



**T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KURAK KOŞULLARDA OPTİMUM ÜRÜN DESENİ MODELİNİN
GELİŞTİRİLMESİ VE KIRIKHAN SULAMA SAHASINDA
UYGULANMASI**

MUSTAFA ERHAN KAHYA

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
OCAK 2020**



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KURAK KOŞULLARDA OPTİMUM ÜRÜN DESENİ MODELİNİN
GELİŞTİRİLMESİ VE KIRIKHAN SULAMA SAHASINDA
UYGULANMASI**

MUSTAFA ERHAN KAHYA

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
OCAK 2020

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KURAK KOŞULLARDA OPTİMUM ÜRÜN DESENİ MODELİNİN
GELİŞTİRİLMESİ VE KIRIKHAN SULAMA SAHASINDA UYGULANMASI**

Mustafa Erhan KAHYA

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Doç. Dr. Ahmet İRVEM danışmanlığında hazırlanan bu tez 21/01/2020 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ahmet İRVEM
Başkan

Prof. Dr. Fatih ÜNEŞ
Üye

Prof. Dr. Erdal DAĞISTAN
Üye

Kod No:

Doç. Dr. Cengiz KARACA
Enstitü Müdürü

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 18.YL.063

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

21/01/2020

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Mustafa Erhan KAHYA

ÖZET

KURAK KOŞULLARDA OPTİMUM ÜRÜN DESENİ MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE KIRIKHAN SULAMA SAHASINDA UYGULANMASI

Kısıtlı sulama, kurak koşulların oluşması durumunda bitkiye ihtiyacından daha az sulama suyu uygulanması olarak açıklanabilir. Bu tür çalışmalarda, çok sayıda bitki için, su üretim fonksiyonları, bitki verim tepki etmeni (ky) değerleri gibi sulama verim ilişkisini veren sonuçlar ortaya konmuştur. Bu çalışmaların verileri, Doğrusal Programlama modelinde (DP) kullanılarak, farklı su kısıtı koşulları için optimum ürün desenleri belirlenebilmektedir. Model sonuçları, işletme sahiplerinin gelirlerini maksimum yapmaları yönünde önemli bilgileri sağlamaktadır. Bu çalışmada, yeterli ve kurak koşullarda, optimum bitki desenini belirlemeye yönelik bir DP modeli geliştirilmiş ve geliştirilen model Kırıkhan sulama sahasında fiilen sulama yapılan alanlar için uygulanmıştır. DP modelinin amaç fonksiyonu %100 %80 %60 ve %40 sulama uygulamalarında elde edilen ürün gelirlerinden, kısıtları ise bitki ekim alanlarına yönelik kısıtlar, ikinci ürün ekim alanı kısıtı ve sulama suyu miktarlarına ait kısıtlar olmuştur. Amaç fonksiyonu ve kısıtlar Lindo yazılımına aktararak, optimum ürün desenleri farklı su miktarları için belirlenmiş ve model sonuçları yorumlanmıştır. Çalışma sonucunda, su miktarının 70 hm^3 olduğu yeterli sulama koşullarında gelir 147.09 milyon TL, 60 hm^3 olduğunda gelir 133.49 milyon TL, 50 hm^3 olduğu koşullarda gelir 119.12 milyon TL, 40 hm^3 olduğu koşullarda gelir 104.76 milyon TL, 30 hm^3 olduğunda gelir 84.39 milyon TL, 20 hm^3 olduğunda ise 60.71 milyon TL, 10 hm^3 olduğunda ise 35.17 milyon TL hesaplanmıştır. Bu çalışma ile modelin duyarlılık analizleri yapılmış, analizlerin sonucundan, işletme sahiplerinin gelirlerini maksimum yapmaları yönünde önemli sonuçlar elde edilmiştir.

