı (mm),

değerlerini göstermektedir. Denklemden yer alan verim azalma faktörü bitkinin türüne ve bitkinin gelişme dönemine göre değişim göstermekte ve deneysel olarak bulunmaktadır

(Doorenbos ve Kassam, 1979). Tablo 3’ de bitkilerin ekim, hasat ve yetişme dönemi tarihleri verilmiştir. Sulama periyodu en uzun olan bitkilerin, çok yıllık bitkiler olduğu görülmektedir.

Tablo 3

Bitkilerin ekim, hasat ve yetişme dönemi tarihleri

Bitki Cinsi	Sulamaya Başlangıç ve Hasat Tarihi	Yetişme Dönemi Uzunluğu (gün)
Armut	01/04-09/11	223
Arpa	11/10-02/06	235
Ayçiçeği	01/03-23/07	145
Biber	15/04-08/09	147
Ceviz	01/04-11/11	225
Çeltik	15/04-29/09	168
Domates	15/04-17/08	125
Fasulye	15/04-22/08	130
Karpuz	15/04-14/08	122
Kavun	15/04-25/08	133
Mısır	15/04-21/09	160
şeftali	01/03-04/10	218
Hıyar	01/05-29/08	126
Yonca	21/03-28/09	192
Yulaf	15/09-06/06	265

Sulama sahasında yetiştiriciliği yapılan bitkilerin Sulama suyu ihtiyaı hesaplama parametreleri Tablo 4’ de verilmiştir. A büyüme devresi bitkinin ekiminden fidelerin çıkışına kadar geçen süreyi kapsar. Bu dönemde bitkinin su ihtiyaı genellikle düşüktür.

B evresinde fidelerin çıkışından büyüme dönemine kadar olan süredir, bitkinin su ihtiyaı bu dönemde artar ve bu dönemin sonuna doğru maksimum seviyeye ulaşır. C evresi ise büyüme döneminden bitkinin olgunlaşma dönemine kadar olan süredir. Bu dönemde bitkinin su ihtiyaı maksimum seviyededir ve sürekli olarak sulama gerektirir. D dönemi ise olgunlaşma döneminden hasat dönemine kadar olan süredir. Bitkinin su ihtiyaı bu dönemde azalır ve hasat yaklaşıkça daha da düşer. Bitkilerin ekim tarihleri ve büyüme devresi uzunlukları, bitki katsayıları (kc), sulanmaya başlanacak toprak nem düzeyleri (P) ve bitki kök derinlikleri (D) gibi veriler TAGEM’in bitki su tüketimi ihtiyaç rehberinden alınmış ve CropWat8.0 programına girilerek sulama suyu ihtiyaı hesaplanmıştır (TAGEM, 2019).

Tablo 4

Sulama suyu ihtiyacı hesaplama parametreleri

Bitki adı, ekim ve hasat tarihi		Büyüme devreleri				Toplam
		A	B	C	D	
ARMUT	BDU (gün)	20	62	103	38	223
	Kc	0,59		0,93	0,67	
	D(m)	1			1	
	P (%)	0,4	0,4	0,4	0,4	
	Ky	1,1	1,1	1,1	1,1	
ARPA	BDU (gün)	30	143	42	20	235
	Kc	0,93		1,12	0,22	
	D(m)	0,15			1	
	P (%)	0,4	0,4	0,4	0,4	
	Ky	0,85	0,85	0,85	0,85	
AYÇİÇEĞİ	BDU (gün)	25	30	60	30	145
	Kc	0,36		1,15	0,35	
	D(m)	0,15			0,90	
	P (%)	0,4	0,4	0,4	0,4	
	Ky	0,9	0,9	0,9	0,9	
BİBER	BDU (gün)	29	30	58	30	147
	Kc	0,47		1,05	0,89	
	D(m)	0,15			0,90	
	P (%)	0,4	0,4	0,4	0,4	
	Ky	1,1	1,1	1,1	1,1	
CEVİZ	BDU (gün)	24	11	154	36	225
	Kc	0,46		1,09	0,6	
	D(m)	1			1	
	P (%)	0,4	0,4	0,4	0,4	
	Ky	1	1	1	1	
ÇELTİK	BDU (gün)	27	33	75	33	168
	Kc	0,75		1,2	0,78	
	D(m)	0,15			0,9	
	P (%)	0,4	0,4	0,4	0,4	
	Ky	1,1	1,1	1,1	1,1	
DOMATES	BDU (gün)	25	30	45	25	125
	Kc	0,5		1,15	0,8	
	D(m)	0,15			0,9	
	P (%)	0,4	0,4	0,4	0,4	
	Ky	1,05				
FASULYE	BDU (gün)	25	35	45	25	130
	Kc	0,43		1,05	0,9	
	D(m)	0,15			0,75	
	P (%)	0,4	0,4	0,4	0,4	
	Ky	1,15	1,15	1,15	1,15	
KARPUZ	BDU (gün)	30	22	41	29	122
	Kc	0,35		1	0,75	
	D(m)	0,15			0,9	
	P (%)	0,4	0,4	0,4	0,4	
	Ky	1,1	1,1	1,1	1,1	

Tablo 4

Sulama suyu ihtiyacı hesaplama parametreleri (devamı)

KAVUN	BDU (gün)	28	37	48	20	133
	Kc	0,42		1,05	0,75	
	D(m)	0,15			0,9	
	P (%)	0,4	0,4	0,4	0,4	
	Ky	1	1	1	1	
MISIR	BDU (gün)	30	40	54	36	160
	Kc	0,29		1,2	0,33	
	D(m)	0,15			0,9	
	P (%)	0,4	0,4	0,4	0,4	
	Ky	1,25	1,25	1,25	1,25	
ŞEFTALİ	BDU (gün)	30	50	98	40	218
	Kc	0,54		0,94	0,71	
	D(m)	1			1	
	P (%)					
	Ky	0,4	0,4	0,4	0,4	
HIYAR	BDU (gün)	25	30	51	20	126
	Kc	0,5		0,99	0,73	
	D(m)	0,15			0,9	
	P (%)	0,4	0,4	0,4	0,4	
	Ky	1,1	1,1	1,1	1,1	
YONCA	BDU (gün)	48	48	48	48	192
	Kc	0,4		1,18	1,13	
	D(m)	1			1	
	P (%)	0,4	0,4	0,4	0,4	
	Ky	1,1	1,1	1,1	1,1	
YULAF	BDU (gün)	55	80	80	50	265
	Kc	0,75		1,14	0,26	
	D(m)	0,15			0,6	
	P (%)	0,4	0,4	0,4	0,4	
	Ky	1,1	1,1	1,1	1,1	

3.2.2. Güvenilir Yağış

Sulama sistemlerinde planlama yapılırken genellikle yağış verilerinin uzun yıllar ortalaması kullanılmaktadır. Uzun yıllar yağış ortalamalarına göre planlanan sistemlerde kurak geçen bir yılda sulama sistemlerinin kapasitesi yetersiz kalmaktadır. Bu risk faktörünü olabildiğince düşürmek için uzun yıllar yağış ortalaması yerine güvenilir yağış değerleri kullanılır (Raes vd., 1988).

Belirli bir olasılıkla gerçekleşmesi beklenen yağışlara güvenilir yağış denir. Örneğin, %80 olasılıkla beklenen yağış, her on yılın sekizinde gerçekleşmesi muhtemel yağışı temsil

eder ve kurak koşullardaki yağış miktarını ifade eder. Diğer yandan, %20 olasılıkla beklenen yağış, on yıllık yağış periyodunun sadece iki yılında gerçekleşecek yağış miktarını belirtir ve yağışlı koşullardaki yağış miktarını ifade eder, %50 olasılıkla beklenen yağış ise, her on yılın beş yılında görülen yağış miktarlarıdır ve normal koşullar olarak ifade edilir. Normal koşullar genellikle uzun yılların yağış ortalamalarına yakın olma eğilimindedir (Kodal, 2003).

Bu çalışmada, güvenilir yağış değerleri Rainbow programı kullanılarak 1990-2020 zaman aralığında Çanakkale merkez meteoroloji istasyonuna ait aylık yağış verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Rainbow programı hidrolojik verilerin analizi için K. U. Leuven Üniversitesi Arazi ve Su Kaynakları Yönetimi Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir. Yazılım, hidrolojik kayıtların homojenliğini test etme ve yağış verilerinin frekans analizini yapmaktadır (Raes vd., 1970). Rainbow programı içerisinde güvenilir yağış değerleri hesaplanırken frekans analizinde yaygın olarak kullanılan Weibull istatistiksel yönteminden yararlanılmıştır. Bu yöntem, yağış olaylarının sıklığını ve süresini belirlemek için olasılık dağılım fonksiyonlarından yararlanır. Weibull istatistiksel yöntemi, yağışın ne kadar sık ve şiddetli olduğunu anlamak için etkili bir araçtır (Muralidharan ve Lathika, 2005). Rainbow programı kullanılarak güvenilir yağış değerleri Weibull istatistiksel yöntemi kullanılarak aylık olarak hesaplanmış ve Tablo 5 de verilmiştir. CropWat 8.0 programında sulama suyu ihtiyaçları hesaplanırken kurak-normal-yağışlı koşullar olmak üzere üç farklı koşul verileri kullanılmıştır.

Tablo 5
Güvenilir yağış değerleri

AYLAR	Oluşma İhtimali (%)								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
OCAK	193,7	121,6	86,9	65,2	49,9	38,2	28,7	20,5	12,9
ŞUBAT	157,2	123	101	83,9	69,4	56,2	43,7	31	17
MART	123,5	90,9	72,9	60,4	50,6	42,5	35,2	28,2	20,8
NİSAN	107,1	73,9	56,5	45	36,4	29,4	23,4	17,9	12,3
MAYIS	92,5	51,3	33,5	23,3	16,6	11,8	8,2	5,4	3
HAZİRAN	70,9	43,9	31	22,9	17,2	12,9	9,3	6,1	2,9
TEMMUZ	40,8	16,3	8,1	4,3	2,2	1	0	0	0
AĞUSTOS	12,4	5,7	3,1	1,7	0	0	0	0	0
EYLÜL	80,9	38,1	22	13,6	8,6	5,3	3,1	1,5	0
EKİM	142	95,3	71,3	55,7	44,1	34,8	26,9	19,7	12,2
KASIM	225,3	134,3	92,4	67,2	49,9	37,1	27	18,6	11,1
ARALIK	270,9	171,1	123,6	93,3	71,8	55,2	41,7	30	19

3.2.3. ArcGIS Eklenti Geliştirme ve Kullanıcı Arayüzü Oluşturma

ArcMap, Esri tarafından geliştirilen ArcGIS yazılım paketinin temel bileşenlerinden biridir ve CBS alanında geniş kapsamlı bir masaüstü uygulamasıdır. Kullanıcıların coğrafi verileri görüntülemelerine, düzenlemelerine, analiz etmelerine ve haritalar oluşturmalarına olanak tanır. ArcMap mekansal veriler üzerinde karmaşık analizler yapma, veri yönetimi ve coğrafi analiz yetenekleri sunarak kullanıcıların coğrafi bilgileri daha anlamlı ve etkili bir şekilde kullanmalarını sağlar. Bu yazılım kullanıcının amacına yönelik yeni araçlar oluşturmak için ArcMap'e ArcPy kullanılarak yeni bir yetenek kazandırmaktır. ArcPy ise, Python programlama diliyle çalışan ve ArcMap için Esri tarafından geliştirilen bir Python kütüphanesidir. Python'un genel amaçlı bir programlama dili olması ve hazır kütüphaneler olması sayesinde, ArcPy ile yazılan ArcGIS uygulamaları, CBS profesyonelleri ve çeşitli disiplinlerden programcılar tarafından geliştirilen Python modülleri sayesinde daha da güçlenir. Arcpy kullanılarak geliştiriciler, mevcut araçlar oluşturabilirler, ArcMap; Python programlama diline daha yatkın olduğundan Python tercih edilmiştir.

Python sahip olduğu kütüphaneler sayesinde optimizasyonda oluşturulacak matrislerin yazılmasında büyük kolaylık sağlamıştır. Modelin ilk adımında sırasıyla Python

programlama dilinde Numpy ve Scipy Optimize kütüphanelerinden yararlanılmıştır. NumPy, Python için tasarlanmış bir kütüphane olup, yüksek boyutlu dizilerle ve matrislerle işlem yapmayı kolaylaştırırken, bu yapılar üzerinde çeşitli matematiksel operasyonlar gerçekleştirmek için geniş bir fonksiyon seti sunar. Bu kütüphane, bilim, mühendislik ve veri analizi gibi alanlardaki uygulamalarda temel bir bileşen olarak hizmet eder, NumPy'nin sağladığı verimli dizi işleme yetenekleri, Python'un hesaplama yoğun uygulamalar için tercih edilen dillerden biri haline gelmesinde önemli bir rol oynar. Ayrıca, NumPy dizileri, homojen veri tipi ve çok boyutlu yapıları sayesinde, bilimsel hesaplamaları hızlandırmak ve karmaşık veri manipülasyonlarını basitleştirmek için optimize edilmiştir.

Scipy optimize modülü, Scipy kütüphanesinin bir alt bölümü olarak, sayısal analiz alanında algoritmaları barındıran bir kütüphanedir. Bu modül, bilim ve mühendislikte karşılaşılan optimizasyon ve kök bulma gibi problemlerin çözümünde temel araç olarak kullanılmaktadır. Özellikle, doğrusal sistemlerin optimizasyonu, kısıtlı ve kısıtsız problemler için minimum bulma işlemleri gibi görevleri yerine getirir. NumPy dizileri ile entegre çalışma yeteneği, Scipy optimize'ı, çeşitli optimizasyon problemlerinin çözümünde vazgeçilmez kılar. Bu modülün sunmuş olduğu işlevsellik, hesaplama yoğun uygulamaların verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayarak, araştırmacıların ve mühendislerin problemlerini çözmede kritik bir rol oynar.

Optimizasyon çalışmalarında kullanılan klasik yöntemler oldukça zahmetli ve zordur. Yeterince görsel veri içermemekle birlikte farklı sulama sahaları için ayrı ayrı hesaplanarak tekrar çalıştırılması gerekmektedir. Ancak ArcMap'de eklenti oluşturulduğunda optimizasyonda istenen kısıtlar programın kullanıcısı tarafından girilerek her sulama sahası için uygun hale getirilebilmektedir. Bu yazılımsal kabiliyet, özellikle büyük sulama şebekelerinde kolay veri girişi yanında hidrolik analiz sonuçlarının daha etkin yöntemlerle değerlendirilebilmesine olanak tanıyabilmektedir. CBS yazılımları ayrıca yersel veri üzerinden tarımsal işletme sahiplerinin veri tabanı sorguları yapılmasına izin vermektedir. Bu tez çalışmasında optimum bitki deseni belirleme işlemleri CBS teknolojileriyle bütünleştirilerek tasarımcı, analizci ve sulama mühendislerine daha rahat ve özgür bir çalışma ortamı sunabilmek üzere bir ArcGIS eklentisi geliştirilmiştir. ArcMap'de oluşturulan eklenti için kullanıcı dostu bir arayüz geliştirilmiştir. Arayüz tasarımında

Python'ın Tkinter kütüphanesi kullanılmıştır. Tkinter, Python dilinde kullanılan bir grafiksel kullanıcı arayüzü kütüphanesidir. ArcMap'e entegre edilen eklenti, harita verilerinin analizini ve işlenmesini kolaylaştırmak amacıyla geliştirilmiştir. Kullanıcılar, eklenti çalıştırdıklarında Tkinter arayüzü belirir ve belirli işlemlere erişim sağlar. Bu arayüz, kullanıcıların harita verileri üzerinde etkileşimde bulunmalarına, analiz yapmalarına ve sonuçları görüntülerine imkân tanır. Tkinter arayüzü, Şekil 6'da görüldüğü üzere farklı pencere elemanları kullanılarak tasarlanmıştır. Bu pencereler, kullanıcıların çeşitli işlevleri seçmelerine ve parametreleri belirlemelerine olanak sağlar. Arayüz, kullanıcı dostu bir deneyim sunmak için dikkatlice düşünülmüş düzenleme, renklendirme ve araçlar içerir. Kullanıcıların kolayca gezinebilmesi ve gereksiz karmaşıklıktan kaçınılması için basit ve anlaşılır bir tasarım benimsenmiştir.

Alan Kısıtı Armut		Maks Alan Armut		Sulama Suyu Mik. Armut		Brüt Kar Armut	
Alan Kısıtı Ceviz		Maks Alan Ceviz		Sulama Suyu Mik. Ceviz		Brüt Kar Ceviz	
Alan Kısıtı Şeftali		Maks Alan Şeftali		Sulama Suyu Mik. Şeftali		Brüt Kar Şeftali	
Alan Kısıtı Arpa		Maks Alan Arpa		Sulama Suyu Mik. Arpa		Brüt Kar Arpa	
Alan Kısıtı Ayçiçeği		Maks Alan Ayçiçeği		Sulama Suyu Mik. Ayçiçeği		Brüt Kar Ayçiçeği	
Alan Kısıtı Biber		Maks Alan Biber		Sulama Suyu Mik. Biber		Brüt Kar Biber	
Alan Kısıtı Çeltik		Maks Alan Çeltik		Sulama Suyu Mik. Çeltik		Brüt Kar Çeltik	
Alan Kısıtı Domates		Maks Alan Domates		Sulama Suyu Mik. Domates		Brüt Kar Domates	
Alan Kısıtı Fasulye		Maks Alan Fasulye		Sulama Suyu Mik. Fasulye		Brüt Kar Fasulye	
Alan Kısıtı Karpuz		Maks Alan Karpuz		Sulama Suyu Mik. Karpuz		Brüt Kar Karpuz	
Alan Kısıtı Kavun		Maks Alan Kavun		Sulama Suyu Mik. Kavun		Brüt Kar Kavun	
Alan Kısıtı Mısır		Maks Alan Mısır		Sulama Suyu Mik. Mısır		Brüt Kar Mısır	
Alan Kısıtı Hıyar		Maks Alan Hıyar		Sulama Suyu Mik. Hıyar		Brüt Kar Hıyar	
Alan Kısıtı Yonca		Maks Alan Yonca		Sulama Suyu Mik. Yonca		Brüt Kar Yonca	
Alan Kısıtı Yulaf		Maks Alan Yulaf		Sulama Suyu Mik. Yulaf		Brüt Kar Yulaf	
Alan Kısıtı Nadas		Maks Alan Nadas		Sulama Suyu Mik. Nadas		Brüt Kar Nadas	

Baraj Kapasitesi



Şekil 6. Geliştirilen modelin arayüzü

Tkinter arayüzü, ArcMap'in işlevselliğini genişletirken kullanıcıların verileri daha etkili bir şekilde yönetmesine yardımcı olur. Kullanıcılar, eklentiye çalıştırdıklarında arayüz üzerinden gerekli işlemleri seçebilir, parametreleri belirleyebilir ve sonuçları görsel olarak analiz edebilir. Bu, kullanıcının iş akışını optimize ederken hızlı ve doğru sonuçlar elde etmesini sağlar. Sonuç olarak, Tkinter kütüphanesi kullanılarak ArcMap'e entegre edilen bu eklenti ile kullanıcı dostu bir arayüz tasarlanmıştır. Bu arayüz, kullanıcının veri analizini kolaylaştırırken aynı zamanda etkileşimli bir deneyim sunar.

Oluşturulan eklenti ArcGIS 10.8 de Python komutlarıyla çalışabilmekte ve literatürde bu komutlara Arcpy denilmektedir. Sulama sahasındaki barajın su potansiyelini, bitkilerin brüt kar değerlerini, sulama sahasının alansal büyüklüğü, bitkilerin maksimum ve minimum ekim alanlarını, bitkilerin yıllık su tüketim miktarlarını kısıt olarak kullanıp doğrusal programlama yöntemiyle optimum bitki deseni hesaplanmıştır. Optimum bitki deseni hesaplanırken model iki aşamada çalışmaktadır. İlk aşamada mevcut kısıtlar ile tüm alana ekimi yapılacak bitki çeşitlerinin alansal olarak toplam miktarları hesaplanır. İkinci aşamada ise tarımsal işletmelerin bitkisel ürünlere olan kabiliyetine göre geçmiş yıllardan günümüze hangi bitkiyi en çok yetiştiriciliğini yaptığı üç bitkiyi büyükten küçüğe doğru tercih ederek tarımsal işletmelere eşleştirmektedir. Bu eşleşme sonucunda parsel bazlı optimum bitki deseni oluşturulmuştur.

3.2.4. Optimum Bitki Desenin Planlanması ve Modelin Matematiksel Formülü

Cihadiye Kaynarca Göleti sulama sahasında üretilmesi hedeflenen bitkiler için barajdan şebekeye çekilen su miktarını dikkate alarak su kaynağının planlanması suyun etkin bir biçimde dağıtılması ve sulama sahasındaki gelirin maksimize edilmesi için optimum bitki desenin belirlenmesinde bitkilerin yetiştirme dönemleri içerisindeki mevsimlik su ihtiyaçları, bitkilerin üretileceği parsellerin maksimum ekiliş alanları ve Cihadiye Kaynarca Göleti'nin toplam sulama sahası alan kısıtı olarak kullanılmıştır. Cihadiye Kaynarca Göleti sulama sahasındaki meyve bahçeleri sabit tesis olarak belirlenerek, mevsimlik toplam sulama suyu ihtiyaçları yetiştirme alanları dikkate alarak geliştirilen model içerisinde hesaplanmış ve baraj kapasitesinden düşülerek optimizasyona dahil edilmemiştir. Geliştirilen modelin amaç fonksiyonunda n kadar değişkendeki (x_j) brüt karı etkileyen c_j katsayılarından etkilenmektedir. Modelde, m kadar kısıt fonksiyonu göz önünde bulundurulduğunda, her bir kısıt fonksiyonu, ilgili a_{ij} katsayıları ile çarpılan değişkenlerin lineer kombinasyonları şeklinde ifade edilir. Bu kombinasyonlar, her kısıt için belirlenen b_i sabit değerlerine eşit veya bu değerlerden küçük olacak şekilde sınırlanmalıdır ve tüm karar değişkenleri pozitif olmalıdır.

a) Amaç fonksiyonu

$$(Z) = \sum_{j=1}^n C_j X_j \quad (\text{maksimum veya minimum}) \quad (3.2)$$

b) Kaynak kısıtları

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (= b_i \text{ veya } \geq b_i) \quad (3.3)$$

c) Pozitiflik kısıtları

$$x_j \geq 0 \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

Z = Amaç fonksiyonu,

x_j = Problemdeki karar değişkenleri,

c_j = Karar değişkenlerinin amaç fonksiyonundaki birim katkı katsayıları,

a_{ij} = Karar değişkenlerinin ilgili kaynağa ilişkin girdi (teknoloji) katsayıları,

b_i = Sınırlı kaynağın miktarı,

n = Karar değişkenleri sayısı,

i = Sınırlı kaynak indisi ($i = 1, 2, \dots, m$)

j = Değişken numarası indisi ($j = 1, 2, \dots, n$)

değerlerini göstermektedir.

Geliştirilen doğrusal programlama modelinde c_j değerleri brüt kar değeri olarak kullanılmıştır. Cihadiye Kaynarca Göleti sulama sahasındaki bitkiler için sulama suyu miktarları ($S1=\%100$, $S2=\%70$, $S3=\%50$) modeldeki değişkenleri temsil etmektedir. Geliştirilen doğrusal programlama modeli için Tablo 6'da yer alan 45 değişken kullanılmıştır. Tablo 7'de verilen baraj kapasiteleri geliştirilen modelde farklı senaryolar üretilmek için kullanılmış ve optimum bitki desenin planlaması kurak yıl, normal yıl ve yağışlı yıl koşulları içinde değerlendirilerek çözüm oluşturulmuştur. Şekil 7.'de modelin akış diyagramı incelendiğinde sabit tesislerin su tüketimi gölet kapasitesinden mevcut su kapasitesi optimizasyondan önce hesaplanmış ve optimizasyona sadece tek yıllık bitkiler dahil edilmiştir. Modele girilen nadas alanlar toplam sulama sahası alanından çıkartılarak model çalıştırılmıştır. Modelde elde edilen verilerin tamamı çiftçilerin istekleri doğrultusunda dağıtılmıştır.

Tablo 6

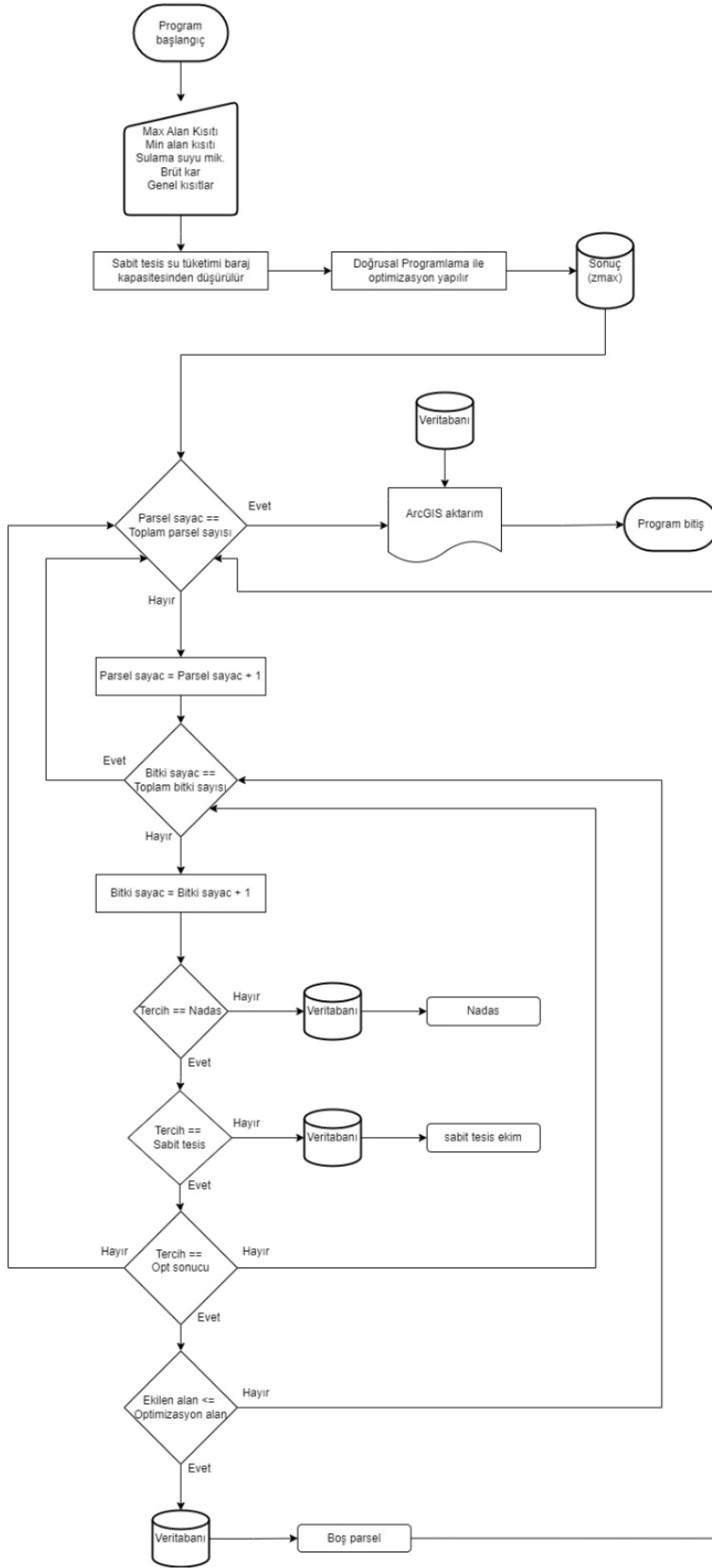
Doğrusal programlama modelinde kullanılan değişkenler

DEĞİŞKEN NO	DEĞİŞKEN	DEĞİŞKEN NO	DEĞİŞKEN
X1	Armut	S1	X25
X2		S2	X26
X3		S3	X27
X4	Arpa	S1	X28
X5		S2	X29
X6		S3	X30
X7	Ayçiçeği	S1	X31
X8		S2	X32
X9		S3	X33
X10	Biber	S1	X34
X11		S2	X35
X12		S3	X36
X13	Ceviz	S1	X37
X14		S2	X38
X15		S3	X39
X16	Çeltik	S1	X40
X17		S2	X41
X18		S3	X42
X19	Domates	S1	X43
X20		S2	X44
X21		S3	X45
X22	Fasulye		
X23			
X24			

Tablo 7

Araştırmada kullanılan su kaynağı kapasitesi seçenekleri

Simge	Oran	Açıklama
K1	%100	Barajdaki su miktarının (%100) yeterli olması durumunda
K2	%80	Barajdaki su miktarının (%80) yetersiz olması durumunda
K3	%70	Barajdaki su miktarının (%70) yetersiz olması durumunda
K4	%50	Barajdaki su miktarının (%50) yetersiz olması durumunda
K5	%30	Barajdaki su miktarının (%30) yetersiz olması durumunda



Şekil 7. Modelin akış diyagramı

3.2.5. Standart Yağış İndisiyle (SYİ) Kuraklık Analizi

Kuraklık analizleri R programlama dili kullanılarak yapılmıştır, R programlama dili, istatistiksel analizler, grafikler ve veri görselleştirme için kullanılan bir programlama dilidir. R programında; kuraklık analizi için kullanılan özellikle SYİ hesaplamalarını kolaylaştıran çeşitli paketler bulunmaktadır. Bu paketlerden biri, kullanıcıların uzun dönemli yağış verilerini analiz ederek çeşitli zaman dilimlerinde kuraklık durumlarını değerlendirmelerine olanak tanır. Kuraklık analizi için Standart yağış indeksi değerleri aylık yağış verileriyle hesaplanır. Kullanılan denklemde, 'Xi' ayı temsil eder ve bu ay için kaydedilen yağış miktarını (mm cinsinden) gösterir. Bu değer, aynı ay için uzun yıllar ortalaması alınarak hesaplanan ortalama yağış miktarı ('ort Xi') ve bu ortalama değerlerin standart sapması ('σ') şeklinde kullanılır (Hasaniha, 2008).

$$SYİ = \frac{x_i - x_i^{ort}}{\sigma} \quad (3.5)$$

Eşitlik 3.5 kullanılarak yapılan analizler neticesinde, Çizelge 3.1'de belirtilen Standart Yağış İndeksi kuraklık kategorileri tespit edilebilir. Elde edilen SYİ değerleri, kuraklık yoğunluğunun sınıflandırılmasında kullanılır. SYİ değerleri -2'den küçükse şiddetli kuraklık, -1,5 ile -1,99 arasındaysa orta derecede kuraklık, -0,99 ile -1,49 arasındaysa hafif kuraklık olarak kabul edilir. Pozitif SYİ değerleri ise normal yağış koşullarını gösterir.

Tablo 8

Standart Yağış İndisi Kuraklık Sınıfları

SYİ	Kuraklık sınıfı
2 <	Nemli
1,5-2,0	Çok Nemli
1,0-1,5	Orta Nemli
0,5-1,0	Nemli
-0,5 ile 0,5	Normal
-0,5 ile -1 arası	Kurak
-1 ile -1,5 arası	Orta Kurak
-1,5 ile -2,0 arası	Çok Kurak
< -2	Aşırı Kurak

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Kuraklık Analizi

Kuraklık analizi yapılırken Çanakkale merkez meteoroloji istasyonundan elde edilen 1970-2022 dönemine ait yıllık yağış verileri, Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) değerlerinin hesaplanması için kullanılmıştır, R programlama dilinde geliştirilmiş bir yazılım aracılığıyla kuraklık analizi için gerekli olan SYİ grafikleri elde edilmiştir ve şekil 8 de verilmiştir. Şekil 8 incelendiğinde;

- SYİ -1 aylık grafiği çok yüksek frekansta dalgalanmalar gösterdiği, bu da bu ölçekteki değişkenliğin çok yüksek olduğunu ve bu endeksin aylık yağışın değişkenliğini yakaladığını göstermektedir, Kısa vadeli kuraklık ve yağış olaylarını belirlemek için kullanılır.
- SYİ -3 aylık grafiği, SYİ -1 aylığa göre daha az dalgalı bir yapı sergilemektedir, bu durum mevsimsel değişimleri gösterir. Özellikle dönemsel tarımsal planlamalar için önem taşır.
- SYİ -6 aylık ve SYİ -12 aylık grafikleri ise, uzun vadeli yağış eğilimlerini yansıtır. Bu grafiklerdeki negatif pikler, daha uzun süreli kuraklık dönemlerini gösterir.
- SYİ -24 aylık ve SYİ -36 aylık grafikleri ise, daha uzun vadeli eğilimleri göstermektedir, Özellikle su kaynakları yönetimi ve iklim değişikliğinin potansiyel etkilerini değerlendirmek için kullanılır.

Şekil 8. incelediğimizde, 1970-2022 yılları arasında, Standartlaştırılmış Yağış İndisi değerlerinin en az bir ay için -1,5 indeks değerinin altına düşmesiyle karakterize edilen belirgin kuraklık dönemlerini ortaya koymaktadır. Bu dönemler şu şekilde sıralanabilir:

1970-79 yılları arasında yaşanan kurak yıllar: 1970, 1972, 1973, 1974, 1977, 1979

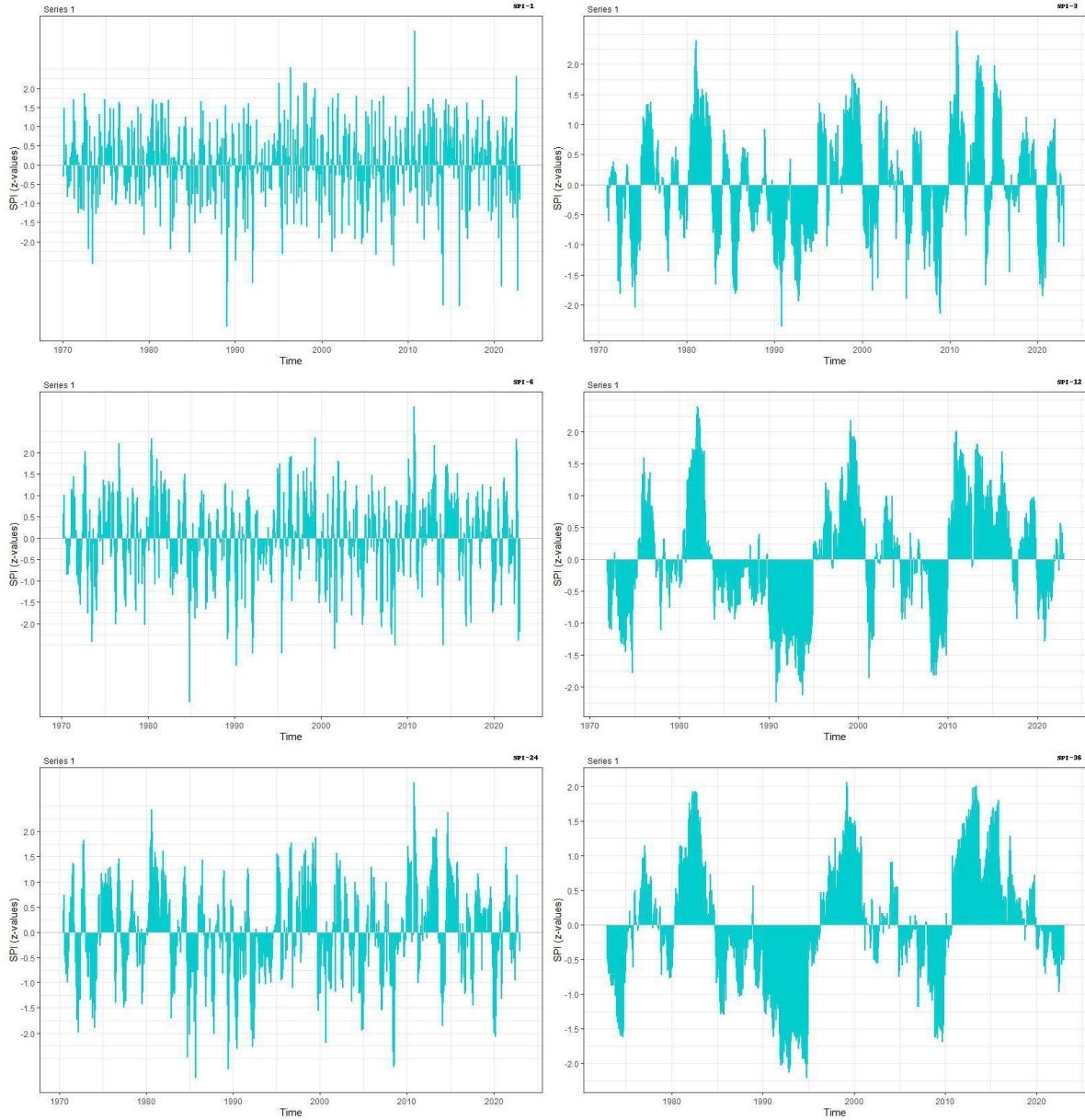
1980-89 yılları arasında yaşanan kurak yıllar: 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1989

1990-99 yılları arasında yaşanan kurak yıllar: 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1997, 1999

2000-10 yılları arasında yaşanan kurak yıllar: 2000, 2001, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009

2010-2020 yılları arasında yaşanan kurak yıllar: 2014, 2016, 2020

Bu yıllar, Çanakkale merkez meteoroloji istasyonu için kuraklık durumlarının belirlenmesinde bir ölçüt olan aylık SYİ değerlerinin belirgin düşüş gösterdiği zamanları temsil etmektedir.



Şekil 8. 1970-2022 yılları arasındaki 1, 3, 6, 12, 24, 36 aylık zaman dilimine ait SYİ kuraklık analizi sonuçları

4.2. Optimizasyona Girecek Bitkilerin Sulama Programları ve Verimleri

Bu çalışma ile geliştirilen modelin, su kaynaklarının iklim değişikliklerine bağlı olarak miktarındaki değişime göre üreticilerin gelirlerini maksimize edecek bitki deseni önermesi

hedeflenmektedir. Böylece su kaynaklarının etkin kullanılması ve kaynaklarının durumuna göre alınması gereken tedbirler konusunda karar vericilere bilgi sunmayı hedeflenmektedir.

Olası kurak koşullarda su kaynaklarının aşırı kullanımını engellemek, su tüketimi daha düşük olan bitki türlerini üretim desenine eklemek, çiftçilerin kuraklıkla mücadele stratejilerine ve yeniliklere katılımını sağlamaya yardımcı olacaktır. Ayrıca olası kuraklık durumlarında barajdaki su miktarına göre sulama sahasındaki bitki deseni için optimum bir dağıtım sağlanabilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla;

CropWat 8.0 Programıyla çalışma alanındaki tüm bitkiler için sulama programı yapılmıştır. Güvenilir yağış değerlerine göre belirlenen kurak, normal ve yağışlı koşullara göre bitkilerin mevsimlik sulama suyu miktarı (I), sulama sayısı (N), verim değerleri (Ya) hesaplanmıştır.

Domates bitkisinin normal koşullar için sulama programı sonuçları Tablo 9’da verilmiştir. Tablo 9’da normal koşullar için domates bitkisine yeterli sulama suyu verildiğinde 11 sulama yapılması gerekmekte ve toplam uygulanacak sulama suyu miktarı ise 550,5 mm’dir. S1 %100 sulama seviyesinde topraktaki nem, domates bitkisinin tüketimine izin verilen seviyeye gelindiğinde sulama yapılarak topraktaki nem tarla kapasitesi seviyesine getirilmesi planlanmıştır. S2 sulama konusunda %70 sulama suyu seviyesi uygulanması durumunda aynı şekilde 11 sulama uygulanmaktadır ve sulama suyu miktarı 385,35 mm olmaktadır. Sulama suyu miktarındaki bu azalma sebebiyle gerçek verim %79,8’e düşmektedir. S3 %50 sulama seviyesinde sulama yapıldığı durumda ise gerçek verim de ciddi azalmaların ortaya çıktığı görülmüştür. Domates bitkisi %50 sulama seviyesinde sulandığında sulama suyu miktarı 275,25 mm’ye düşmüş verim değeri %64,6’ya kadar azalmıştır.

Cihadiye Kaynarca Göleti sulama sahasında yetiştirilen 15 bitkiye ait sulama programları ve verim değerleri Tablo 10’da verilmiştir. Kurak yılda çok fazla sulama suyuna ihtiyaç duymayan arpa ve yulaf %100 sulama seviyesinde 550 kg/da ve 350 kg/da verim alınırken %50 sulama suyu seviyesinde verim değerleri sırasıyla %86,5 ve %97,1 seviyelerine düşerek gerçek verim değerleri sırasıyla 475,8 kg/da ve 340,82 kg/da şeklinde hesaplanmıştır.

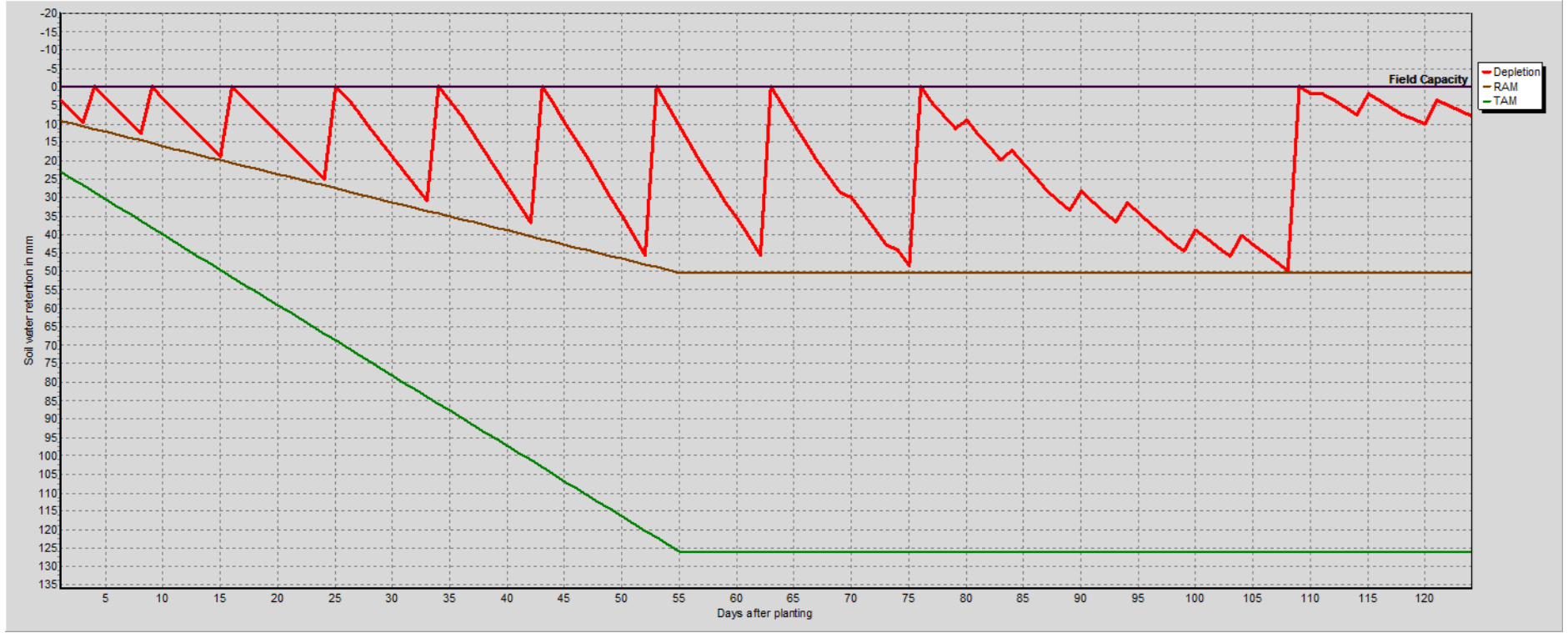
Kurak yılda %50 sulama seviyesi uygulandığında diğer bitkilerde; Armut %58,2, ayçiçeği %72,5, biber %52,3, ceviz %60,4, çeltik %55,3, domates %61,9, fasulye %51,8, karpuz %63,3, kavun %65,4, mısır %51,8, şeftali %59, hıyar %55,4, yonca %57,4 verim (Ya) alınacağı hesaplanmıştır.



Tablo 9

Domates bitkisi için normal yıl koşullarında sulama programı sonuçları

Sulama No	Sulama Tarihi	Sulama suyu miktarı (mm)			Sulama Aralığı (gün)	Sulama sayısı (N)	Toplam su miktarı (mm)(I)			Verim oranı (Y _a /Y _m) (%)		
		Sulama suyu Seçenekleri					S1	S2	S3	S1	S2	S3
		S1	S2	S3								
1	15.May	33,40	23,38	16,70	15	11	550,5	385,35	275,25	100	79,8	64,6
2	30.May	44,80	31,36	22,40								
3	10.Haz	52,40	36,68	26,20								
4	19.Haz	50,50	35,35	25,25								
5	28.Haz	55,10	38,57	27,55								
6	6.Tem	54,70	38,29	27,35								
7	13.Tem	50,50	35,35	25,25								
8	20.Tem	51,90	36,33	25,95								
9	28.Tem	55,80	39,06	27,90								
10	5.Ağu	50,80	35,56	25,40								
11	17.Ağu	50,60	35,42	25,30								



Şekil 9. Domates bitkisi için normal yıl koşullarında sulama programı grafiği

Tablo 10

Yeterli ve kısıtlı su koşullarında sulama programları ve gerçek verimleri

BİTKİ SU TÜKETİM KOMBİNASYONLARI		KURAK YIL			NORMAL YIL			YAĞIŞLI YIL		
		I mm	Ya/Ym	Ya kg/da	I mm	Ya/Ym	Ya kg/da	I mm	Ya/Ym	Ya kg/da
ARMUT	S1	761,4	100	1080	697,7	100	1080	519,8	100	1080
	S2	533	76,2	823	487,7	79,5	858,6	363,86	86,8	937,44
	S3	380,7	58,2	628,6	348,4	58,8	635	259,9	73,8	797,04
ARPA	S1	314,8	100	550	185,1	100	550	69,7	100	550
	S2	220,4	94	517	129,5	98,5	541,75	48,79	99	544,5
	S3	157,4	86,5	475,8	92,55	96,3	529,6	34,85	98	539
AYÇİÇEĞİ	S1	430,9	100	351	418	100	351	318,6	100	351
	S2	301,6	85,4	299,75	292	81,7	286,7	223,02	95,2	334,152
	S3	215,5	72,5	254,48	209	66,7	234,1	159,3	87	305,37
BİBER	S1	652,8	100	3500	630,4	100	3500	519,6	100	3500
	S2	457	73	2555	441,6	74,1	2593,5	363,72	83	2905
	S3	326,4	52,3	1831	315,4	56,1	1963,5	259,8	67,6	2366
CEVİZ	S1	940	100	1800	835	100	1800	658	100	1800
	S2	658	76,8	1382	584	78,3	1409,4	460,6	81,8	1472,4
	S3	470	60,4	1087	417	62,1	1117,8	329	67,8	1220,4
ÇELTİK	S1	885	100	790	813	100	790	711,9	100	790
	S2	619,5	74,3	586,7	567	75,6	597,3	498,33	86,1	680,19
	S3	442,5	55,3	436,9	407	57,1	451,1	355,95	73,2	578,28
DOMATES	S1	548,4	100	8000	550,5	100	8000	431,1	100	8000
	S2	383,9	79	6320	385,3	79,8	6384	301,77	89,4	7152
	S3	274,2	61,9	4952	275,2	64,6	5168	215,55	76,9	6152
FASULYE	S1	542,8	100	1000	468,2	100	1000	441,7	100	1000
	S2	380	72,8	728	327,4	78,7	787	309,19	87,4	874
	S3	271,4	51,8	518	234,1	61,1	611	220,85	72,2	722
KARPUZ	S1	471,9	100	3000	423,2	100	3000	323	100	3000
	S2	330,3	81,3	2439	296,2	82,7	2481	226,1	91,7	2751
	S3	236	63,3	1899	211,6	61,1	1833	161,5	80,1	2403
KAVUN	S1	530,4	100	1500	496,4	100	1500	419,4	100	1500
	S2	371,3	80,2	1203	347,4	81,7	1225,5	293,58	89,5	1342,5
	S3	265,2	65,4	981	248,2	66,6	999	209,7	72,3	1084,5
MISIR	S1	701,4	100	850	672,2	100	850	578,1	100	850
	S2	491	72,3	614,6	470,5	74	629	404,67	82,6	702,1
	S3	350,7	51,8	440,3	336,1	54,3	461,5	289,05	65,3	555
ŞEFTALİ	S1	754,8	100	1600	704,8	100	1600	527,6	100	1600
	S2	528,4	76	1216	493,3	78,9	1262,4	369,32	85,5	1368
	S3	377,4	59	944	352,4	62,4	998,4	263,8	72,3	1156,8
HIYAR	S1	552	100	5800	522,7	100	5800	428	100	5800
	S2	386,4	81,8	4744,4	365,89	83,2	4825,6	299,6	90,3	5237,4
	S3	276	65,4	3793,2	261,35	67,8	3932,4	214	78,3	4541,4
YONCA	S1	812,7	100	6000	708	100	6000	650,4	100	6000
	S2	568,9	76	418	495,6	77,4	4644	455,28	85	467,5
	S3	406,4	57,4	315,7	354	60,4	3624	325,2	69,7	383,35
YULAF	S1	323,2	100	350	196,6	100	350	69,2	100	350
	S2	226,2	97,9	342,65	137,6	99,4	347,9	48,44	99,9	349,65
	S3	161,6	92,6	324,1	98,3	97,1	339,85	34,6	99,6	348,6

4.3. Yeterli ve Kısıtlı Su Koşulları İçin Brüt Kar Değerleri

Cihadiye Kaynarca sulama sahasında yetiştiriciliği yapılan bitkilerin brüt kar değerleri Cihadiye Kaynarca Göleti sulama birliğinden temin edilen 2022 yılı ortalama

üretici satış fiyatı değeri olarak kabul edilmiş ve eksik olması durumunda Çanakkale Ticaret Borsası yıllık borsa bülteni cetvelinden ortalama fiyatlar brüt kar değerleri olarak alınıp optimizasyon modelinde kullanılmıştır.

Sulama sahasına ait bitkilerin tüm sulama konuları için kurak, normal ve yağışlı yıllara ait elde edilen brüt kar değerleri Tablo 11’de verilmiştir. 2022 yılı ortalama üretici satış fiyatı değerine göre yapılan brüt kâr değerleri bitkilere göre değişmektedir. Verim değerleri normal, yağışlı ve kurak yıl arasında değişim göstermektedir. Tüm koşullarda da tam sulama konusunda verim değerleri aynı olduğundan brüt kâr değerleri aynıdır fakat uygulanan sulama suyundaki azalış verimde de düşüş gerçekleşmekte dolayısıyla brüt kar değerlerinde de azalma olmaktadır.