2020, 58 sayfa

Anahtar Kelimeler: Optimum ürün deseni, Lindo, Doğrusal Programlama, Kırıkhan sulama sahası, Net gelir

ABSTRACT

DEVELOPING OPTIMUM CROP PATTERN MODEL IN ARID CONDITIONS CASE STUDY IN KIRIKHAN IRRIGATION DISTRICT

Deficit irrigation can be explained as the application of less irrigation water to the plant in case of arid conditions. Studies on deficit irrigation have done for many different plants to find water yield functions, plant respond factor (ky) values for obtaining relations of irrigation water and yield. The results of these studies can be used in linear programming (LP) to determine optimum crop patterns for different water constraint conditions. The model results provide important information for farmers to maximize their income. In this study, a LP model was developed to determine the optimum crop pattern under sufficient and dry conditions. Developed model was applied to the Kırıkhan irrigation district. The objective function of the DP model was 100% 80% 60% and 40% of the product revenues obtained in irrigation applications, while the constraints were the restrictions on planting areas, the second crop cultivation area and different irrigation water quantity constraints. The objective function and constraints were transferred to Lindo software, as inputs. Optimum crop patterns were determined for different water quantities. Results of the study showed that when the amount of irrigation water is 70 hm³ under sufficient irrigation conditions income was calculated 147.09 million TL. When the amount of irrigation water is 60 hm³ under deficit irrigation conditions income was calculated 133.49 million TL. When the amount of irrigation water is 50 hm³ under deficit irrigation conditions income was calculated 119.12 million TL. When the amount of irrigation water is 40 hm³ under deficit irrigation conditions income was calculated 104.76 million TL. When the amount of irrigation water is 30 hm³ under deficit irrigation conditions income was calculated 84.39 million TL. When the amount of irrigation water is 20 hm³ under deficit irrigation conditions income was calculated 60.71 million TL. When the amount of irrigation water is 10 hm³ under deficit irrigation conditions income was calculated 35.17 million TL. In this study, sensitivity analysis of the LP model has been made and important information has been provided from the results of the analyzes in order to maximize the income of the farmers.

2020, 58 pages

Keywords: Optimum crop pattern, Lindo, Lineer programming, Kırıkhan irrigation district, Net benefit

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü yardımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Ahmet İRVEM'e ve Biyosistem Mühendisliği Bölümü'ndeki bütün hocalarıma sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez konusunun belirlenmesi ve çalışmaların takip edilmesinde her türlü yardımı esirgemeyen Tez jürisi üyeleri Prof. Dr. Fatih ÜNEŞ ve Prof. Dr. Erdal DAĞISTAN'a tez çalışmaları sırasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan HMKÜ Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na, maddi destek veren HMKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna (Proje No: 18.YL.063) ve isimlerini burada zikredemediğim ama yardımlarını esirgememiş herkese içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında desteklerini esirgemeyen aileme çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	9
3.1. Çalışma Alanı	9
3.2. Modelde Kullanılan Veri ve Yazılımlar	11
3.3. Yöntem	11
3.3.1. Doğrusal Programlama	11
3.3.2. Kavramsal modelin oluşturulması	13
3.3.3. Amaç Fonksiyonu	13
3.3.4. Modelin Alan Kısıtları	15
3.3.5. Modelin Su Kısıtları	16
3.3.6. Modelin Uygulanması	16
3.3.7. Sonuçların Değerlendirilmesi	17
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	18
4.1. Çalışma Alanı Bitki Ekim Alanları	18
4.2. Optimum Bitki Deseni Modeli	19
4.2.1. Modelin Karar Değişkenleri	19
4.2.2. Modelin Amaç Fonksiyonu	20
4.2.3. Modelin Kısıtları	23
4.3. Doğrusal Programlama Modeli Girdileri	28
4.4. Doğrusal Programlama Modeli Çıktıları	29
4.4.1. Yeterli Sulama Suyu Miktarı 70 hm ³ İçin Model Çıktısı	29
4.4.2. Sulama Kısıtı 60 hm ³ İçin Model Çıktısı	33
4.4.3. Sulama Kısıtı 50 hm ³ İçin Model Çıktısı	36
4.4.4. Sulama Kısıtı 40 hm ³ İçin Model Çıktısı	39
4.4.5. Sulama Kısıtı 30 hm ³ İçin Model Çıktısı	42
4.4.6. Sulama Kısıtı 20 hm ³ İçin Model Çıktısı	45
4.4.7. Sulama Kısıtı 10 hm ³ İçin Model Çıktısı	48
4.5. Sulama Suyu Miktarı ile Ürün Geliri İlişkisi	51
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanı konumu	10
Şekil 3.2. Çalışmanın kavramsal modeli.....	13
Şekil 4.1. Hatay ve çalışma alanı yağışı regresyon sonucu	25
Şekil 4.2. Sulama suyu kapasitesi ile ürün geliri ilişkisi.....	52