Tablo 11

Sulama sahasında üretilen bitkilerin brüt kar değerleri (TL/da)

BİTKİ SU TÜKETİM KOMBİNASYONLARI		KURAK YIL	NORMAL YIL	YAĞIŞLI YIL
		Brüt kar (TL/da)	Brüt kar (TL/da)	Brüt kar (TL/da)
ARMUT	S1	5076	5076	5076
	S2	3868,1	4035,4	4405,9
	S3	2954,4	2984,5	3746,1
ARPA	S1	1958	1958	1958
	S2	1840,5	1928,6	1938,4
	S3	1693,8	1885,3	1918,8
AYÇİÇEĞİ	S1	4359,4	4359,4	4359,4
	S2	3722,8	3560,8	4150,1
	S3	3160,6	2907,5	3792,6
BİBER	S1	24500	24500	24500
	S2	17885	18154,5	20335
	S3	12817	13744,5	16562
CEVİZ	S1	90000	90000	90000
	S2	69100	70470	73620
	S3	54350	55890	61020

Tablo 11

Sulama sahasında üretilen bitkilerin brüt kar değerleri (TL/da) (devamı)

ÇELTİK	S1	11352,3	11352,3	11352,3
	S2	8430,8	8583,2	9774,3
	S3	6278,2	6482,3	8309,8
DOMATES	S1	21680	21680	21680
	S2	17127,2	17300,6	19381,9
	S3	13419,9	14005,2	16671,9
FASULYE	S1	10630	10630	10630
	S2	7738,6	8365,8	9290,6
	S3	5506,3	6494,9	7674,8
KARPUZ	S1	6300	6300	6300
	S2	5121,9	5210,1	5777,1
	S3	3987,9	3849,3	5046,3
KAVUN	S1	11565	11565	11565
	S2	9275,1	9448,6	10350,6
	S3	7563,51	7702,29	8361,4
MISIR	S1	5100	5100	5100
	S2	3687,6	3774	4212,6
	S3	2641,8	2769	3330
ŞEFTALİ	S1	6560	6560	6560
	S2	4985,6	5175,8	5608,8
	S3	3870,4	4093,4	4742,8
HIYAR	S1	174000	174000	174000
	S2	142332	144768	157122
	S3	113796	117972	136242
YONCA	S1	24000	24000	24000
	S2	1672	18576	1870
	S3	1262,8	14496	1533,4
YULAF	S1	1190	1190	1190
	S2	1165,1	1186,2	1188,8
	S3	1101,9	1158,7	1188,6

4.4. Yeterli ve Kısıtlı Su Koşullarında İşletme İçin Optimum Bitki Desenleri

Çalışmada, Cihadiye Kaynarca Sulama Göleti için baraj kapasitesinin yeterli olduğu koşul (K1) ve kısıtlı olduğu (K2, K3, K4, K5) koşullarında değerlendirilmiştir. Cihadiye Kaynarca Göleti sulama sahasındaki ürün deseninde bulunan meyve bahçeleri (armut, ceviz, şeftali) sabit tesis diye adlandırılmış ve optimizasyona dahil edilmeden baraj kapasitesinden harcadıkları mevsimsel su ihtiyaçları çıkarılmıştır. ArcGIS 10.8’de Python kodlarıyla geliştirilen optimizasyon modelinde güvenilir yağış değerleri kullanılarak kurak, normal ve yağışlı koşullar için optimum bitki desenleri çeşitli senaryolar kullanılarak elde edilmiştir.

- Barajdaki su miktarının yeterli (K1) (%100) olması durumunda farklı güvenilir yağış koşulları için sulama sahasındaki gelirin maksimum olabilmesi için olması gereken optimum bitki deseni ne olmalıdır?
- Barajdaki su miktarının yetersiz (K2) (%80) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında farklı güvenilir yağış koşulları için optimum bitki deseni ne olmalıdır?
- Barajdaki su miktarının yetersiz (K3) (%70) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında farklı güvenilir yağış koşulları için optimum bitki deseni ne olmalıdır?
- Barajdaki su miktarının yetersiz (K4) (%50) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında farklı güvenilir yağış koşulları için optimum bitki deseni ne olmalıdır?

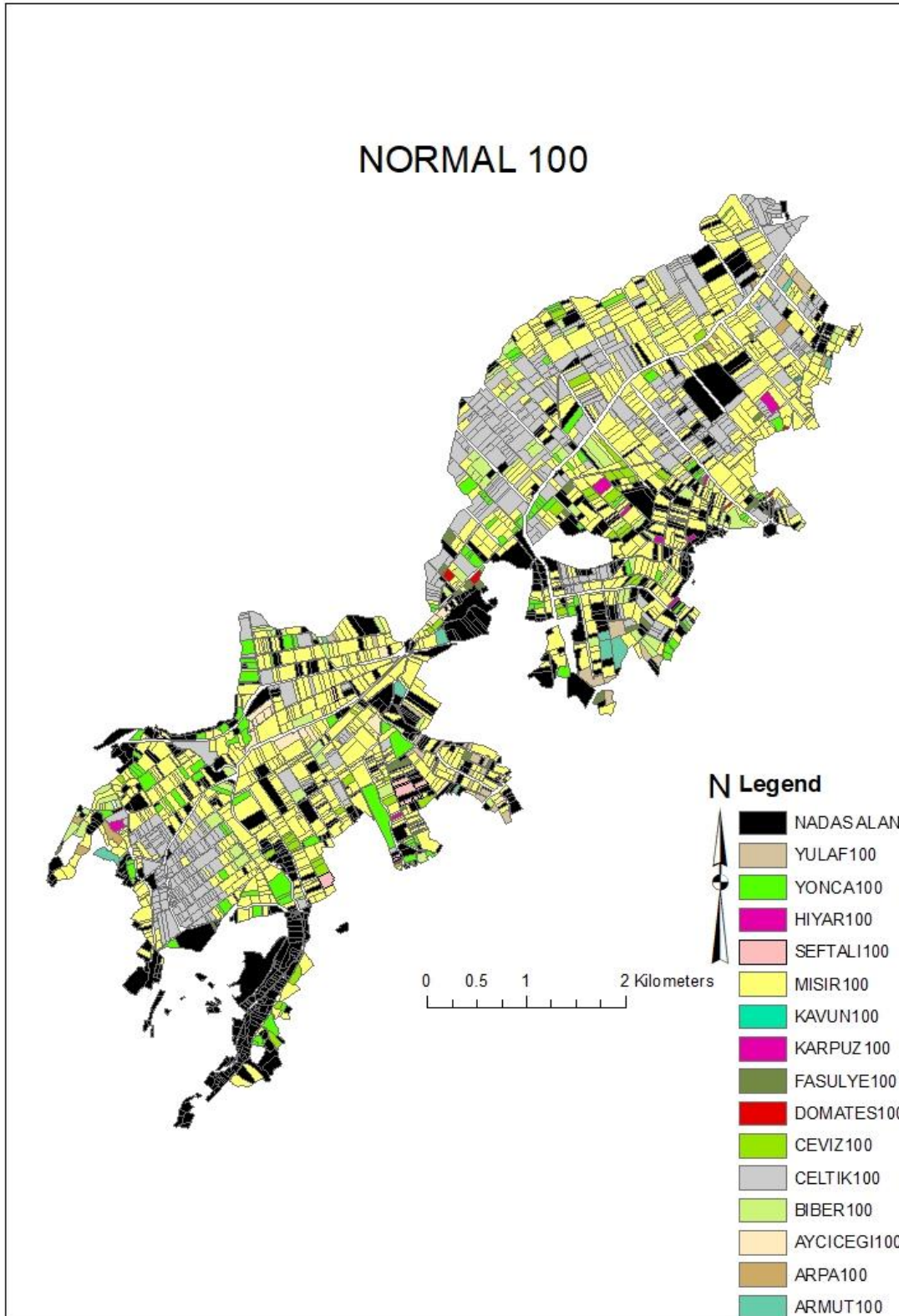
- Barajdaki su miktarının yetersiz (K5) (%30) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında farklı güvenilir yağış koşulları için optimum bitki deseni ne olmalıdır?

4.4.1. Cihadiye Kaynarca Sulama Göleti için Optimum Bitki Deseni ve Farklı Baraj Kapasitelerine göre Sonuçların Analizi

Barajdaki Su Miktarının Yeterli K1 (%100) Olması Durumunda Optimum Bitki Deseni

ArcGIS 10.8’de Python kodlarıyla geliştirilen doğrusal programlama modeli ile farklı sulama suyu miktarları ve baraj kapasitesi dikkate alınarak elde edilen veriler Tablo 12’de verilmiştir. Tablo 12 incelendiğinde Kurak yıl, normal yıl ve yağışlı yıllar için nadasa bırakılan tarımsal işletmeler haricinde tüm işletmelerin optimum bitki deseni belirlenmiştir. Baraj kapasitesinin %100 (K1) olduğu kurak, normal ve yağışlı koşullarda elde edilen toplam brüt kar değerleri karşılaştırıldığında; kurak yılda baraj tam kapasitede olduğu durumda 169.923.823,1 TL., normal yılda 174.209.884,6 TL., yağışlı yılda ise 174.209.884,6 TL. olduğu görülmektedir.

Güvenilir yağış mantığıyla hesaplanan farklı yağış koşullarında değişen sulama suyu miktarından dolayı kurak yılda diğer yıllara göre toplam brüt kar değerinde değişiklik göstermesine neden olmuştur. Kurak yılda kuraklığa toleransı diğerlerine göre fazla olan arpa, ayçiçeği, mısır, yulaf gibi bitkilerde kısıntılı sulama çözüme girmiştir. Arpa, ayçiçeği, yulaf bitkilerinin tamamı %50 kısıt uygulanırken mısır bitkisinde 2828,3 da alanda %70 kısıt uygulanmıştır. Arpa bitkisinde 73,4 da alanda kurak koşullarda %50 kısıntılı sulama yapılarak 11557,9 m³ sulama suyu kullanılarak 124.379,3 TL brüt kar elde edilmiştir. Normal ve yağışlı koşullarda tam sulama yapılarak 143.775,9 TL brüt kar elde edilmiştir. Ayçiçeği bitkisinde kurak yılda %50 kısıntı sulama ile 165.625,6 TL, brüt kar elde edilirken, normal ve yağışlı yılda bu değer %100 sulamayla 959.464,7 TL. olmaktadır. Ayçiçeği bitkisi için harcanan sulama suyu ise kurak yılda 47429,4 m³ iken normal yılda bu değer 9190097,6 m, yağışlı yılda 70120,7 m³ olmaktadır. Mısır bitkisinde ise kurak yılda %100 sulama ve %70 kısıntılı sulama şeklinde çözüme girmiş, mısır yetiştirilmesi planlanan toplam 8016,9 da alanın 5188,6 da alanı %100 sulama iken 2828,3 da alan ise %70 kısıntılı sulama şeklinde optimize edilmiştir. Kurak yılda mısırdan elde edilen toplam brüt kâr 37.225.589,5 TL. iken normal ve yağışlı yılda 5.388.973,6 TL.'dir. Yulaf bitkisi için ise kurak koşullarda %50 kısıntılı sulama ile 301.887,4 TL brüt kar elde edilirken 260,4 da olan 9014 m³ sulama suyu kullanılmış, normal koşullarda %100 sulama ile 301.887,4 TL brüt kâr elde edilmiş ve 51218,2 m³ su kullanılmıştır, yağışlı yılda ise %100 sulamayla 31018,8 TL brüt kar elde edilmiş ve 18028 m³ sulama suyu kullanılmıştır.



Şekil 10. Normal yılda baraj kapasitesi %100 olduğunda optimum bitki deseni

Tablo 12

Barajdaki su miktarının yeterli K1 (%100) olması durumunda optimum bitki deseni

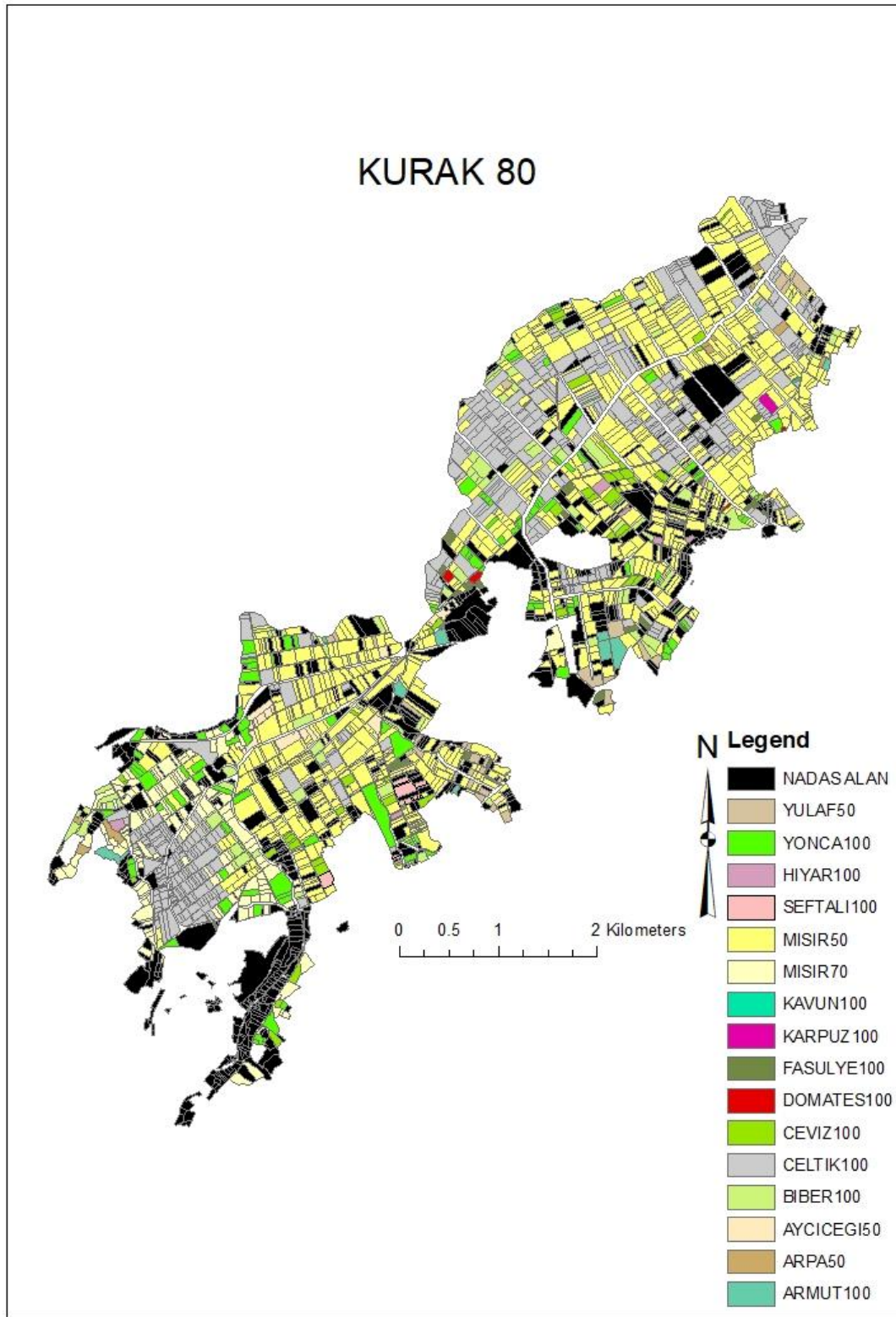
BİTKİLER	K1 %100								
	Kurak			Normal			Yağışlı		
	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)
ARMUT	696.224,2	104433,6	137,2	696.224,2	95696,5	137,2	696.224,2	71295,8	137,2
CEVİZ	34.322.400	358478,4	381,4	34.322.400	318435,6	381,4	34.322.400	250934,9	381,4
ŞEFTALİ	530.966,4	61093,5	80,9	530.966,4	57046,5	80,9	530.966,4	42703,9	80,9
SBT TOPLAM	35.549.590,6	524005,5	599,5	35.549.590,6	471178,6	599,5	35.549.590,6	364934,6	599,5
ARPA100	0	0	0	143.775,9	13591,9	73,4	143.775,9	5118,1	73,4
ARPA50	124.379,3	11557,9	73,4	0	0	0	0	0	0
AYCICEĞİ100	0	0	0	959.464,7	91997,6	220,1	959.464,7	70120,7	220,1
AYCICEĞİ50	695.625,6	47429,4	220,1	0	0	0	0	0	0
BİBER100	18.928.700	504353,3	772,6	18.928.700	487047,0	772,6	18.928.700	401443,0	772,6
CELİK100	43.127.841,8	3362150,4	3799,0	43.127.841,8	3088619,5	3799,0	43.127.841,8	2704536,6	3799,0
DOMATES100	556.308,8	14071,9	25,7	556.308,8	14125,8	25,7	556.308,8	11062,0	25,7
FASULYE100	1.410.282,1	72013,3	132,7	1.410.282,1	62116,1	132,7	1.410.282,1	58600,3	132,7
KARPUZ100	127.197	9527,7	20,2	127.197	8544,4	20,2	127.197	6521,4	20,2
KAVUN100	53.892,9	2471,7	4,7	53.892,9	2313,2	4,7	53.892,9	1954,4	4,7
MISIR100	26.461.949,5	3639296,3	5188,6	40.886.292	5388973,6	8016,9	40.886.292	4634581,5	8016,9
MISIR70	10.429.648,1	1388696,5	2828,3	0	0	0	0	0	0
HIYAR100	10.763.640	34146,7	61,9	10.763.640	32334,2	61,9	10.763.640	26476,1	61,9
YONCA100	21.392.880	724416,4	891,4	21.392.880	631090	891,4	21.392.880	579747,0	891,4
YULAF100	0	0	0	310.018,8	51218,2	260,5	310.018,8	18028,0	260,5
YULAF50	301.887,4	42100	260,5	0	0	0	0	0	0
NADAS	0	0	4240,8	0	0	4240,8	0	0	4240,8
OPT TOPLAM	134.374.232,5	9819145,5	18519,8	138.660.294,1	9871971,7	18519,8	138.660.294,1	8518189,0	18519,8
GENEL TOPLAM	169.923.823,1	10343151,0	19119,2	174.209.884,6	10343151,0	19119,2	174.209.884,6	8883123,6	19119,2

Barajdaki Su Miktarının Yetersiz K2 (%80) Olması Durumunda Farklı Güvenilir Yağış Koşulları için Optimum Bitki Deseni Sonuçları

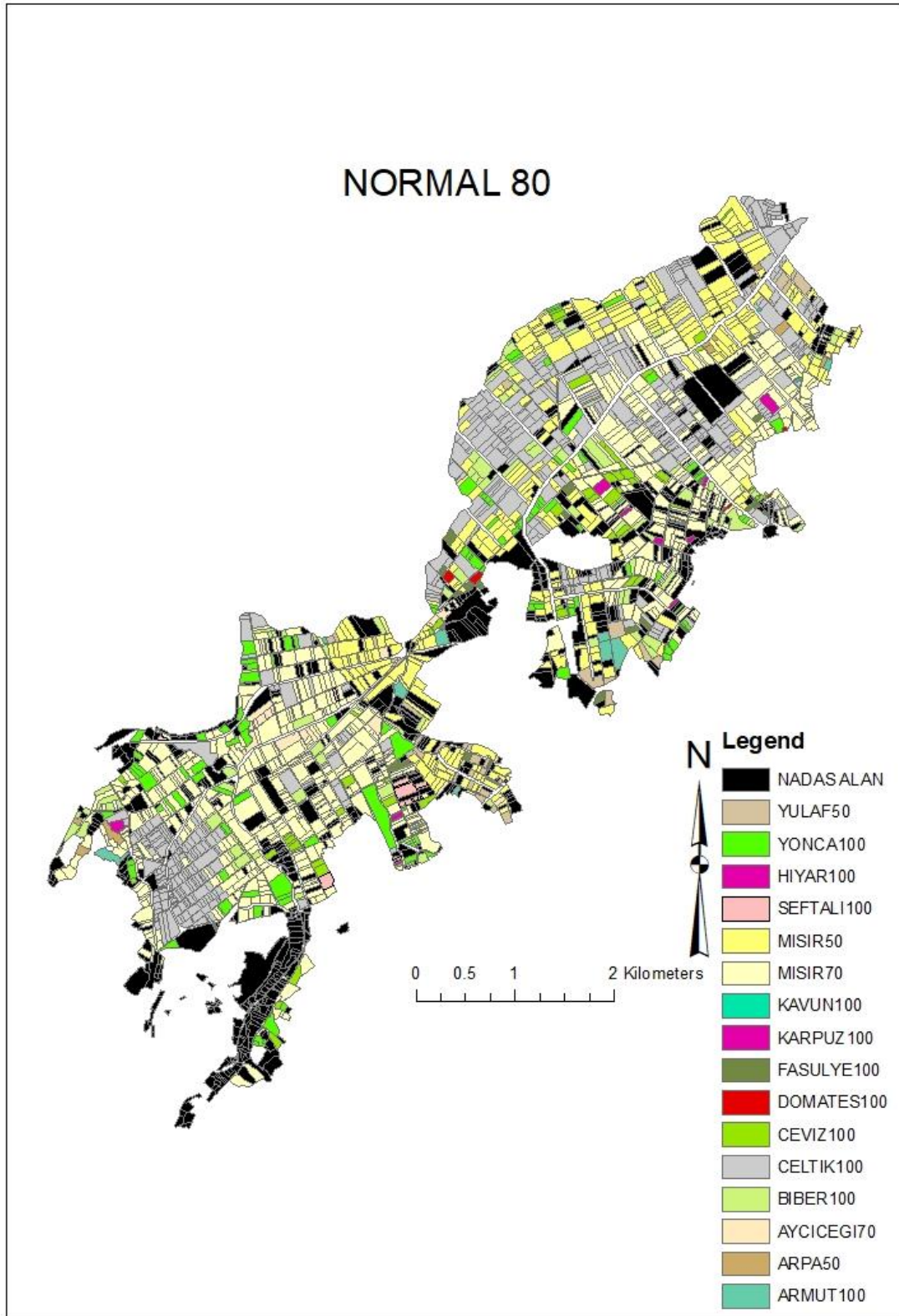
Barajdaki su miktarı yetersiz, %80 olması durumunda farklı güvenilir yağış koşulları için önce sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulama yapılması durumunda, harcadıkları mevsimsel su ihtiyaçları baraj kapasitesinden düşülerek kalan bitkiler optimizasyon modeline sokulmuş ve sonuçlar Tablo 13' de verilmiştir.

Tablo 13 incelendiğinde, farklı yağış koşullarında sabit tesislerin sulama oranlarına göre gelirlerin nasıl değiştiği görülmektedir. Sabit tesisler %100 sulandığında sadece sabit tesislerden elde edilen gelir 35.549.590,6 TL'dir. Sabit tesisler %70 sulandığında, yağışlı koşullarda elde edilen en fazla gelir 29.134.022,0 TL iken, kurak koşullarda elde edilen en az gelir 21.660.999,1 TL'dir. Bu durumda, yağışlı koşullara kıyasla kurak koşullarda gelir %25,6 azalmıştır. Sabit tesisler %50 sulandığında ise, yağışlı koşullarda elde edilen en fazla gelir 24.168.289,3 TL, kurak koşullarda ise en az gelir 21.445.414,4 TL'dir. Burada, yağışlı koşullara göre kurak koşullarda gelir %11,3 azalmıştır. Tek yıllık bitkilerin optimizasyon sonuçlarına bakıldığında, sabit tesisler %100 sulandığında kurak koşullarda elde edilen gelir 155.313.244,7 TL, normal koşullarda 160.448.045,2 TL, yağışlı koşullarda ise 171.214.606,8 TL'dir. Bu veriler, yağışlı koşullarda kurak koşullara göre %10,2 daha fazla gelir sağlanmıştır. Tüm güvenilir yağış koşullarında barajdaki su miktarı yetersiz olup, %80 olması durumunda kuraklığa toleransı diğer bitkilere göre yüksek olan arpa, ayçiçeği, mısır, yulaf bitkilerinde kısıntılı sulama çözüme girmiştir. Tablo 13 verilerine göre, arpa bitkisi 73,4 dekar alanda %50 kısıntılı sulama yapılarak farklı yağış koşullarında değişen gelirler elde edilmiştir. Kurak koşullarda 11.557,9 m³ su kullanılarak elde edilen 124.379,3 TL brüt kar, normal koşullarda 6.795,9 m³ su kullanılarak elde edilen 138.443,2 TL brüt kara göre %11,3 artış göstermiştir. Yağışlı koşullarda ise 2.559 m³ su kullanılarak 140.900,4 TL brüt kar elde edilmiş, bu da normal koşullara göre %1,8 artışa işaret etmektedir. Ayçiçeği bitkisi, 220,1 dekar alanda %50 kısıntılı sulamada kurak koşullarda 47.429,4 m³ su kullanılarak 695.625,6 TL brüt kar elde edilmiştir. Normal koşullarda %70 kısıntılı sulamayla 64.266,3 m³ su kullanılarak elde edilen 783.699,6 TL brüt kar, kurak koşullara göre %12,7 artmıştır. Yağışlı koşullarda ise 49.084,5 m³ su kullanarak elde edilen 913.410 TL brüt kar, normal koşullara göre %16,6 artış göstermiştir. Mısır bitkisinde 8016,9 da alanda kurak koşullar için iki farklı sulama suyu seviyesinde çözüme girmiş,%70 kısıntılı sulamayla 1053,7 da alanda 517348,1 m³ sulama suyu harcayarak

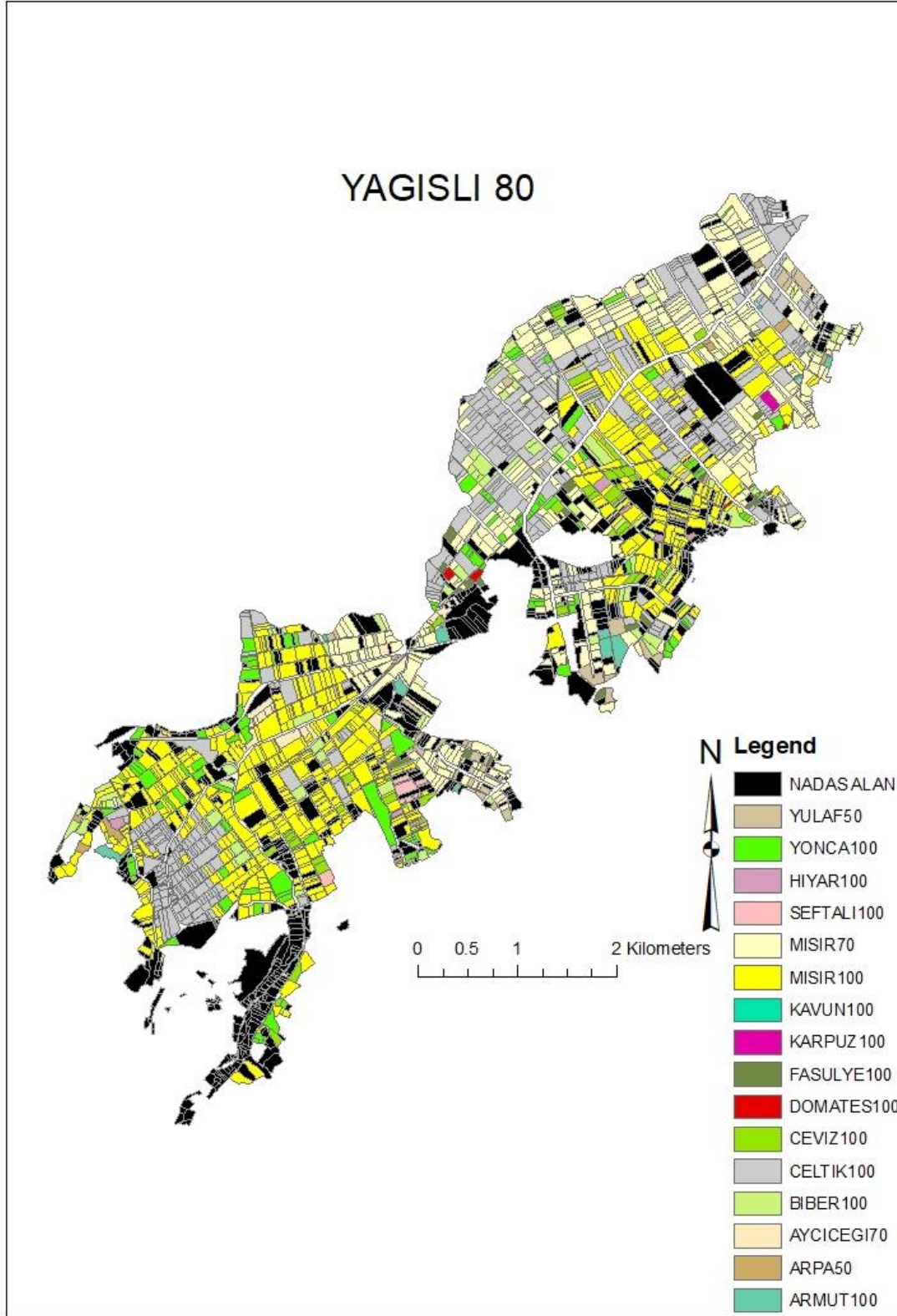
22.281.019,1 TL. brüt kar elde edilmiş, normal koşullarda ise yine iki farklı sulama suyu seviyesinde çözüme girmiş %70 kısıntılı sulama uygulanarak 5104,1 da alanda 2401488,4 m³ sulama suyu miktarıyla 19.262.948,2 TL brüt kar elde edilmiş, %50 sulama suyu seviyesinde ise 2912,8 da alanda 2401488,8 m³ su harcayarak 19.262.948,2 TL, brüt kar elde edilmiştir. Yağışlı koşullarda ise mısır %100 ve %70 şeklinde iki farklı sulama seviyesinde çözüme ulaşmıştır. %100 sulama seviyesinde 4697,1 da alanda 2714603 m³ sulama suyu harcayarak 23955293,4 TL brüt kar elde edilmiştir, %70 sulama seviyesinde 3319,8 da alanda 1343984,9 m³ sulama suyu harcayarak 13985004,8 TL brüt kar elde edilmiştir. Yulaf bitkisi, 260,5 dekar alanda %50 kısıntılı sulama ile kurak koşullarda 25.609,1 m³ su kullanılarak 287.077,4 TL brüt kar elde edilmiştir. Normal koşullarda 9.014 m³ su kullanılarak elde edilen 301.887,4 TL brüt kar, kurak koşullara göre %5,1 artış gösterirken, yağışlı koşullarda aynı su miktarı ile elde edilen 309.664,5 TL brüt kar normal koşullara göre %2,6 artmıştır.