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Antakya ili uzun yıllık meteorolojik verileri	10
Çizelge 3.7 Çalışma alanında bazı bitkilerin üretim maliyet değerleri.....	17
Çizelge 4.1. Kırıkhan sulama sahası ait sulama bilgileri	18
Çizelge 4.2. Modelde kullanılan karar değişkenleri	20
Çizelge 4.3. Bitkiler için Ky değerleri ve Ky değerlerine bağlı verimde azalış oranları	21
Çizelge 4.4. Bitkilerin farklı su kısıtı koşullarında ortalama verimleri ve gelirleri.....	22
Çizelge 4.5. Çalışma alanı ve Hatay için yağış miktarları	24
Çizelge 4.6. Aylara göre sulama suyu ihtiyacı ve su açığı miktarları (mm).....	26
Çizelge 4.7. Çalışma alanı su ihtiyacı	28
Çizelge 4.8. Optimum bitki deseni (70 hm ³).....	30
Çizelge 4.9. Bitkisel üretim gelirinin arttırılabilir ya da azaltılabilir miktar. (70 hm ³)..	31
Çizelge 4.10. Artan veya azalan kapasite ve gölge fiyat değerleri (70 hm ³)	32
Çizelge 4.11. Sağ taraf değerleri (70 hm ³)	33
Çizelge 4.12. Optimum bitki deseni (60 hm ³).....	34
Çizelge 4.13. Artan veya azalan kapasite ve gölge fiyat (60 hm ³).....	35
Çizelge 4.14. Bitkisel üretim gelirinin arttırılabilir ya da azaltılabilir miktar. (60 hm ³)	35
Çizelge 4.15. Sağ taraf değerleri (60 hm ³)	36
Çizelge 4.16. Optimum bitki deseni (50 hm ³).....	37
Çizelge 4.17. Artan veya azalan kapasite ve gölge fiyat (50 hm ³).....	38
Çizelge 4.18. Bitkisel üretim gelirinin arttırılabilir ya da azaltılabilir miktar.(50 hm ³) .	38
Çizelge 4.19. Sağ taraf değerleri (50 hm ³).....	39
Çizelge 4.20. Optimum bitki deseni (40 hm ³).....	40
Çizelge 4.21. Artan veya azalan kapasite ve gölge fiyat (40 hm ³).....	41
Çizelge 4.22. Bitkisel üretim gelirinin arttırılabilir ya da azaltılabilir miktar.(40 hm ³)..	41
Çizelge 4.23. Sağ taraf değerleri (kısıt 40 hm ³).....	42
Çizelge 4.24. Optimum bitki deseni (30 hm ³).....	43
Çizelge 4.25. Artan veya azalan kapasite ve gölge fiyat (30 hm ³).....	44
Çizelge 4.26. Bitkisel üretim gelirinin arttırılabilir ya da azaltılabilir mikt. (30 hm ³) ...	44
Çizelge 4.27. Sağ taraf değerleri (30hm ³)	45
Çizelge 4.28. Optimum bitki deseni (20 hm ³).....	46
Çizelge 4.29. Artan veya azalan kapasite ve gölge fiyat (20 hm ³).....	47
Çizelge 4.30. Bitkisel üretim gelirinin arttırılabilir ya da azaltılabilir miktar. (20hm ³) .	47
Çizelge 4.31. Sağ taraf değerleri (20 hm ³)	48
Çizelge 4.32. Optimum bitki deseni (10 hm ³).....	49
Çizelge 4.33. Artan veya azalan kapasite ve gölge fiyat (10 hm ³).....	50
Çizelge 4.34. Bitkisel üretim gelirinin arttırılabilir ya da azaltılabilir miktar.(10hm ³)...	50
Çizelge 4.35. Sağ taraf değerleri (10 hm ³).....	51

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

K_y	: Bitki verim tepki etmeni
E_{Ta}	: Gerçek bitki su tüketimi
E_{Tm}	: Maksimum bitki su tüketimi
Y_a	: Gerçek verim
Y_m	: Maksimum verim

KISALTMALAR

DP	: Doğrusal Programlama
DSİ	: Devlet Su İşleri

1. GİRİŞ

Su dünyadaki tüm canlılar için hayati öneme sahip doğal bir kaynaktır. Dünyada suların yaklaşık %2.5'i tatlı su kaynaklarını oluşturmaktadır. Yeryüzünde tatlı suların da %97'si buzullardan oluşmaktadır. Suyun kıt bir kaynak olması yanında nüfus artışı, kirlilik, iklim değişimi gibi faktörler suyun kalitesine negatif yönde etki ederek kullanımını sınırlamaktadır.