Şekil 11. Kurak yılda baraj kapasitesi %80 olduğunda optimum bitki deseni



Şekil 12. Normal yılda baraj kapasitesi %80 olduğunda optimum bitki deseni



Şekil 13. Yağışlı yılda baraj kapasitesi %80 olduğunda optimum bitki deseni

Tablo 13

Barajdaki su miktarının yetersiz (k2) (%80) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında optimum bitki deseni

BİTKİLER	Kurak % 80								
	SBT 100			SBT 70			SBT 50		
	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)
ARMUT	696.224,2	104433,6	137,2	530.548,6	73103,5	137,2	405.228,2	52216,8	137,2
CEVİZ	34.322.400	358478,4	381,4	26.351.976	250934,9	381,4	20.726.916	179239,2	381,4
ŞEFTALİ	530.966,4	61093,5	80,9	403.534,5	42765,5	80,9	313.270,2	30546,8	80,9
TOPLAM	35.549.590,6	524005,54	599,5	27.286.059,1	366803,8752	599,5	21.445.414,4	262002,768	599,5
ARPA50	124.379,3	11557,9	73,4	124.379,3	11557,9	73,4	124.379,3	11557,9	73,4
AYCICEĞİ50	695.625,6	47429,4	220,1	695.625,6	47429,4	220,1	695.625,6	47429,4	220,1
BİBER100	18.928.700	504353,3	772,6	18.928.700	504353,3	772,6	18.928.700	504353,3	772,6
CELTIK100	43.127.841,8	3362150,4	3799,0	43.127.841,8	3362150,4	3799,0	43.127.841,8	3362150,4	3799,0
DOMATES100	556.308,8	14071,9	25,7	556.308,8	14071,9	25,7	556.308,8	14071,9	25,7
FASULYE100	1.410.282,1	72013,3	132,7	1.410.282,1	72013,3	132,7	1.410.282,1	72013,3	132,7
KARPUZ100	127.197	9527,7	20,2	127.197	9527,7	20,2	127.197	9527,7	20,2
KAVUN100	53.892,9	2471,7	4,7	53.892,9	2471,7	4,7	53.892,9	2471,7	4,7
MISIR70	3.885.484,7	517348,1	1053,7	8.017.322,5	1067497,9	2174,1	10.771.881,1	1434264,5	2174,1
MISIR50	18.395.534,4	2442014,5	6963,3	15.435.482,1	2049066,4	5842,8	13.462.113,8	1787101,0	5842,8
HIYAR100	10.763.640	34146,7	61,9	10.763.640	34146,7	61,9	10.763.640	34146,7	61,9
YONCA100	21.392.880	724416,4	891,4	21.392.880	724416,4	891,4	21.392.880	724416,4	891,4
YULAF50	301.887,4	42100	260,5	301.887,4	42100	260,5	301.887,4	42100	260,5
NADAS	0	0	4240,75	0	0	4240,75	0	0	4240,8
TOPLAM	119.763.654,1	7750515,3	18519,8	120.935.439,5	7907716,9	18519,8	121.716.629,8	8012518,0	18519,8
GENEL TOPLAM	155.313.244,7	8274520,8	19119,2	148.221.498,6	8274520,8	19119,2	143.162.044,2	8274520,8	19119,2

Tablo 13

Barajdaki su miktarının yetersiz (k2) (%80) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında optimum bitki deseni (devamı)

BİTKİLER	Normal %80								
	SBT 100			SBT 70			SBT 50		
	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)
ARMUT	696.224,2	95696,5	137,2	553.498,2	66987,6	137,2	409.354,0	47848,3	137,2
CEVİZ	34.322,400	318435,6	381,4	26.874.439,2	222904,9	381,4	21.314.210,4	159217,8	381,4
ŞEFTALİ	530.966,4	57046,5	80,9	418.932,5	39932,6	80,9	331.323,0	28523,3	80,9
TOPLAM	35.549.590,6	471178,6	599,5	27.846.869,9	329825,1	599,5	22.054.887,5	235589,3	599,5
ARPA50	138.443,2	6795,9	73,4	138.443,2	6795,9	73,4	138.443,2	6795,9	73,4
AYCICEĞİ70	783.699,6	64266,3	220,1	783.699,6	64266,3	220,1	783.699,6	64266,3	220,1
BİBER100	18.928.700	487047,0	772,6	18.928.700	487047,0	772,6	18.928.700	487047,0	772,6
CELTİK100	43.127.841,8	3088619,5	3799,0	43.127.841,8	3088619,5	3799,0	43.127.841,8	3088619,5	3799,0
DOMATES100	556.308,8	14125,8	25,7	556.308,8	14125,8	25,7	556.308,8	14125,8	25,7
FASULYE100	1.410.282,1	62116,1	132,7	1.410.282,1	62116,1	132,7	1.410.282,1	62116,1	132,7
KARPUZ100	127.197	8544,4	20,2	127.197,0	8544,4	20,2	127.197,0	8544,4	20,2
KAVUN100	53.892,9	2313,2	4,7	53.892,9	2313,2	4,7	53.892,9	2313,2	4,7
MİSİR70	19.262.948,2	2401488,4	5104,1	23.232.207,6	2896331,1	6155,9	25.878.380,5	3226226,3	6857,0
MİSİR50	8.065.543,7	978992,1	2912,8	5.153.281,1	625503,0	1861,1	3.211.772,6	389843,5	1159,9
HIYAR100	10.763.640	32334,2	61,9	10.763.640	32334,2	61,9	10.763.640	32334,2	61,9
YONCA100	21.392.880	631090	891,4	21.392.880	631090	891,4	21.392.880	631090	891,4
YULAF50	287.077,4	25609,1	260,5	287.077,4	25609,1	260,5	287.077,4	25609,1	260,5
NADAS	0	0	4240,8	0	0	4240,8	0	0	4240,8
TOPLAM	124.898.454,6	7803342,2	18519,8	125.955.451,3	7944695,7	18519,8	126.660.115,8	8038931,5	18519,8
GENEL TOPLAM	160.448.045,2	8274520,8	19119,2	153.802.321,2	8274520,8	19119,2	148.715.003,3	8274.520,8	19119,2

Tablo 13

Barajdaki su miktarının yetersiz (k2) (%80) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında optimum bitki deseni (devamı)

BİTKİLER	Yağışlı %80								
	SBT 100			SBT 70			SBT 50		
	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)
ARMUT	696.224,2	71295,8	137,2	604.322,6	49907,0	137,2	513.813,4	35647,9	137,2
CEVİZ	34.322,400	250934,9	381,4	28.075.723,2	175654,4	381,4	23.270.587,2	125467,4	381,4
ŞEFTALİ	530.966,4	42703,9	80,9	453.976,3	29892,8	80,9	383.888,7	21352,0	80,9
TOPLAM	35.549.590,6	364934,6	599,5	29.134.022,0	255454,2	599,5	24.168.289,3	182467,3	599,5
ARPA50	140.900,4	2559,0	73,4	140.900,4	2559,0	73,4	140.900,4	2559,0	73,43
AYCICEĞİ70	913.410,4	49084,5	220,1	913.410,4	49084,5	220,1	913.410,4	49084,5	220,9
BİBER100	18.928.700	401443,0	772,6	18.928.700	401443,0	772,6	18.928.700	401443,0	772,6
CELİK100	43.127.841,8	2704536,6	3799,0	43.127.841,8	2704536,6	3799,0	43.127.841,8	2704536,6	3799,04
DOMATES100	556.308,8	11062,0	25,7	556.308,8	11062,0	25,7	556.308,8	11062,0	25,66
FASULYE100	1.410.282,1	58600,3	132,7	1.410.282,1	58600,3	132,7	1.410.282,1	58600,3	132,67
KARPUZ100	127.197	6521,4	20,2	127.197	6521,4	20,2	127.197	6521,4	20,19
KAVUN100	53.892,9	1954,4	4,7	53.892,9	1954,4	4,7	53.892,9	1954,4	4,66
MİSİR100	23.955.293,4	2714603,0	4697,1	27.174.747,5	3079537,6	5328,4	29.321.050,3	3322827,3	5749,225539
MİSİR70	13.985.004,8	1343984,9	3319,8	11.325.735,7	1088530,7	2688,5	9.552.889,7	918227,9	2267,694461
HIYAR100	10.763.640	26476,1	61,9	10.763.640	26476,1	61,9	10.763.640	26476,1	61,86
YONCA100	21.392.880	579747,0	891,4	21.392.880	579747,0	891,4	21.392.880	579747,0	891,37
YULAF50	309.664,5	9014,0	260,5	309.664,5	9014,0	260,5	309.664,5	9014,0	260,52
NADAS	0	0	4240,8	0	0	4240,8	0	0	4240,75
TOPLAM	135.665.016,2	7909586,2	18519,8	136.225.201,2	8019066,6	18519,8	136.598.657,9	8092053,5	18519,76
GENEL TOPLAM	171.214.606,8	8274520,8	19119,2	165.359.223,2	8274520,8	19119,2	160.766.947,2	8274520,8	19119,2

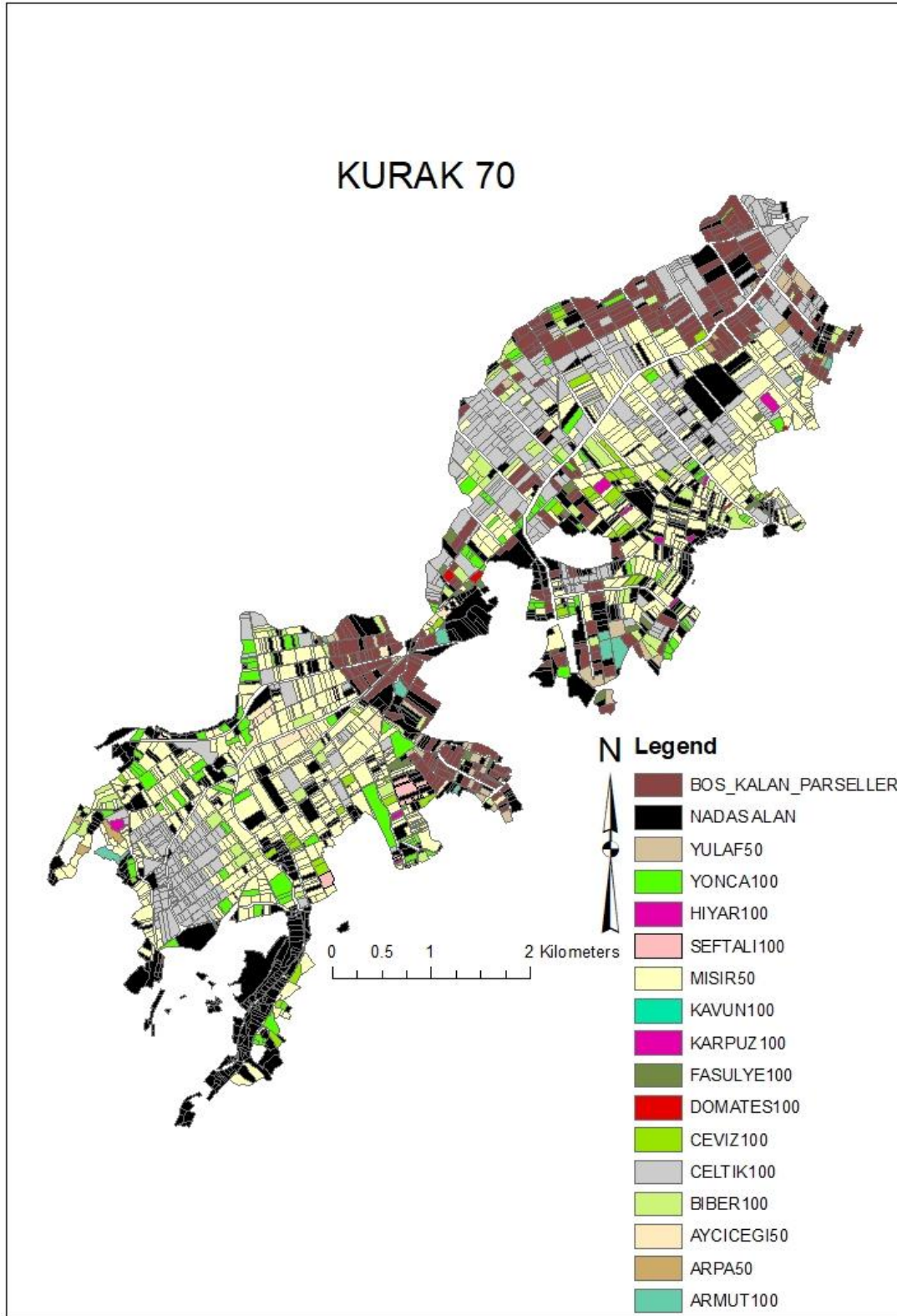
Barajdaki Su Miktarının Yetersiz (K3) (%70) Olması Durumunda Farklı Güvenilir Yağış Koşulları için Optimum Bitki Deseni Sonuçları

Barajdaki su miktarı yetersiz, %70 olması durumunda farklı yağış koşulları için önce sabit tesisler %100-%70-%50 farklı sulama seviyelerinde sulama yapılması durumunda harcadıkları mevsimsel su ihtiyaçları baraj kapasitesinden düşülerek kalan bitkiler optimizasyon modeline sokulmuş ve sonuçlar Tablo 14 de verilmiştir.

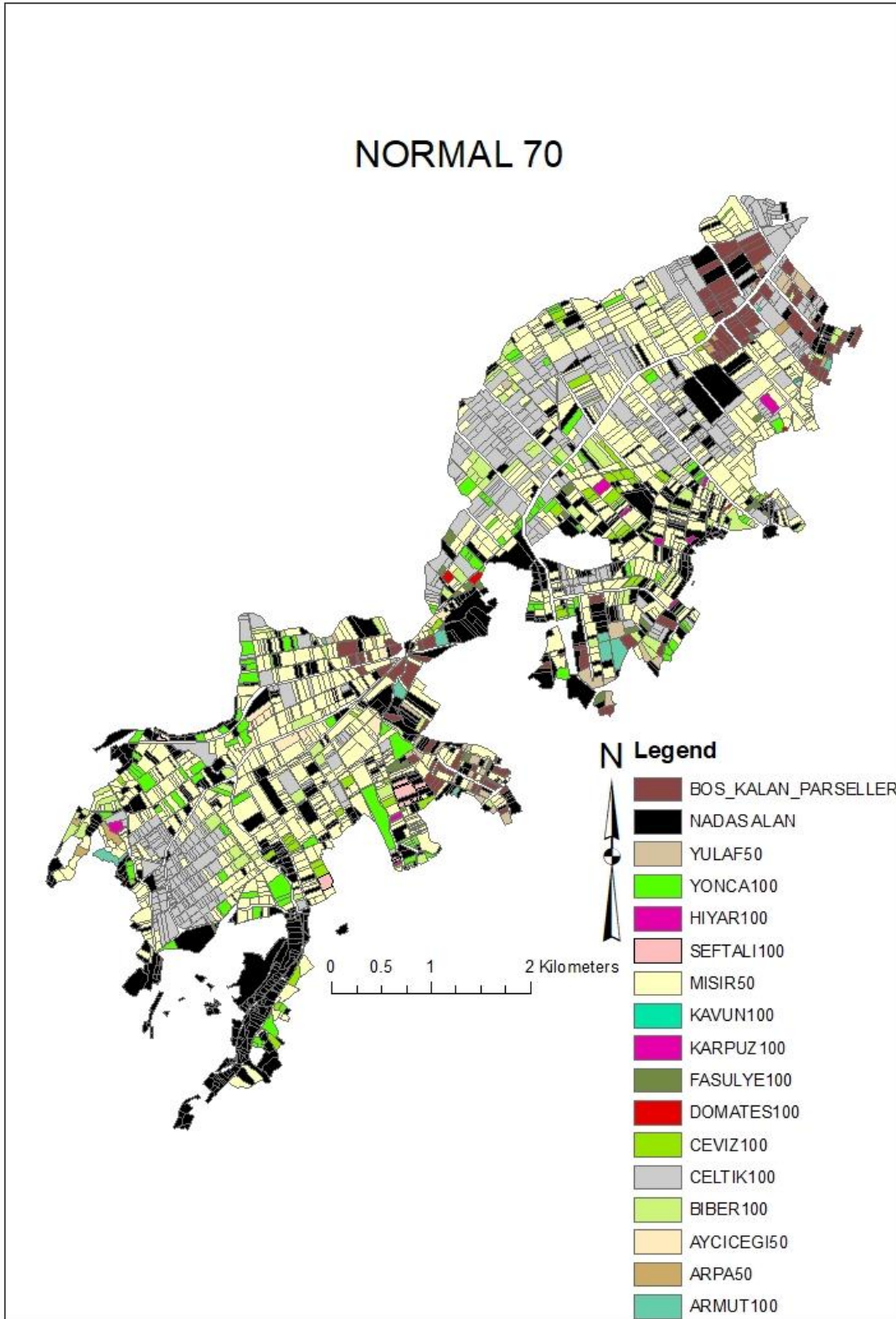
Tablo 14 incelendiğinde, farklı yağış koşulları ve sulama suyu seviyeleri altında sabit tesislerin toplam brüt kar değerlerinin sabit kaldığı görülmüştür. Baraj kapasitesi %70 olduğunda, tek yıllık bitkilerin optimizasyon sonuçlarına göre, sabit tesisler %100 sulandığında kurak koşullarda 147.533.481,9 TL brüt kar elde edilirken, normal koşullarda bu değer 152.455.433 TL'ye yükselmiş ve %3,3 artış göstermiştir. Yağışlı koşullarda ise 165.451.784,8 TL brüt kar elde edilmiş, normal koşullara göre %8,5 artış olmuştur. Kurak koşullarda, 7.240.205,1 m³ su ile 16.591,5 dekar alanda üretim yapılırken, mısır için planlanan 2.527,7 dekar alan boş kalmıştır. Normal koşullarda ise aynı su miktarıyla 18.137,2 dekar alanda üretim yapılmış, mısır için ayrılan 982 dekar alan boş kalmıştır. Bu, kurak koşullara kıyasla %9,3 daha fazla üretim alanı kullanıldığını gösterir. Yağışlı koşullarda bu baraj seviyesinde herhangi bir parsel boş kalmamıştır, bu da normal koşullara göre %5,4 artış anlamına gelir. Arpa bitkisi kurak koşullarda 73,4 dekar alanda 2.559 m³ su kullanarak 140.900,4 TL brüt kar elde etmiş, normal koşullarda 6.795,9 m³ su kullanarak elde edilen 138.443,2 TL'ye göre %1,8 azalış göstermiştir. Yağışlı koşullarda ise 11.557,9 m³ su kullanılarak elde edilen 124.379,3 TL, normal koşullara kıyasla %10,2 daha düşüktür. Ayçiçeği bitkisi kurak koşullarda 47.429,4 m³ su kullanarak 695.625,6 TL brüt kar elde ederken, normal koşullarda 45.998,8 m³ su ile 639.916,5 TL brüt kar elde edilmiş, %8,0 azalmıştır. Yağışlı koşullarda ise 35.060,3 m³ su kullanarak elde edilen 834.734,3 TL brüt kar, normal koşullara göre %30,5 artış göstermiştir. Mısır bitkisi %50 sulama suyu seviyesinde kurak koşullarda 1.925.047,6 m³ su kullanarak 14.501.256,4 TL brüt kar elde ederken, normal koşullarda 2.364.432,9 m³ su kullanarak 19.479.662,8 TL elde edilmiş, %34,3 artış yaşanmıştır. Yağışlı koşullarda ise %70 kısıntılı sulamayla 32.442.070 m³ su kullanarak elde edilen 33.772.077,2 TL, normal koşullara göre %73,4 artmıştır. Yulaf bitkisi için %50 kısıntılı sulama seviyesinde, kurak koşullarda 25.609,1 m³ su kullanılarak elde edilen 287.077,4 TL brüt kar, normal koşullarda 9.014 m³ su kullanarak

elde edilen 301.887,4 TL'ye göre %5,2 artış gösterirken, yağışlı koşullarda elde edilen 309.664,5 TL, normal koşullara göre %2,6 artmıştır.

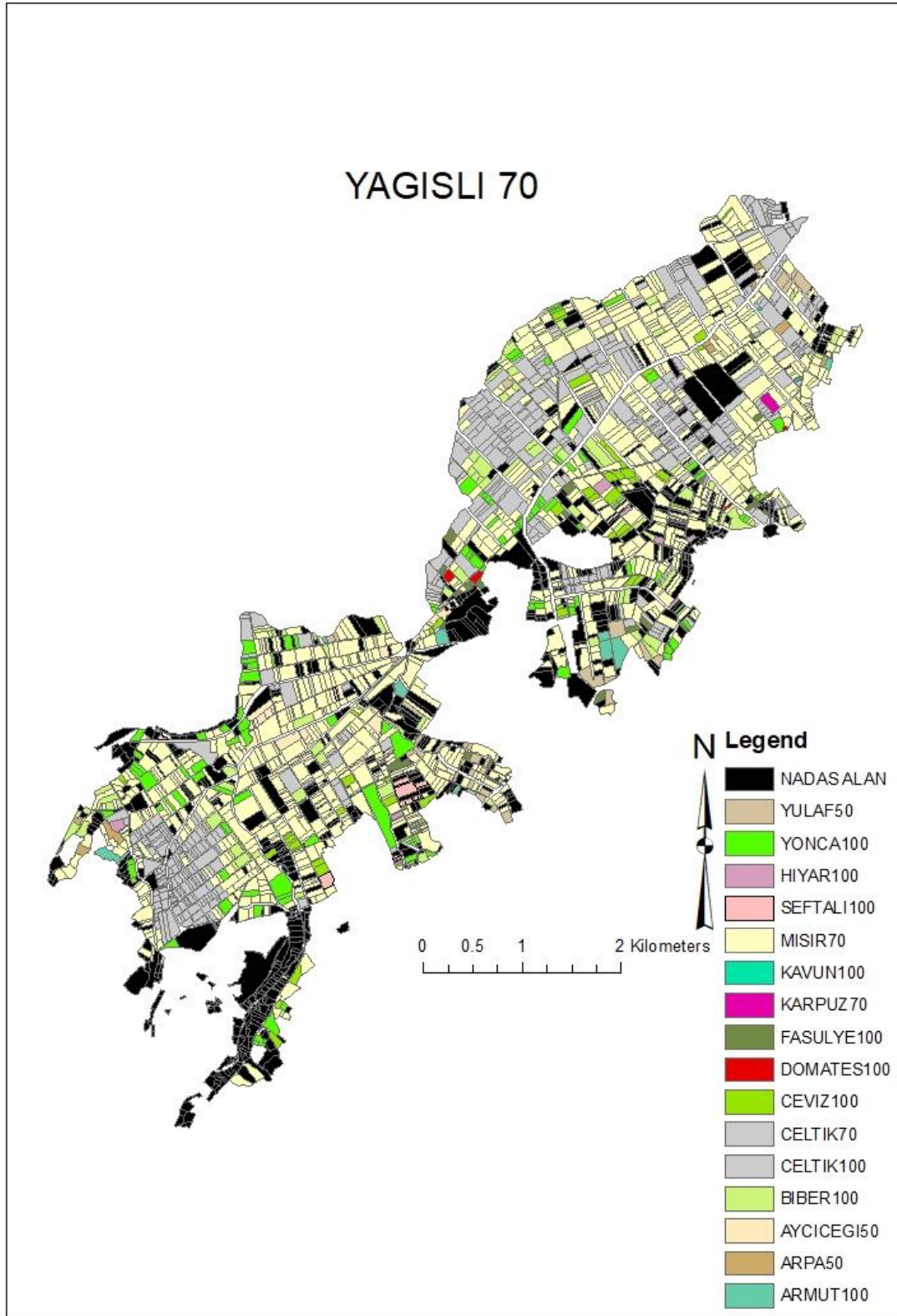




Şekil 14. Kurak yılda baraj kapasitesi %70 olduğunda optimum bitki deseni



Şekil 15. Normal yılda baraj kapasitesi %70 olduğunda optimum bitki deseni



Şekil 16. Yağışlı yılda baraj kapasitesi %70 olduğunda optimum bitki deseni

Tablo 14

Barajdaki su miktarının yetersiz (K3) (%70) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında optimum bitki deseni

BİTKİLER	Kurak %70								
	SBT 100			SBT 70			SBT 50		
	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)
ARMUT	696.224,2	104433,6	137,2	530.548,6	73103,5	137,2	405.228,2	52216,8	137,2
CEVİZ	34.322,4	358478,4	381,4	26.351.976	250934,9	381,4	20.726.916	179239,2	381,4
ŞEFTALİ	530.966,4	61093,5	80,9	403.534,5	42765,5	80,9	313.270,2	30546,8	80,9
TOPLAM	35.549.590,6	524005,5	599,5	27.286.059,1	366803,9	599,5	21.445.414,4	262002,8	599,5
ARPA50	124.379,3	11557,9	73,4	124.379,3	11557,9	73,4	124.379,3	11557,9	73,4
AYCICEGI50	695.625,6	47429,4	220,1	695.625,6	47429,4	220,1	695.625,6	47429,4	220,1
BİBER100	18.928,700	504353,3	772,6	18.928.700	504353,3	772,6	18.928.700	504353,3	772,6
CELTİK100	43.127.841,8	3362150,4	3799,0	43.127.841,8	3362150,4	3799,0	43.127.841,8	3362150,4	3799,0
DOMATES100	556.308,8	14071,9	25,7	556.308,8	14071,9	25,7	556.308,8	14071,9	25,7
FASULYE100	1.410.282,1	72013,3	132,7	1.410.282,1	72013,3	132,7	1.410.282,1	72013,3	132,7
KARPUZ100	127.197	9527,7	20,2	127.197	9527,7	20,2	127.197	9527,7	20,2
KAVUN100	53.892,9	2471,7	4,7	53.892,9	2471,7	4,7	53.892,9	2471,7	4,7
MİSİR50	14.501.256,4	1925047,6	5489,2	15.685.446,2	2082249,2	5937,4	16.474.906	2187050,3	6236,2
HIYAR100	10.763.640	34146,7	61,9	10.763.640	34146,7	61,9	10.763.640	34146,7	61,9
YONCA100	21.392.880	724416,4	891,4	21.392.880	724416,4	891,4	21.392.880	724416,4	891,4
YULAF50	301.887,4	42100	260,5	301.887,4	42100	260,5	301.887,4	42100	260,5
NADAS	0	0	4240,8	0	0	4240,8	0	0	4240,8
TOPLAM	111.983.891,3	6716200,2	15992,0	113.168.081,1	6873401,8	16440,2	113.957.540,9	6978202,9	16739,1
GENEL TOPLAM	147.533.481,9	7240205,7	16591,5	140.454.140,1	7240205,7	17039,7	135.402.955,3	7240205,7	17338,5

Tablo 14

Barajdaki su miktarının yetersiz (K3) (%70) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında optimum bitki deseni (devamı)

BİTKİLER	Normal %70								
	SBT 100			SBT 70			SBT 50		
	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)
ARMUT	696.224,2	95696,5	137,2	553.498,2	66987,6	137,2	409.354	47848,3	137,2
CEVİZ	34.322,400	318435,6	381,4	26.874.439,2	222904,9	381,4	21.314.210,4	159217,8	381,4
ŞEFTALİ	530.966,4	57046,5	80,9	418.932,5	39932,6	80,9	331.323	28523,3	80,9
TOPLAM	35.549.590,6	471178,6	599,5	27.846.869,9	329825,1	599,5	22.054.887,5	235589,3	599,5
ARPA50	138.443,2	6795,9	73,4	138.443,2	6795,9	73,4	138.443,2	6795,9	73,4
AYCICEGI50	639.916,5	45998,8	220,1	639.916,5	45998,8	220,1	639.916,5	45998,8	220,1
BİBER100	18.928,700	487047,0	772,6	18.928,700	487047,0	772,6	18.928,700	487047,0	772,6
CELTİK100	43.127.841,8	3088619,5	3799,0	43.127.841,8	3088619,5	3799,0	43.127.841,8	3088619,5	3799,0
DOMATES100	556.308,8	14125,8	25,7	556.308,8	14125,8	25,7	556.308,8	14125,8	25,7
FASULYE100	1.410.282,1	62116,1	132,7	1.410.282,1	62116,1	132,7	1.410.282,1	62116,1	132,7
KARPUZ100	127.197	8544,4	20,2	127.197	8544,4	20,2	127.197	8544,4	20,2
KAVUN100	53.892,9	2313,2	4,7	53.892,9	2313,2	4,7	53.892,9	2313,2	4,7
MISIR50	19.479.662,8	2364432,9	7034,9	20.644.221,2	2505786,5	7455,5	21.420.593,6	2600022,2	7735,9
HIYAR100	10.763,640	32334,2	61,9	10.763,640	32334,2	61,9	10.763,640	32334,2	61,9
YONCA100	21.392,880	631090	891,4	21.392,880	631090	891,4	21.392,880	631090	891,4
YULAF50	287.077,4	25609,1	260,5	287.077,4	25609,1	260,5	287.077,4	25609,1	260,5
NADAS	0	0	4240,8	0	0	4240,8	0	0	4240,8
TOPLAM	116.905.842,5	6769027,1	17537,7	118.070.400,9	6910380,6	17958,3	118.846.773,2	7004616,4	18238,7
GENEL TOPLAM	152.455.433,0	7240205,7	18137,2	145.917.270,8	7240205,7	18557,8	140.901.660,7	7240205,7	18838,2

Tablo 14

Barajdaki su miktarının yetersiz (K3) (%70) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında optimum bitki deseni (Devamı)

BİTKİLER	Yağışlı %70								
	SBT 100			SBT 70			SBT 50		
	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)
ARMUT	696.224,2	71295,8	137,2	604.322,6	49907,0	137,2	513.813,4	35647,9	137,2
CEVİZ	34.322,400	250934,9	381,4	28.075.723,2	175654,4	381,4	23.270.587,2	125467,4	381,4
ŞEFTALİ	530.966,4	42703,9	80,9	453.976,3	29892,8	80,9	383.888,7	21352,0	80,9
TOPLAM	35.549.590,6	364934,6	599,5	29.134.022	255454,2	599,5	24.168.289,3	182467,3	599,5
ARPA50	140.900,4	2559,0	73,4	140.900,4	2559,0	73,4	140.900,4	2559,0	73,43
AYCICEĞİ50	834.734,3	35060,3	220,1	834.734,3	35060,3	220,1	834.734,3	35060,3	2209
BİBER100	18.928,700	401443,0	772,6	18.928,700	401443,0	772,6	18.928,700	401443,0	772,6
CELİK100	32.297,860	2024691,0	2845,0	38.117.282,6	2389625,6	3357,7	41.996.897,7	2632915,3	3699,41754
CELİK70	9.324.614,3	475891,9	954,0	4.314.091,4	220437,7	441,4	973.742,8	50134,9	99,6224606
DOMATES100	556.308,8	11062,0	25,7	556.308,8	11062,0	25,7	556.308,8	11062,0	25,66
FASULYE100	1.410.282,1	58600,3	132,7	1.410.282,1	58600,3	132,7	1.410.282,1	58600,3	132,67
KARPUZ70	116.639,6	4565,0	20,2	116.639,6	4565,0	20,2	116.639,6	4565,0	20,19
KAVUN100	53.892,9	1954,4	4,7	53.892,9	1954,4	4,7	53.892,9	1954,4	4,66
MISIR70	33.772.077,2	3244207,0	8016,9	33.772.077,2	3244207,0	8016,9	33.772.077,2	3244207,0	8016,92
HIYAR100	10.763,640	26476,1	61,9	10.763,640	26476,1	61,9	10.763,640	26476,1	61,86
YONCA100	21.392,880	579747,0	891,4	21.392,880	579747,0	891,4	21.392,880	579747,0	891,37
YULAF50	309.664,5	9014,0	260,5	309.664,5	9014,0	260,5	309.664,5	9014,0	260,52
NADAS	0	0	4240,8	0	0	4240,8	0	0	4240,75
TOPLAM	129.902.194,2	6875271,1	18519,8	130.711.094	6984751,5	18519,8	131.250.360,5	7057738,4	18519,8
GENEL TOPLAM	165.451.784,8	7240205,7	19119,2	159.845.116	7240205,7	19119,2	155.418.649,8	7240205,7	19119,2

Barajdaki Su Miktarının Yetersiz (K4) (%50) Olması Durumunda Farklı Güvenilir Yağış Koşulları için Optimum Bitki Deseni Sonuçları

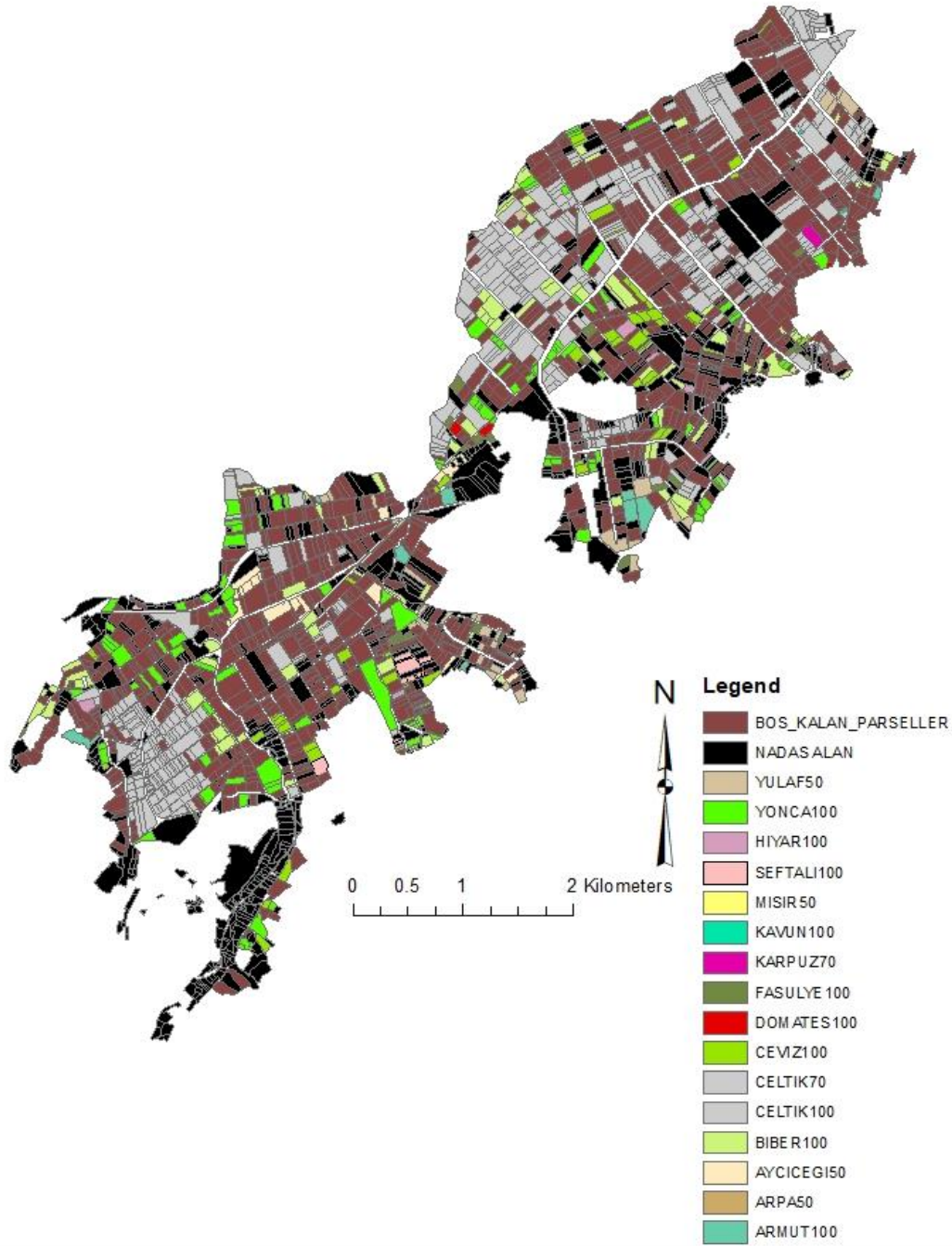
Barajdaki su miktarı yetersiz, %50 olması durumunda farklı yağış koşulları için önce sabit tesisler %100-%70-%50 farklı sulama seviyelerinde sulama yapılması durumunda, harcadıkları mevsimsel su ihtiyaçları baraj kapasitesinden düşülerek kalan bitkiler optimizasyon modeline sokulmuş ve sonuçlar Tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 15 incelendiğinde, farklı yağış koşullarında sabit tesislerin çeşitli sulama seviyelerinde toplam brüt kar değerlerinin değişmediği gözlemlenmiştir. Baraj kapasitesi %50 olan durumda, tek yıllık bitkilerin optimizasyon sonuçlarına göre sabit tesisler %100 sulama altında kurak koşullarda 131.462.787,81 TL, normal koşullarda 135.412.776 TL ve yağışlı koşullarda 148.396.087,4 TL brüt kar elde edilmiştir. Bu durumda, normal koşullardaki kar, kurak koşullara göre %3 artış göstermiş, yağışlı koşullardaki kar ise normal koşullara kıyasla %9,6 artış sergilemiştir. Kurak koşullarda 5.171.575,5 m³ su kullanılarak 11.028,9 dekar alanda üretim yapılmış, arpa ve mısır üretimi için planlanan 8.090,3 dekar alan ise boş kalmıştır. Normal koşullarda aynı su miktarıyla 11.982,4 dekar alanda üretim yapılmış ve mısır için ayrılan 7.136,8 dekar alan boş kalmıştır, bu da kurak koşullara kıyasla %8,6 daha fazla alanın kullanıldığını gösterir. Yağışlı koşullarda bu baraj seviyesinde herhangi bir parsel boş kalmamış, bu da normal koşullara göre %15,5 artış anlamına gelir. Arpa bitkisi, normal koşullarda %50 kısıntılı sulama ile 6.795,9 m³ su kullanarak 138.443,16 TL brüt kar elde ederken, yağışlı koşullarda 2.559 m³ su kullanarak 140.900,42 TL brüt kar elde edilmiştir, bu %1,8’lik bir artışa işaret eder. Ayçiçeği bitkisi ise kurak koşullarda 47.429,4 m³ su kullanarak 695.625,61 TL brüt kar elde ederken, normal koşullarda 45.998,8 m³ su ile 639.916,52 TL brüt kar elde edilmiş, %8 azalmıştır. Yağışlı koşullarda ise 35.060,3 m³ su kullanılarak elde edilen 834.734,33 TL brüt kar, normal koşullara göre %30,5 artış göstermiştir. Çeltik bitkisi %100 kısıntılı sulamada 3.312,5 dekar alanda 2.931.597,5 m³ su kullanarak 37.604.943,01 TL brüt kar elde edilmişken, %70 sulama suyu seviyesinde 486,5 dekar alanda kullanılan aynı su miktarı ile 4.101.626,22 TL brüt kar elde edilmiştir, bu da %89,1 azalış demektir. Karpuz bitkisi kurak koşullarda %70 kısıntılı sulamayla 66.668,8 m³ su kullanarak 103.411,16 TL brüt kar elde ederken, normal koşullarda %100 sulama uygulanarak 8.544,4 m³ su ile 127.197 TL brüt kar elde edilmiş, %23 artış sağlanmıştır. Yağışlı koşullarda ise %70 sulama seviyesinde kullanılan 4.565 m³ su ile 116.639,65 TL brüt kar elde edilmiştir, bu da normal koşullara göre %8,3 azalma anlamına gelir. Mısır bitkisi için %50 sulama suyu seviyesinde normal koşullarda

880,1 da alanda 295802,7 m³ sulama suyu harcayarak 2.437.005,76 TL brüt kar elde edilmiş, yağışlı koşullarda ise 8016,9 da alanda 2317290,7 m³ su harcanarak 26.696.343,6 TL brüt kar elde edilmiştir. Yulaf bitkisi için %50 kısıntılı sulama suyu seviyesinde kurak koşullarda 25.609,1 m³ su kullanılarak 287.077,41 TL brüt kar elde edilirken, normal koşullarda 9.014 m³ su kullanarak 301.887,45 TL elde edilmiş, %5,1 artış göstermiştir. Yağışlı koşullarda aynı su miktarı ile elde edilen 309.664,49 TL, normal koşullara göre %2,6 artışa işaret eder.

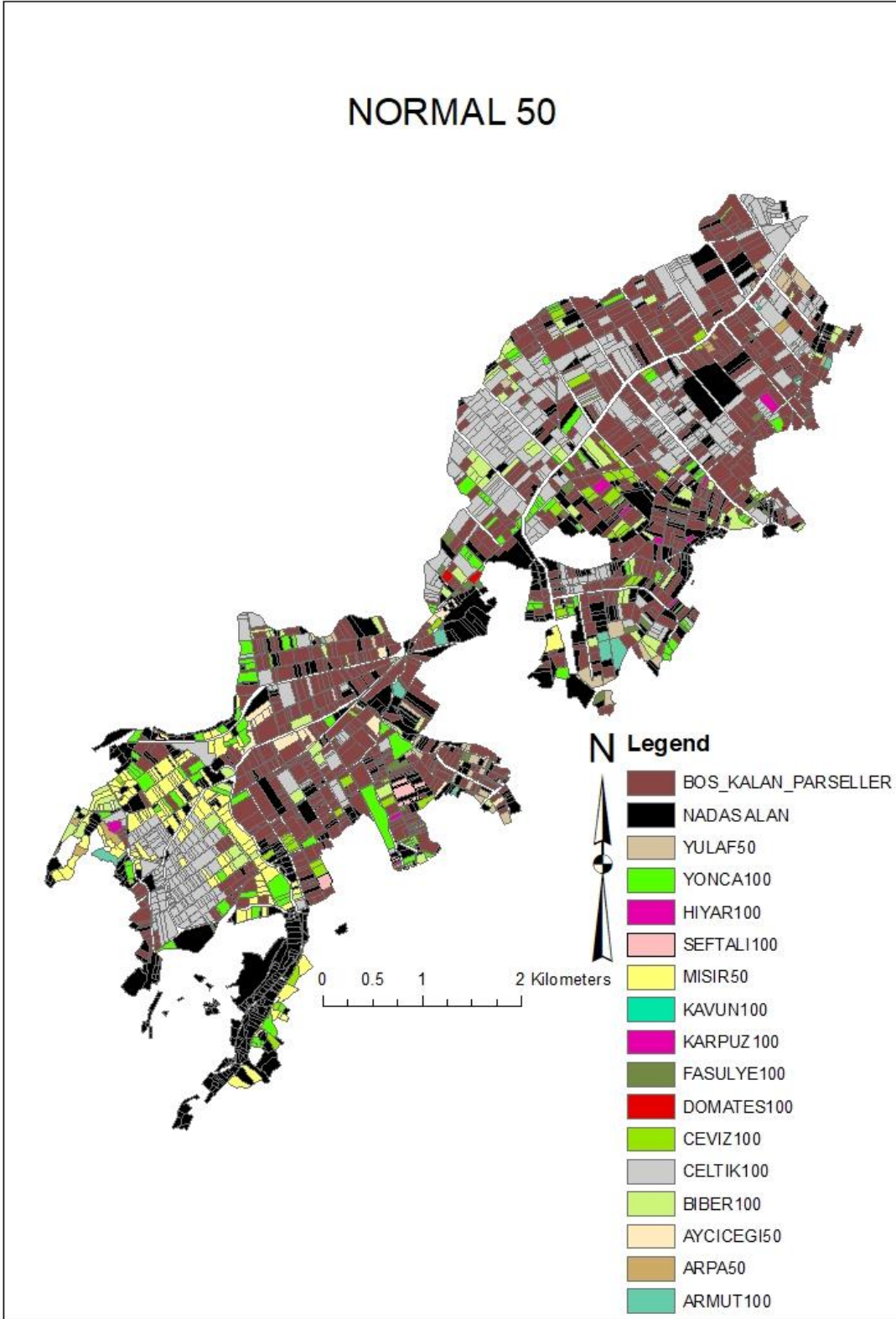


KURAK 50



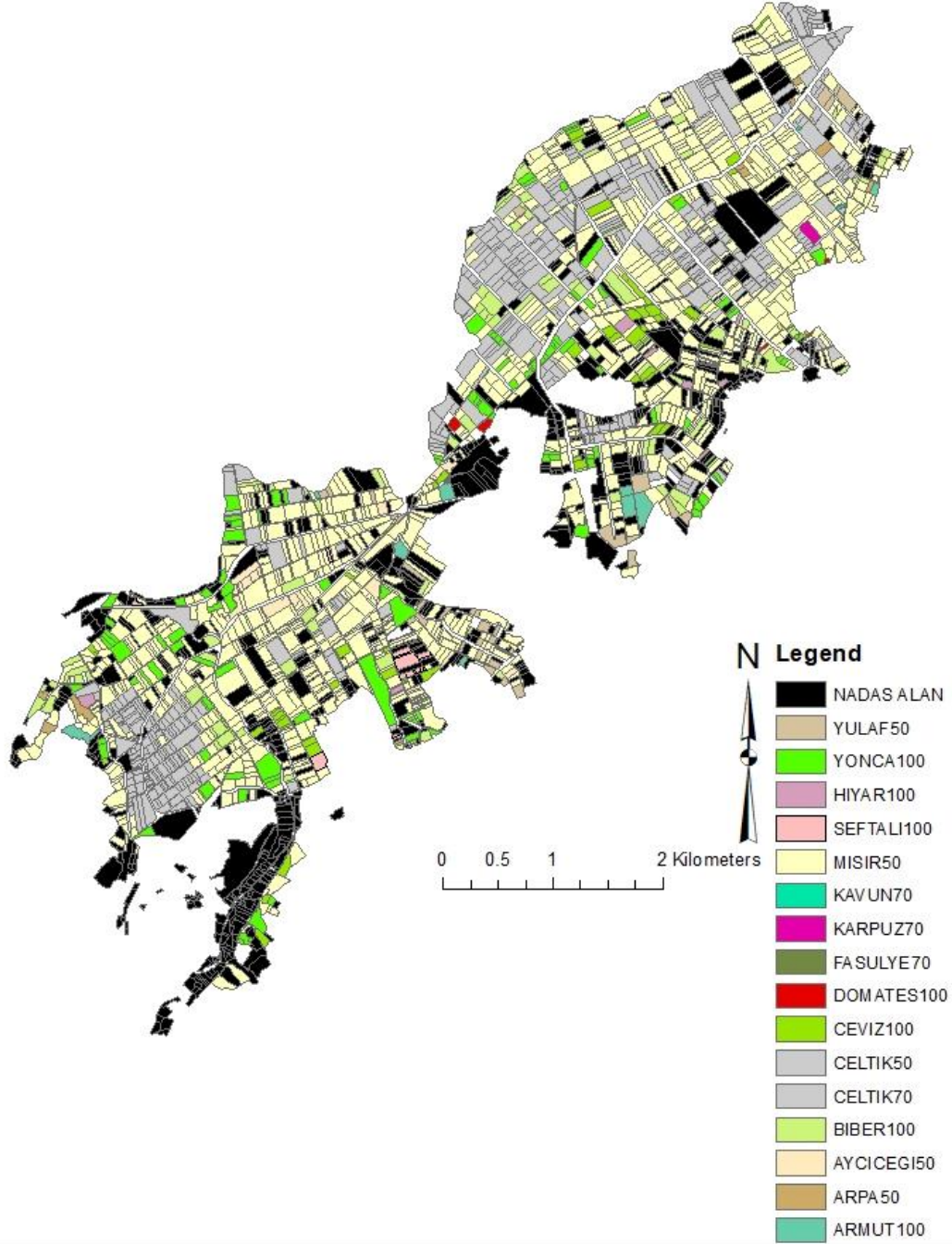
Şekil 17. Kurak yılda baraj kapasitesi %50 olduğunda optimum bitki deseni

NORMAL 50



Şekil 18. Normal yılda baraj kapasitesi %50 olduğunda optimum bitki deseni

YAGISLI 50



Şekil 19. Yağışlı yılda baraj kapasitesi %50 olduğunda optimum bitki deseni

Tablo 15

Barajdaki su miktarının yetersiz (K4) (%50) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında optimum bitki deseni

BİTKİLER	Kurak %50								
	SBT 100			SBT 70			SBT 50		
	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)
ARMUT	696.224,16	104433,6	137,2	530.548,60	73103,5	137,2	405.228,25	52216,8	137,2
CEVİZ	34.322.400	358478,4	381,4	26.351.976	250934,9	381,4	20.726.916	179239,2	381,4
ŞEFTALİ	530.966,40	61093,5	80,9	403.534,46	42765,5	80,9	313.270,18	30546,8	80,9
TOPLAM	35.549.590,56	524005,5	599,5	27.286.059,1	366803,9	599,5	21.445.414,42	262002,8	599,5
ARPA50	0	0	0	124.379,26	11557,9	73,4	124.379,26	11557,9	73,4
AYCICEĞİ50	695.625,61	47429,4	220,1	695.625,61	47429,4	220,1	695.625,61	47429,4	220,1
BİBER100	18.928.700	504353,3	772,6	18.928.700	504353,3	772,6	18.928.700	504353,3	772,6
CELTIK100	37.604.943,01	2931597,5	3312,5	43.127.841,79	3362150,4	3799,0	43.127.841,79	3362150,4	3799,0
CELTIK70	4.101.626,22	301387,0	486,5	0	0	0	0	0	0
DOMATES100	556.308,80	14071,9	25,7	556.308,80	14071,9	25,7	556.308,80	14071,9	25,7
FASULYE100	1.410.282,10	72013,3	132,7	1.410.282,10	72013,3	132,7	1.410.282,10	72013,3	132,7
KARPUZ100	0	0	0	127.197	9527,7	20,2	127.197	9527,7	20,2
KARPUZ70	103.411,16	6668,8	20,2	0	0	0	0	0	0
KAVUN100	53.892,90	2471,7	4,7	53.892,90	2471,7	4,7	53.892,90	2471,7	4,7
MISIR50	0	0	0	102.591,12	13619,0	38,8	892.050,96	118420,1	337,7
HIYAR100	10.763.640	34146,7	61,9	10.763,640	34146,7	61,9	10.763,640	34146,7	61,9
YONCA100	21.392.880	724416,4	891,4	21.392,880	724416,4	891,4	21.392,880	724416,4	891,4
YULAF50	301.887,45	42100	260,5	301.887,45	42100	260,5	301.887,45	42100	260,5
NADAS	0	0	4240,8	0	0	4240,8	0	0	4240,8
TOPLAM	95.913.197,25	4647570	10429,4	97.585.226,03	4804771,6	10541,7	98.374.685,87	4909572,7	10840,5
GENEL TOPLAM	131.462.787,81	5171575,5	11028,9	124.871.285,1	5171575,5	11141,1	119.820.100,29	5171575,5	11440

Tablo 15

Barajdaki su miktarının yetersiz (K4) (%50) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında optimum bitki deseni (devamı)

BİTKİLER	Normal %50								
	SBT 100			SBT 70			SBT 50		
	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)
ARMUT	696.224,16	95696,5	137,2	553.498,21	66987,6	137,2	409.354,02	47848,3	137,2
CEVİZ	34.322,400	318435,6	381,4	26.874.439,20	222904,9	381,4	21.314.210,40	159217,8	381,4
ŞEFTALİ	530.966,40	57046,5	80,9	418.932,49	39932,6	80,9	331.323,03	28523,3	80,9
TOPLAM	35.549.590,56	471178,6	599,5	27.846.869,90	329825,1	599,5	22.054.887,45	235589,3	599,5
ARPA50	138.443,16	6795,9	73,4	138.443,16	6795,9	73,43	138.443,16	6795,9	73,4
AYCICEĞİ50	639.916,52	45998,8	220,1	639.916,52	45998,8	2209	639.916,52	45998,8	220,1
BİBER100	18.928,700	487047,0	772,6	18.928,700	487047,0	772,6	18.928,700	487047,0	772,6
CELİK100	43.127.841,79	3088619,5	3799,0	43.127.841,79	3088619,5	3799,04	43.127.841,79	3088619,5	3799,0
DOMATES100	556.308,80	14125,8	25,7	556.308,80	14125,8	25,66	556.308,80	14125,8	25,7
FASULYE100	1.410.282,10	62116,1	132,7	1.410.282,10	62116,1	132,67	1.410.282,10	62116,1	132,7
KARPUZ100	127.197	8544,4	20,2	127.197	8544,4	20,19	127.197	8544,4	20,2
KAVUN100	53.892,90	2313,2	4,7	53.892,90	2313,2	4,66	53.892,90	2313,2	4,7
MİSİR50	2.437.005,76	295802,7	880,1	3.601.564,2	437156,3	1300,7	4.377.936,53	531392,0	1581,1
HIYAR100	10.763,640	32334,2	61,9	10.763,640	32334,2	61,86	10.763,640	32334,2	61,9
YONCA100	21.392,880	631090	891,4	21.392,880	631090	891,37	21.392,880	631090	891,4
YULAF50	287.077,41	25609,1	260,5	287.077,41	25609,1	260,52	287.077,41	25609,1	260,5
NADAS	0	0	4240,8	0	0	4240,75	0	0	4240,8
OPT TOPLAM	99.863.185,44	4700396,9	11382,9	101.027.743,90	4841750,4	11803,5	101.804.116,21	4935986,2	12083,9
GENEL TOPLAM	135.412.776	5171575,5	11982,4	128.874.613,80	5171575,5	12403,0	123.859.003,66	5171575,5	12683,4

Tablo 15

Barajdaki su miktarının yetersiz (K4) (%50) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında optimum bitki desenin (devamı)

BİTKİLER	Yağışlı %50								
	SBT 100			SBT 70			SBT 50		
	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)
ARMUT	696.224,16	71295,8	137,2	604.322,57	49907,0	137,2	513.813,43	35647,9	137,2
CEVİZ	34.322,400	250934,9	381,4	28.075.723,20	175654,4	381,4	23.270.587,2	125467,4	381,4
ŞEFTALİ	530.966,40	42703,9	80,9	453.976,27	29892,8	80,9	383.888,71	21352,0	80,9
SBT TOPLAM	35.549.590,56	364934,6	599,5	29.134.022,04	255454,2	599,5	24.168.289,3	182467,3	599,5
ARPA50	140.900,42	2559,0	73,4	140.900,42	2559,0	73,4	140.900,4	2559,0	73,43
AYCICEĞİ50	834.734,33	35060,3	220,1	834.734,33	35060,3	220,1	834.734,3	35060,3	2209
BİBER100	18.928,700	401443,0	772,6	18.928,700	401443,0	772,6	18.928,700	401443,0	772,6
CELTİK70	1.710.551,49	86685,0	175,0	9.226.335,81	469866,3	943,9	14.236.858,7	725320,5	1456,5
CELTİK50	30.115.313,42	1290350,4	3624,0	23.725.587,37	1016649,5	2855,1	19.465.770,1	834182,2	2342,4
DOMATES100	556.308,80	11062,0	25,7	556.308,80	11062,0	25,7	556.308,80	11062,0	25,66
FASULYE70	1.232.586,56	41020,2	132,7	1.232.586,56	41020,2	132,7	1.232.586,56	41020,2	132,67
KARPUZ70	116.639,65	4565,0	20,2	116.639,65	4565,0	20,2	116.639,65	4565,0	20,19
KAVUN70	48.234,15	1368,1	4,7	48.234,15	1368,1	4,7	48.234,15	1368,1	4,66
MİSİR50	26.696.343,60	2317290,7	8016,9	26.696.343,60	2317290,7	8016,9	26.696.343,60	2317290,7	8016,9
HIYAR100	10.763,640	26476,1	61,9	10.763,640	26476,1	61,9	10.763,640	26476,1	61,86
YONCA100	21.392,880	579747,0	891,4	21.392,880	579747,0	891,4	21.392,880	579747,0	891,37
YULAF50	309.664,49	9014,0	260,5	309.664,49	9014,0	260,5	309.664,49	9014,0	260,52
NADAS	0	0	4240,8	0	0	4240,8	0	0	4240,75
OPT TOPLAM	112.846.496,90	4806640,9	18519,8	113.972.555,18	4916121,3	18519,8	114.723.260,7	4989108,2	18519,8
GENEL TOPLAM	148.396.087,46	5171575,5	19119,2	143.106.577,23	5171575,5	19119,2	138.891.550,4	5171575,5	19119,2

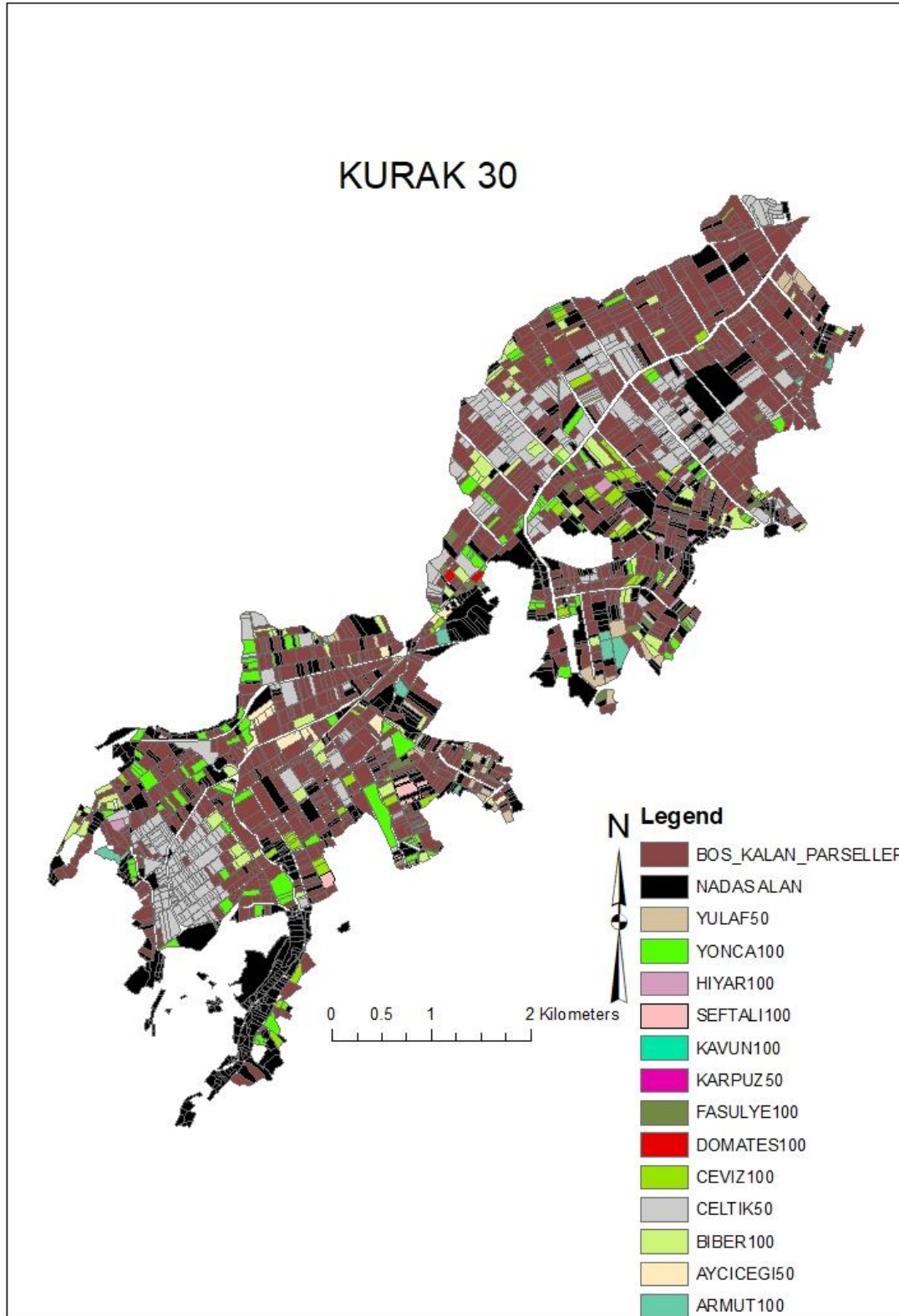
Barajdaki Su Miktarının Yetersiz (K4) (%30) Olması Durumunda Farklı Güvenilir Yağış Koşulları için Optimum Bitki Deseni Sonuçları

Barajdaki su miktarı yetersiz, %30 olması durumunda farklı yağış koşulları için önce sabit tesisler %100-%70-%50 farklı sulama seviyelerinde sulama yapılması durumunda, harcadıkları mevsimsel su ihtiyaçları baraj kapasitesinden düşülerek kalan bitkiler optimizasyon modeline sokulmuş ve sonuçlar Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16’nın analizi, sabit tesislerin farklı sulama suyu seviyeleri altında brüt kar değerlerinin değişmediğini göstermektedir. Baraj kapasitesi %30 olan durumda, tek yıllık bitkilerin optimizasyon sonuçlarına göre sabit tesisler %100 sulamada kurak koşullarda 106.280.361,3 TL, normal koşullarda 111.038.144,9 TL ve yağışlı koşullarda 124.594.789,9 TL brüt kar elde edilmiştir. Normal koşullardaki kar, kurak koşullara göre %4,5 artış göstermişken, yağışlı koşullardaki kar normal koşullara göre %12,2 artmıştır. Kurak koşullarda, 3.102.945,3 m³ su kullanılarak 9.865,4 dekar alanda üretim yapılmış ve 9.253,8 dekar arpa, mısır ve çeltik üretimi planlanan alan boş kalmıştır. Normal koşullarda aynı su miktarıyla 11.982,4 dekar alanda üretim gerçekleştirilmiş ve mısır için ayrılan 7.136,8 dekar alan boş kalmıştır, bu da kurak koşullara göre %21,5 daha fazla alanın kullanıldığını gösterir. Yağışlı koşullarda ise bu baraj seviyesinde 12.053,1 dekar alanda üretim yapılmış ve mısır için planlanan 7.066 dekar alan boş kalmıştır, bu da normal koşullara göre %0,6 daha fazla alan kullanımını ifade eder. Arpa bitkisi normal koşullarda 73,4 dekar alanda %50 sulama suyu seviyesinde 6.795,9 m³ su kullanılarak 138.443,16 TL brüt kar elde etmişken, yağışlı koşullarda 2.859 m³ su kullanarak 140.900,42 TL brüt kar elde edilmiştir, bu da %1,8’lik bir artışa işaret eder. Ayçiçeği bitkisi kurak koşullarda 220 dekar alanda 47.429,4 m³ su kullanarak 695.625,61 TL brüt kar elde ederken, yağışlı koşullarda %50 kısıntılı sulamayla 35.060,3 m³ su kullanılarak 834.734,33 TL brüt kar elde edilmiş, bu da %20 artış göstermiştir. Çeltik bitkisi için %50 kısıntılı sulamada, kurak koşullar dikkate alınmadan, normal koşullarda 3.416,9 dekar alanda 1.390.658,4 m³ su kullanılarak 22.149.077,86 TL brüt kar elde edilmiştir. Yağışlı koşullarda ise 3.799 dekar alanda 1.352.268,3 m³ su kullanılarak 31.569.580,19 TL brüt kar sağlanmış, bu da normal koşullara göre %42,6 artışı temsil eder. Fasulye bitkisi yalnızca yağışlı koşullarda %70 kısıntılı sulama suyu seviyesinde 132,7 dekar alanda 41.020,2 m³ su kullanılarak 1.232.586,56 TL brüt kar elde etmiştir. Karpuz bitkisi için, kurak koşullarda 20,2 dekar alanda %50 sulama suyu seviyesinde 4.764,8 m³ su kullanılarak 80.515,7 TL brüt kar elde edilirken, yağışlı

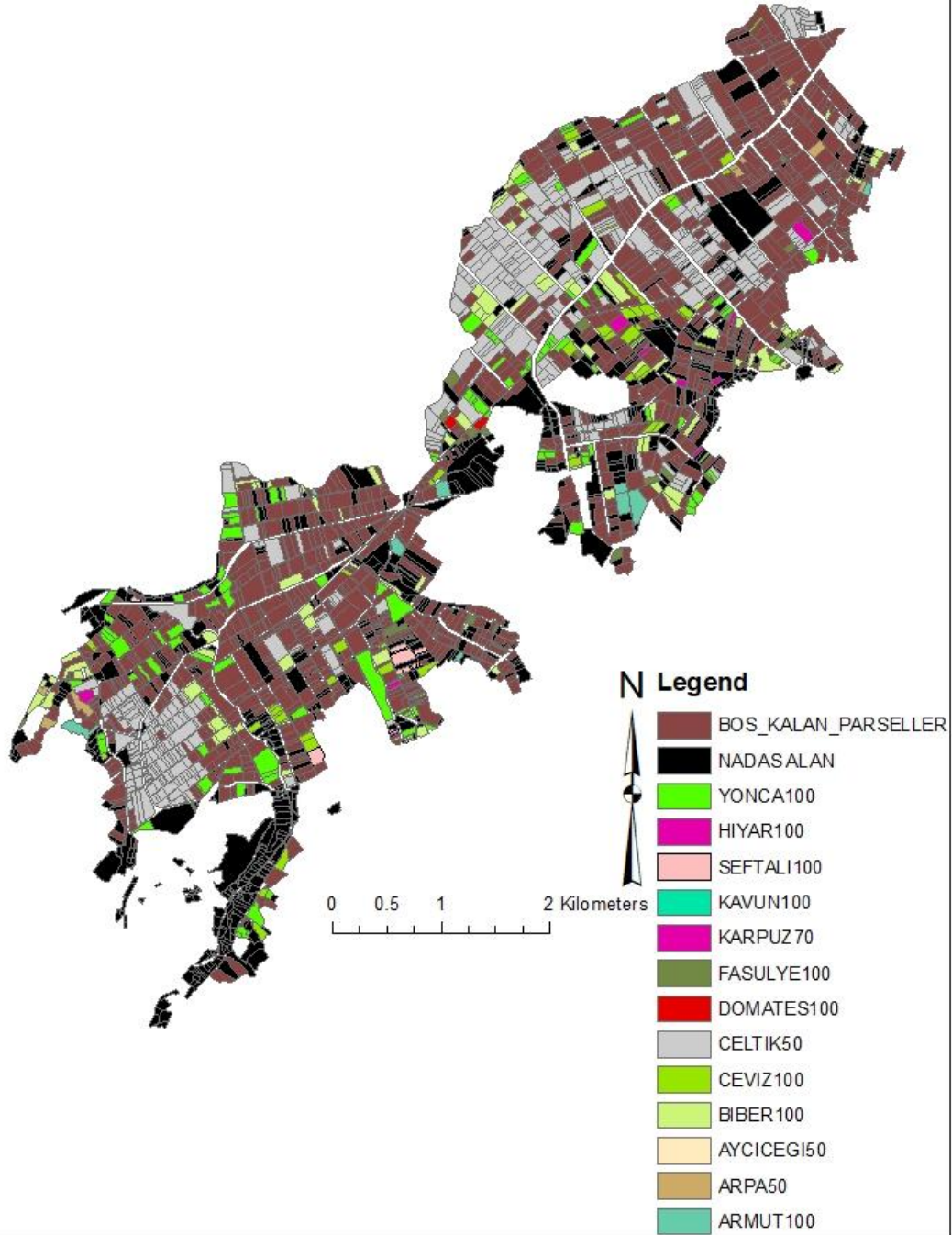
koşullarda 3.260,7 m³ su kullanılarak 101.884,80 TL brüt kar sağlanmış, bu %26,5 artış göstermiştir. Mısır ve yulaf bitkileri için, yağışlı koşullarda sırasıyla 3.166.085,62 TL ve 309.664,49 TL brüt kar elde edilmiş olup, yulaf bitkisi kurak koşullarda da 301.887,45 TL brüt kar sağlamıştır, bu %2,6'lık bir artışa işaret eder.





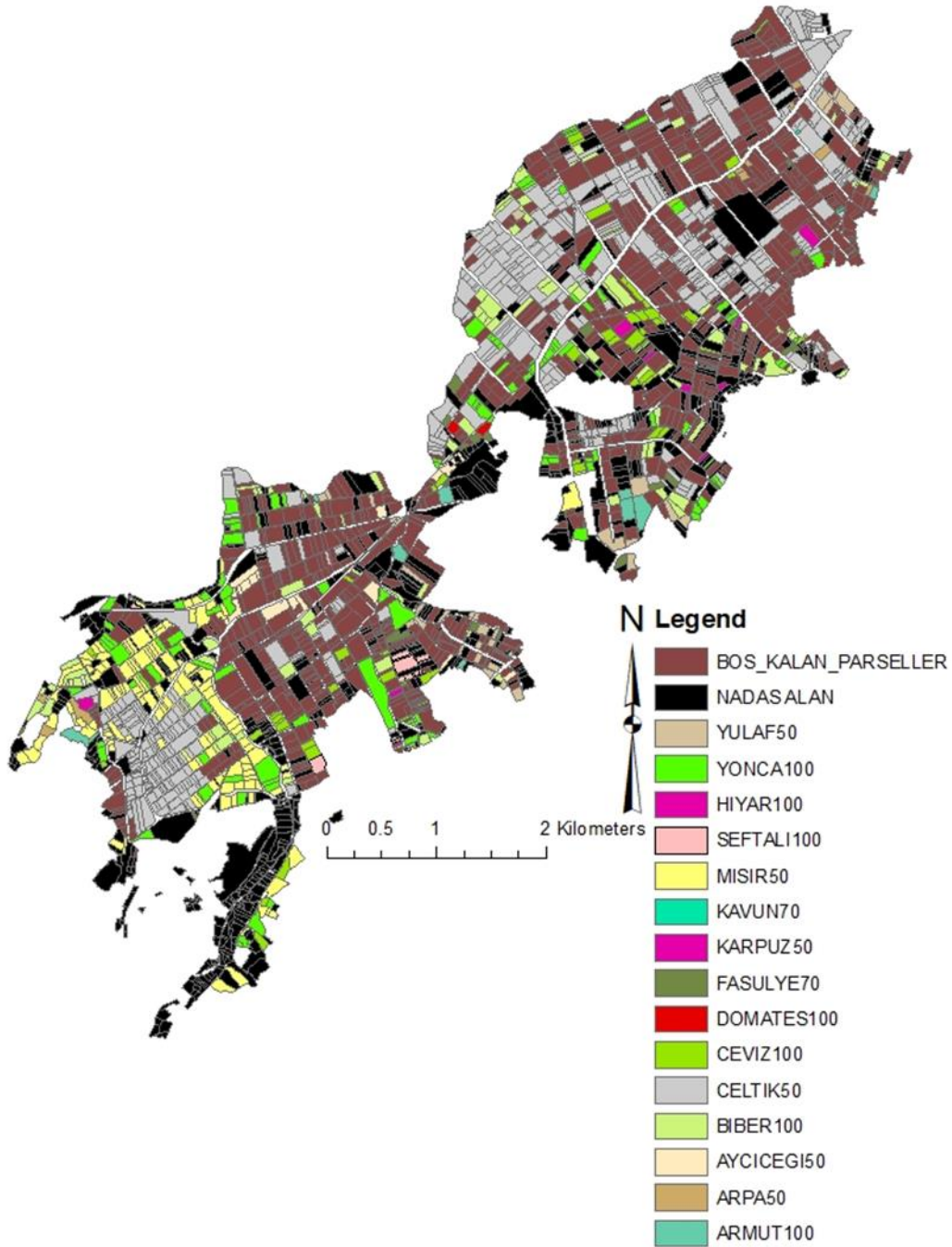
Şekil 20. Kurak yılda baraj kapasitesi %30 olduğunda optimum bitki deseni

NORMAL 30



Şekil 21. Normal yılda baraj kapasitesi %30 olduğunda optimum bitki deseni

YAGISLI 30



Şekil 22. Yağışlı yılda baraj kapasitesi %30 olduğunda optimum bitki deseni

Tablo 16

Barajdaki su miktarının yetersiz (K5) (%30) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında optimum bitki deseni

BİTKİLER	Kurak %30								
	SBT 100			SBT 70			SBT 50		
	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)
ARMUT	696.224,16	104433,6	137,2	530.548,60	73103,5	137,2	405.228,25	52216,8	137,2
CEVİZ	34.322,400	358478,4	381,4	26.351.976	250934,9	381,4	20.726.916	179239,2	381,4
ŞEFTALİ	530.966,40	61093,5	80,9	403.534,46	42765,5	80,9	313.270,18	30546,8	80,9
SBT TOPLAM	35.549.590,56	524005,5	599,5	27.286.059,1	366803,9	599,5	21.445.414,42	262002,8	599,5
AYCICEĞİ50	695.625,61	47429,4	220,1	695.625,61	47429,4	220,1	695.625,61	47429,4	220,1
BİBER100	18.928,700	504353,3	772,6	18.928,700	504353,3	772,6	18.928,700	504353,3	772,6
CELTİK50	16.547.038,15	1166258,3	2635,6	18.777.437,70	1323459,9	2990,9	20.264.370,73	1428261,0	3227,7
DOMATES100	556.308,80	14071,9	25,7	556.308,80	14071,9	25,7	556.308,80	14071,9	25,7
FASULYE100	1.410.282,10	72013,3	132,7	1.410.282,10	72013,3	132,7	1.410.282,10	72013,3	132,7
KARPUZ50	80.515,70	4764,8	20,2	80.515,70	4764,8	20,2	80.515,70	4764,8	20,2
KAVUN100	53.892,90	2471,7	4,7	53.892,90	2471,7	4,7	53.892,90	2471,7	4,7
HIYAR100	10.763,640	34146,7	61,9	10.763,640	34146,7	61,9	10.763,640	34146,7	61,9
YONCA100	21.392,880	724416,4	891,4	21.392,880	724416,4	891,4	21.392,880	724416,4	891,4
YULAF50	301.887,45	42100	260,5	301.887,45	42100	260,5	301.887,45	42100	260,5
NADAS	0	0	4240,8	0	0	4240,8	0	0	4240,8
OPT TOPLAM	70.730.770,71	2578939,8	9266,0	72.961.170,26	2736141,4	9621,2	74.448.103,29	2840942,5	9858,1
GENEL TOPLAM	106.280.361,3	3102945,3	9865,4	100.247.229,3	3102945,3	10220,7	95.893.517,71	3102945,3	10457,5

Tablo 16

Barajdaki su miktarının yetersiz (K5) (%30) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında optimum bitki deseni (devamı)

BİTKİLER	Normal %30								
	SBT 100			SBT 70			SBT 50		
	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)
ARMUT	696.224,16	95696,5	137,2	553.498,21	66987,6	137,2	409.354,02	47848,3	137,2
CEVİZ	34.322,400	318435,6	381,4	26.874.439,20	222904,9	381,4	21.314.210,40	159217,8	381,4
ŞEFTALİ	530.966,40	57046,5	80,9	418.932,49	39932,6	80,9	331.323,03	28523,3	80,9
SBT TOPLAM	35.549.590,56	471178,6	599,5	27.846.869,90	329825,1	599,5	22.054.887,45	235589,3	599,5
ARPA50	138.443,16	6795,9	73,4	138.443,16	6795,9	73,4	138.443,16	6795,9	73,4
AYCICEĞİ50	0	0	0	0	0	0	639.916,52	45998,8	220,1
BİBER100	18.928,700	487047,0	772,6	18.928,700	487047,0	772,6	18.928,700	487047,0	772,6
CELİK70	0	0	0	0	0	0	1.788.808,48	118167,4	208,4
CELİK50	22.149.077,86	1390658,4	3416,9	24.400.422,79	1532012,0	3764,2	23.275.578,40	1461387,2	3590,6
DOMATES100	556.308,80	14125,8	25,7	556.308,80	14125,8	25,7	556.308,80	14125,8	25,7
FASULYE100	1.410.282,10	62116,1	132,7	1.410.282,10	62116,1	132,7	1.410.282,10	62116,1	132,7
KARPUZ70	105.191,92	5980,3	20,2	105.191,92	5980,3	20,2	105.191,92	5980,3	20,2
KAVUN100	0	0	0	0	0	0	53.892,90	2313,2	4,7
KAVUN70	44.030,50	1618,9	4,7	44.030,50	1618,9	4,7	0	0	0
HIYAR100	10.763,640	32334,2	61,9	10.763,640	32334,2	61,9	10.763,640	32334,2	61,9
YONCA100	21.392,880	631090	891,4	21.392.880	631090	891,4	21.392,880	631090	891,4
NADAS	0	0	4240,8	0	0	4240,8	0	0	4240,8
OPT TOPLAM	75.488.554,34	2631766,7	9640	77.739.899,27	2773120,2	9987,3	79.053.642,27	2867356,0	10242,3
GENEL TOPLAM	111.038.144,90	3102945,3	10239,5	105.586.769,17	3102945,3	10586,8	101.108.529,73	3102945,3	10841,8

Tablo 16

Barajdaki su miktarının yetersiz (K5) (%30) olması durumunda ve sabit tesisler %100-%70-%50 sulama seviyelerinde sulandığında optimum bitki deseni (devamı)

BİTKİLER	Yağışlı %30								
	SBT 100			SBT 70			SBT 50		
	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m ³)	Alan (da)
ARMUT	696.224,16	71295,8	137,2	604.322,57	49907,0	137,2	513.813,43	35647,9	137,2
CEVİZ	34.322,400	250934,9	381,4	28.075.723,20	175654,4	381,4	23.270.587,20	125467,4	381,4
ŞEFTALİ	530.966,40	42703,9	80,9	453.976,27	29892,8	80,9	383.888,71	21352,0	80,9
SBT TOPLAM	35.549.590,56	364934,6	599,5	29.134.022,04	255454,2	599,5	24.168.289,34	182467,3	599,5
ARPA50	140.900,42	2559,0	73,4	140.900,42	2559,0	73,4	140.900,42	2559,0	73,4
AYCICEĞİ50	834.734,33	35060,3	220,1	834.734,33	35060,3	220,1	834.734,33	35060,3	220,1
BİBER100	18.928,700	401443,0	772,6	18.928,700	401443,0	772,6	18.928,700	401443,0	772,6
CELTİK50	31.569.580,19	1352268,3	3799	31.569.580,19	1352268,3	3799,0	31.569.580,19	1352268,3	3799
DOMATES100	556.308,80	11062,0	25,7	556.308,80	11062,0	25,7	556.308,80	11062,0	25,7
FAŞULYE70	1.232.586,56	41020,2	132,7	1.232.586,56	41020,2	132,7	1.232.586,56	41020,2	132,7
KARPUZ50	101.884,80	3260,7	20,2	101.884,80	3260,7	20,2	101.884,80	3260,7	20,2
KAVUN70	48.234,15	1368,1	4,7	48.234,15	1368,1	4,7	48.234,15	1368,1	4,7
MİSİR50	3.166.085,62	274731,9	950,8	4.427.354,11	384212,3	1329,5	5.268.199,77	457199,2	1582
HIYAR100	10.763,640	26476,1	61,9	10.763,640	26476,1	61,9	10.763,640	26476,1	61,9
YONCA100	21.392,880	579747,0	891,4	21.392,880	579747,0	891,4	21.392,880	579747,0	891,4
YULAF50	309.664,49	9014,0	260,5	309.664,49	9014,0	260,5	309.664,49	9014,0	260,5
NADAS	0	0	4240,8	0	0	4240,8	0	0	4240,8
OPT TOPLAM	89.045.199,35	2738010,7	11453,6	90.306.467,84	2847491,1	11832,4	91.147.313,51	2920478,0	12084,9
GENEL TOPLAM	124.594.789,91	3102945,3	12053,1	119.440.489,89	3102945,3	12431,8	115.315.602,84	3102945,3	12684,3

BEŞİNCİ BÖLÜM

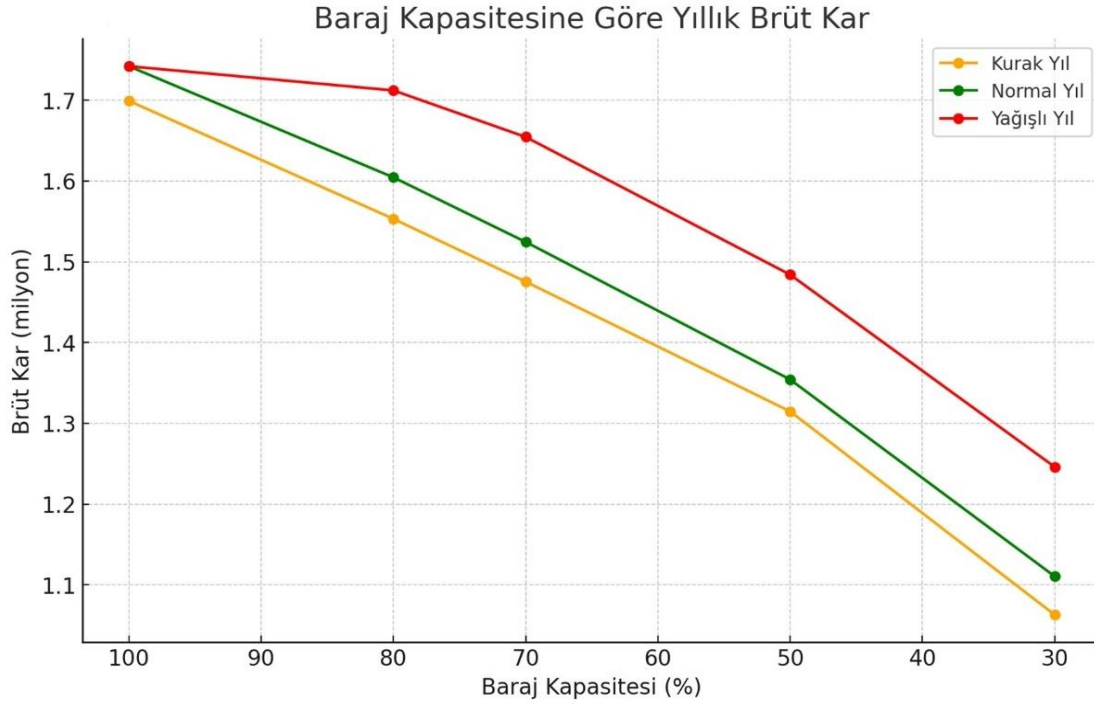
SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Dünya genelinde tarımsal üretim ve su kaynaklarının yönetimi, giderek artan nüfus, iklim değişikliği ve sınırlı doğal kaynaklar gibi çeşitli zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu bağlamda, su kaynaklarının yönetimi, tarım sektörünün sürdürülebilirliği için hayati önem taşımaktadır. Bu çalışmada ArcGIS 10.8’de geliştirilen model, Cihadiye Kaynarca Göleti sulama sahasında yetiştiriciliği yapılan bitkiler için baraj kapasitesinin yeterli ve yetersiz olduğu durumda çiftçi isteklerini göz önünde bulundurarak optimum bitki deseni oluşturmaktadır. Hızla gelişen bilgisayar teknolojileri, özellikle CBS, tarımsal planlama ve doğal kaynakların yönetimi konularında sıklıkla kullanılmaktadır. ArcGIS platformu, bu teknolojilerin en güncel örneklerinden biri olarak, detaylı veri analizi ve görselleştirme imkânı sağlayarak, karmaşık çevresel ve hidrolojik verileri işleyebilmekte ve stratejik karar alma süreçlerinde kritik rol oynamaktadır.

Çalışma, su kaynakların yönetimi, teknoloji entegrasyonu ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesine odaklanmakta olup, gelecekteki ihtiyaçların karşılanmasına yönelik stratejik planlamalar için bir çerçeve sunmaktadır. Cihadiye Kaynarca Göleti Sulama sahasındaki tarımsal işletme sahiplerinin talebe yönelik üretim planlarının olmaması, yetiştiriciliğini yapmak istedikleri bitkilerin sulama suyu miktarı ve zamanını doğru tayin edememesi, olası kuraklık veya yetersiz su kaynağı olması durumunda yetiştiriciliğini yapacağı bitkilerden hangisinin en fazla fayda getireceğini karar verememektedir. Bunun sonucu olarak bitkilerin veriminde ve kalitesinde önemli kayıplar meydana gelmektedir. Ancak CBS ortamında doğrusal programlama mantığıyla çiftçi isteklerini dikkate alarak çalışan bir optimizasyon modeli oluşturulmuş, sulama sahasındaki çiftçilerin üretimlerinin planlanması ve baraj kapasitesinden maksimum fayda sağlayarak çiftçi gelirlerinin artacağı ortaya konmuştur. Geliştirilen model sulama sahasının tamamında kural yıl, normal yıl ve yağışlı yıl için farklı baraj kapasiteleri (%100 (K1), %80 (K2), %70 (K3), %50 (K4) ve %30 (K5)) yapılarak maksimum brüt kar değerleri hesaplanmıştır.

Hesaplanan maksimum brüt kar değerleri Şekil 21’de grafik olarak verilmiştir. Şekil 21 incelendiğinde bitkilerin ihtiyaç duyduğu sulama suyunda kısıtlamaya gidildikçe verimde azalma olduğu bu durumda sulama sahasındaki optimum bitki deseninden elde edilen brüt

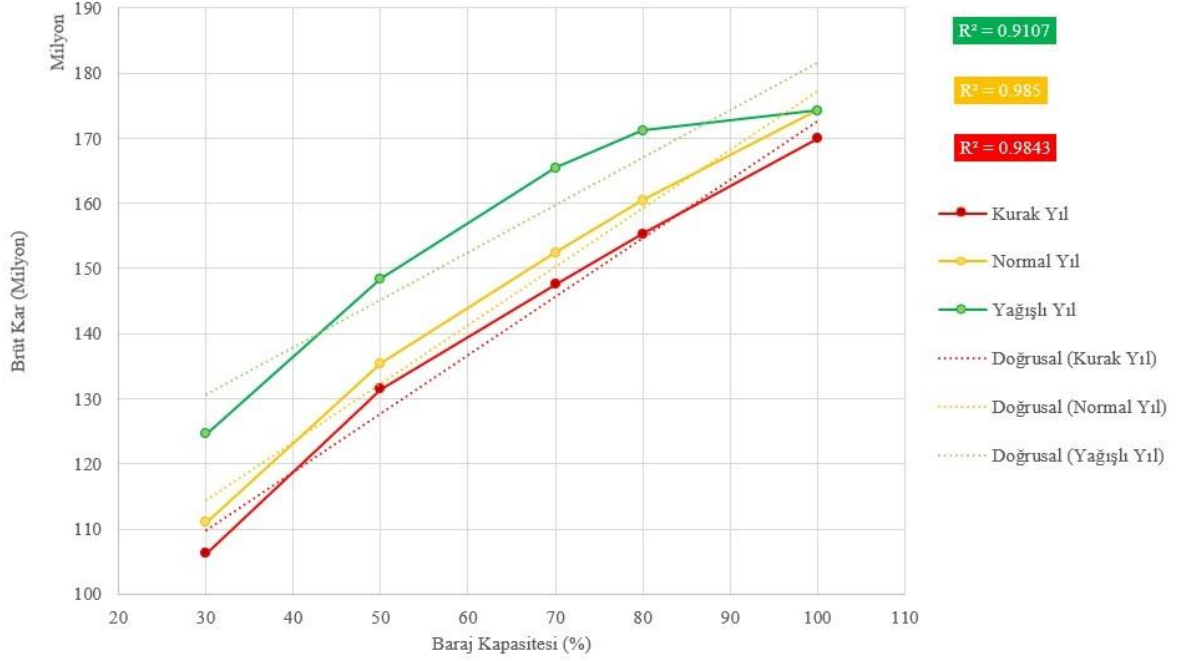


kar değeri azalmıştır.

Şekil 23. Baraj kapasitesine göre yıllık brüt kar (TL)

Baraj kapasitesi %100 olduğunda yağışlı ve normal koşullarda sulama suyu miktarı değişmediğinden elde edilen brüt gelir aynı olup 174.209.884,6 TL. kurak koşullarda bu değer %2,46 azalarak 169.923.823,1 TL. 'ye düşmüştür. Baraj kapasitesi %80 olduğunda kurak koşullarda brüt gelir 155.313.244,7 TL., normal koşullarda bu değer %3,31 artarak 160.448.045,2 TL. ve yağışlı koşullarda %10,24 artarak 171.214.606,8 TL. brüt kar ile sonuçlanmıştır. Baraj kapasitesi %50 olduğunda kurak koşullarda brüt kar 131.462.787,8 TL, normal koşullarda %3 artarak 135.412.776 TL, yağışlı koşullarda %9,59 artarak 148.396.087,5 TL. olarak sonuçlanmıştır. Baraj kapasitesi %30 olduğunda kurak koşullarda 106.280.361,3 TL. normal koşullarda %4,48 artarak 111.038.144,9 TL. yağışlı koşullarda %12,21 artarak 124.594.789,9 TL brüt kar ile sonuçlanmıştır.

Hesaplanan baraj kapasitesi ve brüt kar değerleri arasındaki ilişkiyi tanımlayan basit regresyon analizi şekil 22’de grafik olarak verilmiştir. Kurak ve normal yılda $R^2 = 0,98$ olarak, yağışlı yılda ise $R^2 = 0,91$ olarak elde edilmiştir. Yağışlı yılda regresyon analizinin daha düşük çıkması sulama suyu arttıkça bitkilerin verimlerinin bir noktada sabit kalacağından kaynaklanmaktadır. Bu değerler, modellerin veri setini yüksek bir doğrulukla



temsil ettiğini ve açıkladığını göstermektedir.

Şekil 24. Baraj kapasitesi-brüt kar (TL) basit regresyon analizi

Sulama sahasında yetiştiriciliği yapılan 14 bitki ekili alanın çok büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bunun dışında yetiştiriciliği yapılmayan parseller nadas alan olarak değerlendirilmiş 4240,8 da büyüklüğünde ve sulama sahasının %22’lik bir bölümü olduğu belirlenmiştir. Bu parselin üretime dahil edildiğinde bölgedeki ürün deseni ve gelirin artacağı öngörülmektedir. Cihadiye Kaynarca Göleti sulama sahasında sabit tesislerin (armut, ceviz, şeftali) toplam alanı 599.5 da olarak %3,14’ünü ve tek yıllık bitkiler ise %96,84’ünü oluşturmaktadır.

Normal yılda baraj kapasitesinin tam olduğu koşullarda en çok gelir elde edilen çeltik ve mısır bitkisi olmuştur. Çeltik bitkisinde %100 sulama suyu seviyesinde 3799 da alanda 43.127.841,8 TL. brüt kar elde edilmiş, mısır bitkisinde %100 sulama suyu seviyesinde 5188,6 da alanda 40.886.292 TL. brüt kar elde edilmiştir. Normal yılda baraj kapasitesi

yetersiz %50 olduğunda optimum bitki deseninde bitkilerin sulama suyunda kısıt yapılarak çözüme ulaştığından verimde kayıp ciddi oranda azalmaktadır. Normal yılda baraj kapasitesi %50 olduğunda mısır üretimi %50 kısıntılı sulama seviyesinde 880,1 da alanda üretilerek 2.437.005,76 TL. brüt kar elde edilmiş ve mısır üretimi planlanan alanların %83 boş kalmıştır.

Cihadiye Kaynarca Gölet’inde 2023 yılında şebekeden alınan su miktarı 10200000 m³ dür. Tablo 17 incelendiğinde Cihadiye Kaynarca Göleti’nin 2023 yılında şebekeden alınan su miktarı esas alınarak model çalıştırılmış ve normal koşullarda elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. 2023 yılı bitki deseninden elde edilen brüt kar 173.460.101,9 TL iken normal koşullarda bu değer %0,43 artarak 174.209.884,6 TL olmuştur. 2023 yılı bitki deseninde arpa, ayçiçeği, mısır ve yulaf bitkilerinde kısıntılı sulama uygulanmış, mısır bitkisi yetiştirilmesi planlanan alanların %5,13’ünde mısır %70 sulama seviyesinde çözüme girmiştir. Tablo 17 ‘de verilen bilgilere göre 2023 yılı bitki deseni ve geliştirilen model kıyaslandığında bu değerlerin modellen veri setini yüksek bir doğrulukla temsil ettiğini ve açıkladığını göstermektedir.

Tablo 17

Cihadiye Kaynarca Göleti 2023 yılı bitki deseninin optimizasyon sonucuyla kıyaslanması

Cihadiye Kaynarca Göleti 2023 yılı bitki deseninin optimizasyon sonucuyla kıyaslanması							
2023 Yılı Cihadiye Kaynarca Göleti Bitki Deseni				Normal Yağış Optimum Bitki Deseni			
Bitkiler	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m³)	Alan (da)	Bitkiler	Brüt kar (TL)	Sulama Suyu Miktarı (m³)	Alan (da)
ARMUT	696.224,2	95696,5	137,2	ARMUT	696.224,2	95696,5	137,2
CEVİZ	34.322,400	318435,6	381,4	CEVİZ	34.322,4	318435,6	381,4
ŞEFTALİ	530.966,4	57046,5	80,9	ŞEFTALİ	530.966,4	57046,5	80,9
ARPA50	138.443,1	6795,9	73,4	ARPA100	143.775,9	13591,8	73,4
AYCICEGI70	783.699,5	64266,3	220,1	AYCICEGI100	959.464,7	91997,6	220,1
BIBER100	18.928.700	487047,1	772,6	BIBER100	18.928.700	487047,1	772,6
CELTIK100	43.127.841,7	3088619,5	3799,0	CELTIK100	43.127.841,7	3088619,5	3799,0
DOMATES100	556.308,8	14125,8	25,7	DOMATES100	556.308,8	14125,8	25,7
FASULYE100	1.410.282,1	62116,1	132,7	FASULYE100	1.410.282,1	62116,0	132,7
KARPUZ100	127.197	8544,4	20,2	KARPUZ100	127.197	8544,4	20,2
KAVUN100	53.892,9	2313,2	4,7	KAVUN100	53.892,9	2313,2	4,7
MISIR100	38.787.278,9	5112315,4	7605,3	MISIR100	40.886.292	5388973,6	8016,9
MISIR70	1.553.269,6	193644,2	411,6				
HIYAR100	10.763.640	32334,2	61,9	HIYAR100	10.763.640	32334,2	61,9
YONCA100	21.392.880	631089,9	891,4	YONCA100	21.392.880	631089,9	891,4
YULAF50	287.077,5	25609,1	260,5	YULAF100	310.018,8	51218,2	260,5
NADAS	0	0	4240,8	NADAS	0	0	4240,8
GENEL TOPLAM	173.460.101,9	10200000	19119,2	GENEL TOPLAM	174.209.884,6	10343151	19119,2

Bu çalışmada, tarımsal kuraklık sonucunda özellikle tarım sektörünün karşı karşıya kaldığı zorluklar ele alınmıştır. Kurak koşullar altında, tarımsal sulama için kullanılabilir su kaynaklarının yetersiz olması durumunda, alınacak hızlı önlemlerle çiftçilerin karşılaşılabileceği potansiyel gelir kayıplarının önemli ölçüde azaltılabilmesi mümkün olduğu gösterilmeye çalışılmıştır. Araştırma sonuçları, bir sulama sahasındaki tarımsal işletmelerin, su kısıtları olmasına rağmen, dikkatli ve stratejik bir üretim planlaması sayesinde gelirlerini artırabildiklerini göstermektedir. Tarımsal işletmelerin sulama sularının kısıtlanması durumunda, sulanabilir tarım arazilerinde ekim yapılacak bitki türlerinin oranlarında değişiklikler veya bazı tarımsal işletmelerin boş kaldığı gözlemlenmiştir. Su sınırlamaları gerektiğinde, özellikle çok yıllık bitkiler için, bu bitkilerin sulama gereksinimlerini karşılayacak şekilde planlama yapılması büyük önem arz etmektedir, çünkü mevcut çok yıllık bitki dikim alanlarının değiştirilmesi mümkün değildir. Dolayısıyla, çok yıllık bitkilerde yapılacak herhangi bir sulama kısıtlaması, bu bitkilerin verim ve kalitesinde kayıplara yol açacak, bu da işletme gelirlerinde ciddi düşüslere neden olacaktır. Kaynaktan alınan su yetersiz olduğunda optimizasyon sonuçlarındaki değerler çiftçi istekleriyle eşleşemediğinden ya da bazı bitkilerin optimizasyon sonuçlarına çözüme ulaşmadığından dolayı bazı tarımsal işletmeler boş kalmıştır. Bu durumda boş kalan parsellerde kuru tarım yapılması önerilmiş veya model içinde gerekli iyileştirilmeler yapılarak parsellerdeki ürün desenlerinde de alan kısıtı yapılması tavsiye edilmiştir. Geliştirilen bu model yukarıda açıklanan ve elde edilen sonuçlar çerçevesinde optimum bitki deseni çalışmalarının CBS ortamında geliştirilmesine öncü olabilecek niteliktedir.

KAYNAKÇA

Ağlamış, N. ve Ali Tokgoz, M. (1997). Ankara Murted Sulamasında su kullanım ve dağıtım etkinliğinin belirlenmesi. *Journal of Agricultural Sciences*, 3(02), 83-86.

Achour, K., Meddi, M., Zeroual, A., Bouabdelli, S., Maccioni, P. ve Moramarco, T. (2020). Spatio-temporal analysis and forecasting of drought in the plains of northwestern Algeria using the standardized precipitation index. *Journal of Earth System Science*, 129(1), 1-22.

Akyüz, S. ve Yıldırım, M. (2022). Çanakkale Özbek Ovasındaki İşletmelerde Yeterli ve Kısıtlı Su Koşullarında Optimum Bitki Desenin Belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2), 236-244.

Anonim, (2011). United Nations. <https://population.un.org/wpp/Publications/> (Erişim tarihi: 15.05.2024)

Anonim, (2011). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=CANAKKALE> (Erişim tarihi: 21.06.2024)

Anonim, (2009). Agriculture organization of the united nations classifications. <https://www.fao.org/land-water/water/drought/en/> (Erişim tarihi: 18.02.2024)

Ayyıldız, M. (1990). Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1196, Ders Kitabı: 344. Ankara.

Benli, B. ve Kodal, S. (2003). A non-linear model for farm optimization with adequate and limited water supplies. *Agricultural Water Management*, 62(3), 187-203. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(03\)00095-7](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(03)00095-7)

Benli, E. ve Erözel, Z. (1980). Devlet sulama şebekelerinde su kullanımı üzerine bir araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları (748).

Buttafuoco, G., Caloiero, T. ve Coscarelli, R. (2015). Analyses of drought events in Calabria (Southern Italy) using standardized precipitation index. *Water Resources Management*, 29(1), 557-573.

Bhuvandas, N., Mirajkar, A. B., Timbadiya, P. V. ve Patel, P. T. (2010). Optimization of irrigation area of Ukai right bank main canal-A linear programming approach. *AIP Conference Proceedings*, 1324(1), 127. <https://doi.org/10.1063/1.3526172>

Callejas Moncaleano, D. C., Pande, S. ve Rietveld, L. (2021). Water use efficiency: a review of contextual and behavioral factors. *Frontiers in Environmental Science*.

Das, J., Gayen, A., Saha, P. ve Bhattacharya, S. K. (2020). Meteorological drought analysis using standardized precipitation index over Luni River Basin in Rajasthan, India. *SN Applied Sciences*, 2(1), 1-17.

Doorenbos, J. ve Kassan, A. H. (1979). Yield response to water (Irrigation and Drainage Paper No: 33). FAO.

Doorenbos, J. ve Kassam, A. H. (1986). Yield response to water (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33). FAO.

Di Lena, B., Vergni, L., Antenucci, F., Todisco, F. ve Mannocchi, F. (2014). Analysis of drought in the region of Abruzzo (Central Italy) by the Standardized Precipitation Index. *Theoretical and Applied Climatology*, 115(1), 41-52.

Demir, H. (2005). Farklı işletme büyüklüklerinde optimum bitki deseniyle çiftçilerin sulama yatırımı ve su ücreti ödeme gücünün belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Elkollaly, M., Khadr, M., ve Zeidan, B. (2018). Drought analysis in the Eastern Nile basin using the standardized precipitation index. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(31), 30772-30786.

English, M. J. (1990). Deficit irrigation I: Analytical framework. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 116(3), 399-412.

Fayrap, A. ve Kızıloğlu, F. M. (2010). Demir döven sulama sahası için optimum bitki deseninin belirlenmesi: Determination of optimal crop pattern for the irrigation project area of Demirdöven. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 35-41.

Fereidoon, M. ve Koch, M. (2018). SWAT-MODSIM-PSO optimization of multi-crop planning in the Karkheh River Basin, Iran, under the impacts of climate change. *Science of the Total Environment*, 630, 502-516. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.234>

Hall, W. A. ve Dracup, J. A. (1970). *Water resources system engineering*. McGraw-Hill.

Ikudayisi, A., Adeyemo, J., Odiyo, J., Enitan, A. ve Revelli, R. (2018). Optimum irrigation water allocation and crop distribution using combined Pareto multiobjective differential evolution. *Cogent Engineering*, 5(1), 1535749. <https://doi.org/10.1080/23311916.2018.1535749>

Itoh, T., Ishii, H. ve Nanseki, T. (2003). A model of crop planning under uncertainty in agricultural management. *International Journal of Production Economics*, 81, 555-558.

Kahya, M. E. (2020). Kurak koşullarda optimum ürün deseni modelinin geliştirilmesi ve Kırıkhan sulama sahasında uygulanması. Yüksek Lisans Tezi. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.

Karaca Bilgen, G., Kodal, S. ve Yıldırım, Y. E. (2019). Havza bazlı bitkisel üretim ve sulama suyu optimizasyon çalışmaları ve önemi. *Toprak Su Dergisi*, 107-114.

Khan, S., Gabriel, H. F. ve Rana, T. (2008). Standard precipitation index to track drought and assess impact of rainfall on watertables in irrigation areas. *Irrigation and Drainage Systems*, 22, 159-177.

Kızıloğlu, F. M., Kuşlu, Y., Şahin, Ü. ve Diler, S. (2006). Determination of optimal crop pattern in the irrigation project area in Erzurum Daphan plain by using a linear programming method.

Kodal, S. (2003). Türkiye'de güvenilir yağışın mekansal dağılımı. *Journal of Agricultural Sciences*, 9(04).

Lalehzari, R., Boroomand Nasab, S., Moazed, H. ve Haghighi, A. (2016). Multiobjective management of water allocation to sustainable irrigation planning and optimal cropping pattern. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 142(1), 05015008. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0000933](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000933)

McKee, T. B., Doesken, N. J. ve Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology* (pp. 179-183). American Meteorological Society.

Muralidharan, K. ve Lathika, P. (2005). Statistical modelling of rainfall data using modified Weibull distribution. *Mausam*, 56(4), 765-770.

Mohammadrezapour, O., Yoosefdoost, I. ve Ebrahimi, M. (2019). Cuckoo optimization algorithm in optimal water allocation and crop planning under various weather conditions (case study: Qazvin plain, Iran). *Neural Computing and Applications*, 31(6), 1879-1892. <https://doi.org/10.1007/s00521-017-3160-z>

Nimetoğlu, S. T. (2006). Yaylak proje alanındaki işletmelerde yeterli ve kısıtlı su koşullarında sulama zaman planlaması ve optimum bitki deseni. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Osama, S., Elkholy, M. ve Kansoh, R. M. (2017). Optimization of the cropping pattern in Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, 56(4), 557-566. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.04.015>

Özcan, C. (2017). Determination of optimum cropping pattern of irrigation fields. Master's Thesis. Middle East Technical University, Ankara.

Patel, N. R., Chopra, P. ve Dadhwal, V. K. (2007). Analyzing spatial patterns of meteorological drought using standardized precipitation index. *Meteorological Applications*, 14(4), 329-336.

Pashiardis, S. ve Michaelides, S. (2008). Implementation of the standardized precipitation index (SPI) and the reconnaissance drought index (RDI) for regional drought assessment: A case study for Cyprus. *European Water*, 23(24), 57-65.

Pierrat, E., Dorber, M., de Graaf, I., Laurent, A., Hauschild, M. Z., Rygaard, M. ve Barbarossa, V. (2023). Multicompartment depletion factors for water consumption on a global scale. *Environmental Science & Technology*, 57(10), 4318-4331.

Raes, D., Lemmens, H., Van Aelst, P. M. Vanden Bluche, ve Smith, M. (1988). *IRIS, Irrigation Scheduling Information System: Reference Manual*.

Raes, D., Mallants, D., ve Song, Z. (1970). RAINBOW: A software package for analyzing hydrologic data. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 18.

Rafiee, V. ve Shourian, M. (2016). Optimum multicrop-pattern planning by coupling SWAT and the harmony search algorithm. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 142(12), 04016063. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0001104](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001104)

Rahmat, S. N., Jayasuriya, N. ve Bhuiyan, M. (2012, November). Trend analysis of drought using standardized precipitation index (SPI) in Victoria, Australia. In 34th Hydrology and Water Resources Symposium November, Sydney, Australia (Vol. 19, pp. 19-22).

Sadati, S. K., Speelman, S., Sabouhi, M., Gitizadeh, M. ve Ghahraman, B. (2014). Optimal irrigation water allocation using a genetic algorithm under various weather conditions. *Water*, 6(10), 3068-3084.

Selenay, M. F. (2001). "GAP-Fırat sulama birliğinde yeterli ve kısıtlı sulama suyu koşullarında sulama programlaması ve optimum bitki deseni". *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(3), 149-155.

Shah, R., Bharadiya, N. ve Manekar, V. (2015). Drought index computation using standardized precipitation index (SPI) method for Surat District, Gujarat. *Aquatic Procedia*, 4, 1243-1249.

Soltani, J., Karbasi, A. R. ve Fahimifard, S. M. (2011). Determining optimum cropping pattern using Fuzzy Goal Programming (FGP) model. *African Journal of Agricultural Research*, 6(14), 3305-3310.

Şahin, Ü. ve Hanay, A. (1996). Erzurum Daphan ovasında yetiştirilmesi planlanan bitkilerde pratik sulamanın bilgisayar programı ile belirlenmesi. *Journal of Agriculture and Forestry*, 20, 415-423.

TAGEM (2019). Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88rkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tu%CC%88ketimleri.pdf>

Taşova, H. ve Akın, A. (2013). Marmara bölgesi topraklarının bitki besin maddesi kapsamının belirlenmesi, veri tabanının oluşturulması ve haritalanması. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Toprak Su Dergisi, 2(2).

Tekinel, O. ve Kanber, R. (1979). Çukurova koşullarında kısıntılı su kullanma durumunda pamuğun su tüketimi ve verimi. Tarsus BTAE, Yay. 98, s. 39.

Türkeş, M. ve Tatlı, H. (2009). Use of the standardized precipitation index (SPI) and a modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29(15), 2270-2282.

Varade, S. ve Patel, J. N. (2018). Determination of optimum cropping pattern using advanced optimization algorithms. *Journal of Hydrologic Engineering*, 23(6), 05018010. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001655](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001655)

Zarei, A. R. (2019). Analysis of changes trend in spatial and temporal pattern of drought over south of Iran using standardized precipitation index (SPI). *SN Applied Sciences*, 1, 1-14.

Zhim, S., Larabi, A. ve Brirhet, H. (2019). Analysis of precipitation time series and regional drought assessment based on the standardized precipitation index in the Oum Er-Rbia basin (Morocco). *Arabian Journal of Geosciences*, 12, 1-15.

Wang, W., Elahi, E., Sun, S., Tong, X., Zhang, Z. ve Abro, M. I. (2023). Factors influencing water use efficiency in agriculture: A case study of Shaanxi, China. *Sustainability*, 15(3), 2157.

Wilhite, D. A. ve Glantz, M. H. (1985). Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*, 10(3), 111-120.

Wilhite, D. A. (1993). *Drought assessment, management, and planning: Theory and case studies*. Kluwer Academic Publishers.



EKLER



EK 1. Kurak yılda uygulanması gereken sulama suyu miktarları (mm).

Bitkiler-Sulama kombinasyonları		Verim	Kurak yılda uygulanacak sulama suyu miktarı (mm)																								Toplam sulama Miktarı
			Nisan			Mayıs			Haziran			Temmuz			Ağustos			Eylül			Ekim			Kasım			
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
ARMUT	S1	100					58,9	59,3		57,4	59,7	60,4	58,9	59,4	58,4	57,6	59,5	57,8		57,7		56,4					761,4
	S2	76.2					41,23	41,51		40,18	41,79	42,28	41,23	41,58	40,88	40,32	41,65	40,46		40,39		39,48					533
	S3	58.2					29,45	29,65		28,7	29,85	30,2	29,45	29,7	29,2	28,8	29,75	28,9		28,85		28,2					380,7
ARPA	S1	100	40,1	57,3	56,7	57,1		56,6														12,8	15,3		18,9		314,8
	S2	94	28,07	40,1	39,69	40		39,62														8,96	10,71		13,2		220,4
	S3	86.5	20	28,6	28,35	28,5		28,3														6,4	7,65		9,45		157,4
AYÇİÇEĞİ	S1	100			53,8	53,5		55,4	51,8	110,6	54,5	51,3															430,9
	S2	85.4			37,66	37,45		38,78	36,26	77,42	38,15	35,91															301,6
	S3	72.5			26,9	26,75		27,7	25,9	55,3	27,25	25,65															215,5
BİBER	S1	100			15,9		22,1	27,6	31,6	75,2	70,8	38,6	73,3	73,5	78,7	37,8	73,8	33,9									652,8
	S2	73			11,13		15,47	19,32	22,12	52,64	49,56	27,02	51,31	51,45	55,09	26,46	51,66	23,73									457
	S3	52.3			7,95		11,05	13,8	15,8	37,6	35,4	19,3	36,65	36,75	39,35	18,9	36,9	16,95									326,4
CEVİZ	S1	100				57,6		56,2	58,9	60	59,3	57,1	117,3	62,1	61,3	60,6	57	57,7	60,6	58,1	56,2						940
	S2	76.8				40,32		39,34	41,23	42	41,51	39,97	82,11	43,47	42,91	42,42	39,9	40,39	42,42	40,67	39,34						658
	S3	60.4				28,8		28,1	29,45	30	29,65	28,55	58,65	31,05	30,65	30,3	28,5	28,85	30,3	29,05	28,1						470
ÇELTİK	S1	100			14,5	22,5	29,5	38,7	44,9	102,1	54	50,7	106,6	53,3	105,2	51,8	55,9	51,4	51,9	52							885
	S2	74.3			10,15	15,75	20,65	27,09	31,43	71,47	37,8	35,49	74,62	37,31	73,64	36,26	39,13	35,98	36,33	36,4							619,5
	S3	55.3			7,25	11,25	14,75	19,35	22,45	51,05	27	25,35	53,3	26,65	52,6	25,9	27,95	25,7	25,95	26							442,5
DOMATES	S1	100				24,9		40,1	49,9	55	109	56,4	51,3	107	54,8												548,4
	S2	79				17,43		28,07	34,93	38,5	76,3	39,48	35,91	74,90	38,36												383,9
	S3	61.9				12,45		205	24,95	27,5	54,5	28,2	25,65	53,5	27,4												274,2

EK 1.'devamı

Bitkiler-Sulama kombinasyonları		Verim	Kurak yılda uygulanacak sulama suyu miktarı (mm)																								Toplam sulama Miktarı
			Nisan			Mayıs			Haziran			Temmuz			Ağustos			Eylül			Ekim			Kasım			
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
FASULYE	S1	100				20,5		30,5	36,1	88,7	46,8	44	92,9	46,7	89,5	47,1											542,8
	S2	72.8				14,35		21,35	25,27	62,09	32,76	30,8	65,03	32,69	62,65	32,97											380
	S3	51.8				10,25		15,25	18,05	43,90	23,4	22	46,45	23,35	44,75	23,55											271,4
KARPUZ	S1	100						39,1	53,6	55,1	56	53,8	56,3	55,8	51,4	50,8											471,9
	S2	81.3						27,37	37,52	38,57	39,2	37,66	39,41	39,06	35,98	35,56											330,3
	S3	63.3						19,55	26,8	27,55	28	26,9	28,15	27,9	25,7	25,4											236
KAVUN	S1	100				24,6		36,8	46,3	55,7	52,6	50,8	53	107,1	51,4	52,1											530,4
	S2	80.2				17,22		25,76	32,41	38,99	36,82	35,56	37,1	74,97	35,98	36,47											371,3
	S3	65.4				12,3		18,4	23,15	27,85	26,3	25,4	26,5	53,55	25,7	26,05											265,2
MISIR	S1	100						30,7	43	46,2	54	106,9	53,9	106,9	52,4	102,2	53,1		52,1								701,4
	S2	72.3						21,49	30,1	32,34	37,8	74,83	37,73	73,83	36,68	72,64	37,17		36,47								491
	S3	51.8						15,35	21,5	23,1	27	53,45	26,95	53,45	26,2	51,1	26,55		26,05								350,7
ŞEFTALİ	S1	100					56,4		57,9	58,5		57	57,9	120,1	58,5	57,8	57,3		58,5	58,7				56,2			754,8
	S2	76					39,48		40,53	40,95		39,9	40,53	84,07	40,95	40,46	40,11		40,95	41,1				39,4			528,4
	S3	59					28,2		28,95	29,25		28,5	28,95	605	29,25	28,9	28,65		29,25	29,35				28,1			377,4
HIYAR	S1	100				24.8		47.1		64.1	67.4	67.8	69.9	68.5	72.5	69.9											552
	S2	81.8				17.36		32.97		47.46	47.18	47.46	48.93	47.95	50.75	48.93											386.4
	S3	65.4				12.4		23.55		33.9	33.7	33.9	34.95	34.25	36.25	34.95											276
YONCA	S1	100						56,5	59,2	56,8	57,4	56,5	59,1	120	59	58,3	114,4	56,7	58,2								812,7
	S2	76						39,55	41,44	39,76	40,18	39,55	41,37	84	41,3	40,81	80,22	39,69	40,74								568,9
	S3	57.4						28,25	29,6	28,4	28,7	28,25	29,55	60	29,5	29,15	57,2	28,35	29,1								406,4
YULAF	S1	100				34												10,5	11,2	13,5							69,2
	S2	97.9				23,8												7,4	7,8	9,5							48,4
	S3	92.6				17												5,3	5,6	6,8							34,6

EK 2. Normal yılda uygulanması gereken sulama suyu miktarları (mm).

Bitkiler-Sulama kombinasyonları		Verim	Normal yılda uygulanacak sulama suyu miktarı (mm)																								Toplam sulama Miktarı	
			Nisan			Mayıs			Haziran			Temmuz			Ağustos			Eylül			Ekim			Kasım				
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
ARMUT	S1	100					56		58,1	56,3		60	61,4	59,8	58,7	57,8	56,7	56,1	59,5		56,3							696,7
	S2	79.5					39,2		40,7	39,4		42	43	41,9	41,1	40,5	39,7	39,3	41,7		39,4							487,7
	S3	58.8					28		29,1	28,2		30	30,7	29,9	29,4	28,9	28,4	28,1	29,8		28,2							348,4
ARPA	S1	100		56,6		59,5		57																	12			185,1
	S2	98.5		39,62		41,65		39,9																	8,4			129,6
	S3	96.3		28,3		29,75		28,5																6				92,6
AYÇİÇEĞİ	S1	100				51,7	51,2	52,2	52,3	51,5	51,1	54,2	53,8															418
	S2	81.7				36,19	35,84	36,54	36,61	36,05	35,77	37,94	37,66															292,6
	S3	66.7				25,85	25,6	26,1	26,15	25,75	25,55	27,1	26,9															209
BİBER	S1	100				20,3		27	63,6	34	73,6	37,7	73,2	73,4	78,7	37,8	73,8	37,8										630,9
	S2	74.1				14,21		18,9	44,52	23,8	51,52	26,39	51,24	51,38	55,09	26,46	51,66	26,46										441,6
	S3	56.1				10,15		13,5	31,8	17	36,8	18,85	36,6	36,7	39,35	18,9	36,9	18,9										315,5
CEVİZ	S1	100					59,4	58,4	57,8	59	58,6	58,2	62,9	62,2	61,5	60,7	58,3	59,1	60,5	58,4								835
	S2	78.3					41,58	40,88	40,46	41,3	41,02	40,74	44,03	43,54	43,05	42,49	40,81	41,37	42,35	40,88								584,5
	S3	62.1					29,7	29,2	28,9	29,5	29,3	29,1	31,45	31,1	30,75	30,35	29,15	29,55	30,25	29,2								417,5
ÇELTİK	S1	100					59,4	58,4	57,8	59	58,6	58,2	62,9	62,2	61,5	60,7	58,3	59,1	60,5	58,4								835
	S2	75.6					41,58	40,88	40,46	41,3	41,02	40,74	44,03	43,54	43,05	42,49	40,81	41,37	42,35	40,88								584,5
	S3	57.1					29,7	29,2	28,9	29,5	29,3	29,1	31,45	31,1	30,75	30,35	29,15	29,55	30,25	29,2								417,5
DOMATES	S1	100					33,4	44,8	52,4	50,5	55,1	54,7	102,4	55,8	50,8	50,8												550,5
	S2	79.8					23,38	31,36	36,68	35,35	38,57	38,29	71,68	39,06	35,56	35,42												385,4
	S3	64.6					16,7	22,4	26,2	25,25	27,55	27,35	51,2	27,9	25,4	25,3												275,3

EK 2. 'nin devamı

Bitkiler-Sulama kombinasyonları		Verim	Normal yılda uygulanacak sulama suyu miktarı (mm)																								Toplam sulama Miktarı
			Nisan			Mayıs			Haziran			Temmuz			Ağustos			Eylül			Ekim			Kasım			
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
FASULYE	S1	100					28,7	36,7	41,4	43,9	92,5	48	87,6	47	42,4												468,2
	S2	78.7					209	25,69	28,98	30,73	64,75	33,6	30,17	31,15	32,9	29,68										327,7	
	S3	61.1					14,35	18,35	20,7	21,95	46,25	24	21,55	22,25	23,5	21,2										234,1	
KARPUZ	S1	100						46,4	54,4		54,7	56,4	105,6	52,5	53,2											423,2	
	S2	82.7						32,48	38,08		38,29	39,48	73,92	36,75	37,24											296,2	
	S3	61.1						23,2	27,2		27,35	28,2	52,8	26,25	26,6											211,6	
KAVUN	S1	100							34	42,7	50,1	50,8	55,6	105,6	53	51,6	53									496,4	
	S2	81.7							23,8	29,89	35,07	35,56	38,92	73,92	37,1	36,12	37,1									347,5	
	S3	66.6							17	21,35	25,05	25,4	27,8	52,8	26,5	25,8	26,5									248,2	
MISIR	S1	100						36,6		47,9	108,9	57	53,4	107	52,5	102,4	55		51,5							672,2	
	S2	74						25,62		33,53	76,23	39,9	37,38	74,9	36,75	71,68	38,5	36,05								470,5	
	S3	54.3						18,3		23,95	54,45	28,5	26,7	53,5	26,25	51,2	27,5	25,75								336,1	
ŞEFTALİ	S1	100					56,1		59,6	58,9	56,2	60,5	60	59,6	58,8	58	59	60,2	57,9							704,8	
	S2	78.9					39,27		41,72	41,23	39,34	42,35	42	41,72	41,16	40,6	41,3	42,14	40,53							493,4	
	S3	62.4					28,05		29,8	29,45	28,1	30,25	30	29,8	29,4	29	29,5	30,1	28,95							352,4	
HIYAR	S1	100						36		60.5	72.4		71.6	69.8	68.5	72.7	71.2	36								522.7	
	S2	83.2						25.2		42.35	50.68		50.12	48.86	47.95	50.89	49.84	25.2								365.89	
	S3	67.8						18		30.25	36.2		35.8	34.9	34.25	36.35	35.6	18								261.35	
YONCA	S1	100						58,8		58,9	113,5	63,2	60,5	60,2	117,9	57,3	59	58,8								708,1	
	S2	77.4						41,16	41,23	79,45	44,24	42,35	42,14	82,53	40,11	41,3	41,16									495,7	
	S3	60.4						29,4		29,45	56,75	31,6	30,25	30,1	58,95	28,65	29,5	29,4								354	
YULAF	S1	100	35,2		34,2	34,6	34,9												18,8	11	13,5	14,4				196,6	
	S2	99.4	24,4		23,94	24,22	24,43												13,6	7,7	9,45	10,1				137,6	
	S3	97.1	17,6		17,1	17,3	17,45												9,4	5,5	6,75	7,2				98,3	

EK 3. Yağışlı yılda uygulanması gereken sulama suyu miktarları (mm).

Bitkiler-Sulama kombinasyonları		Verim	Yağışlı yılda uygulanacak sulama suyu miktarı (mm)																								Toplam sulama Miktarı
			Nisan			Mayıs			Haziran			Temmuz			Ağustos			Eylül			Ekim			Kasım			
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
ARMUT	S1	100							58		59,2	56,8	56,2	56,4	56,9	57,4	60,7		58,2								519,8
	S2	86.8							40,6		41,4	39,8	39,3	39,5	39,8	40,2	42,5		40,7							363,9	
	S3	73.8							29		29,6	28,4	28,1	28,2	28,5	28,7	30,4		29,1							259,9	
ARPA	S1	100				56,6																		13,1			69,7
	S2	99				39,6																		9,2			48,8
	S3	98				28,3																		6,6			34,9
AYÇİÇEĞİ	S1	100					52,8	51,6	53,2		53,1	54,3	53,6														318,6
	S2	95.2					37	36,1	37,2		37,2	38	37,5														223
	S3	87					26,4	25,8	26,6		26,6	27,2	26,8														159,3
BİBER	S1	100						30,5		36,3	76,3	34,7	77,8	77,2	38,6	76,1	36,7	35									519,6
	S2	83						21,35		25,41	53,41	24,29	54,04	54,04	27,02	52,64	26,39	24,5									363,72
	S3	67.6						15,25		18,15	38,15	17,35	38,6	38,6	19,3	38,05	18,85	17,5									259,8
CEVİZ	S1	100							59,3	56,9		61,8	62,5	121	59,9	60,5	59,5	58,9	57,7								658
	S2	81.8							41,51	39,83		43,26	43,75	84,7	41,93	42,35	41,65	41,23	40,39								460,6
	S3	67.8							29,65	28,45		30,9	31,25	60,5	29,95	30,25	29,75	29,45	28,85								329
ÇELTİK	S1	100					31,4	42,3		57	50,7	52,1	107,1	52	104,5	51,8	54,5	55,3	53,2								711,9
	S2	86.1					21,98	29,61		39,9	35,49	36,47	74,97	36,4	73,15	36,26	38,15	38,71	37,24								498,3
	S3	73.2					15,7	21,15		28,5	25,35	26,05	53,55	26	52,25	25,9	27,25	27,65	26,6								356
DOMATES	S1	100							48,4	55,1	54,9	56,8	50,7	110,6	54,6												431,1
	S2	89.4							33,88	38,57	38,43	39,76	35,49	77,42	38,22												301,8
	S3	76.9							24,2	27,55	27,45	28,4	25,35	55,3	27,3												215,6

EK 3. 'ün devamı

Bitkiler-Sulama kombinasyonları		Verim	Yağışlı yılda uygulanacak sulama suyu miktarı (mm)																								Toplam sulama Miktarı
			Nisan			Mayıs			Haziran			Temmuz			Ağustos			Eylül			Ekim			Kasım			
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
FASULYE	S1	100							35,9	44,7	43	44,9	92,9	45,2	88,4	46,7											441,7
	S2	87.4							25,13	31,29	30,1	31,43	65,03	31,64	61,88	32,69										309,2	
	S3	72.2							17,95	22,35	21,5	22,45	46,45	22,6	44,2	23,35										220,9	
KARPUZ	S1	100								52,9	54,2	54,8	55	52,2	53,9											323	
	S2	91.7								37,03	37,94	38,36	38,5	36,54	37,73											226,1	
	S3	80.1								26,45	27,1	27,4	27,5	26,1	26,95											161,5	
KAVUN	S1	100								47,7	56	51,4	52,5	104,1	56,5	51,2										419,4	
	S2	89.5								33,39	39,2	35,98	36,75	72,87	39,55	35,84										293,6	
	S3	72.3								23,85	28	25,7	26,25	52,05	28,25	25,6										209,7	
MISIR	S1	100								50,5	53,7	51,9	107,1	52	104,5	50,9	54,1	53,4								578,1	
	S2	82.6								35,35	37,59	36,33	74,94	36,4	73,15	35,63	37,87	37,38								404,7	
	S3	65.3								25,25	26,85	25,95	53,55	26	52,25	25,45	27,05	26,7								289	
ŞEFTALİ	S1	100						59,2			60,8	56,8	58,5	58,7	58,4	57,5	58,8	58,9								527,6	
	S2	85.5						41,44			42,56	39,76	40,95	41,09	40,88	40,25	41,16	41,23								369,3	
	S3	72.3						29,6			30,4	28,4	29,25	29,35	29,2	28,75	29,4	29,45								263,8	
HIYAR	S1	100									72,4	73,1	73,2	67,4	72,3		69,6									428	
	S2	90,3									50,68	51,17	51,24	47,18	50,61		48,72									299,6	
	S3	78,3									36,2	36,55	36,6	33,7	36,15		34,8									214	
YONCA	S1	100								60,5	61,9	58,1	59,9	116	57,6	58,7	60,5	56,7	59,6							650,4	
	S2	85								42,35	43,33	40,67	41,93	82,11	40,32	40,74	42,35	39,69	41,72							455,3	
	S3	69.7								30,25	30,95	29,05	29,95	58,7	28,8	29,1	30,25	28,35	29,8							325,2	
YULAF	S1	100				34													10,5	11,2	13,5					69,2	
	S2	99.9				23,8													7,4	7,8	9,5					48,4	
	S3	99.6				17													5,3	5,6	6,8					34,6	