Dünyanın kurak ve yarı-kurak bölgelerinde tatlı su kaynaklarına olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Su fakiri olan ülkemizde de nüfus artışına ve çevresel ve iklimsel faktörlere bağlı olarak suya ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Özellikle tatlı suların %75'inin tarımsal alanlarda sulama amaçlı kullanımı, suya olan bağımlılığı gıda güvenliği açısından son derece önemli hale getirmiştir. Ülkemizde sürdürülebilir bir tarımsal üretim, yetersiz su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılarak, sürdürülebilir yönetim anlayışıyla mümkün olacaktır.

Bir işletme sahip olduğu kaynaklar ile piyasa taleplerini en iyi şekilde karşılayıp gelirini maksimize etmek ister. Aynı şekilde bir tarım işletmesi de imkanları ve mali kaynakları ile piyasa taleplerini en iyi şekilde karşılamak üzere arazisini planlamak, en uygun bitki desenini ortaya koymak ister. Bu durumda tarımsal üretimin arttırılması için birim alandan daha yüksek verim elde edilmesi gerekmektedir. Verimliliği arttırmak ise; tarım tekniğinin düzeyine, üretimde kullanılan girdilerin kalitesine ve tarımsal kapasitesine bağlıdır.

Tarımsal kapasitenin iyileştirilmesi çalışmalarının başında; arazi kullanma düzeyinin geliştirilmesi, toprak ve su kaynaklarının korunması ve bu kaynakların rasyonel bir şekilde kullanılması gelir. Bu şekildeki problemlere etki eden etmenler çoğaldıkça problemin çözümü zorlaşmış ve matematiksel bağlantıların çözümü için yeni yöntemlere ihtiyaç duyulmuştur. Geline süreçte artık proje yönetimi, yöneylem araştırması adı altında çok disiplinli bir bilim dalı haline gelmiş ve pek çok farklı alanda başarı ile uygulanmıştır. Bu teknikler sayesinde, projelerin daha kısa sürede daha az iş gücü ile ama daha ekonomik olacak şekilde tamamlanabilmesi mümkün olabilmektedir (Demirer ve Alkan, 2015).

Suyun kullanımı ile ilgili yeni stratejiler geliştirilmesi, sulama randımanı yüksek modern sulama yöntemlerinin seçimi, mevcut su miktarına göre bitki deseninin

optimizasyonun yapılması, diğer bir ifadeyle tarım işletmelerinin mevcut su varlığına göre hangi bitkinin ne kadar alana ekilmesi durumunda, maksimum ürün miktarının elde edileceğinin önceden kestirilerek üretim planlamasının yapılması, sağlık, sosyal, ekonomik refah, gıda güvenliği, bio-çeşitlilik ve su kullanıcıları arasındaki anlaşmazlıkların çözümü için gereklidir.

Suyun etkin kullanımı açısından ülkemiz su kullanım stratejilerinin geliştirilmesi, kuraklık eylem planında uygulayıcılara rehber olacak bir optimizasyon modeline ihtiyaç duyulmaktadır. Oluşturulan optimizasyon modellerinin çözümünde ise Doğrusal Programlamadan yararlanılmaktadır.

Doğrusal programlama (DP) kavramı ilk kez 1920 yılında araştırmacı W. Leontief tarafından ortaya atılmış ve Amerika Birleşik Devletlerinin ekonomik yapısına yönelik çalışmalarda kullanılmıştır. Bununla birlikte DP modellerinin optimum üretime yönelik uygulamaları ve modelin çözüm yöntemleri konusunda önemli çalışmalar L.V. Kantorovich tarafından yapılmıştır. G.B.Dantzig 1966 yılında belirli bir amaca ulaşmada çok fazla seçenek olması durumunda en uygun olanın nasıl belirlenebileceğini incelemiştir. Dantzig'in yaptığı bir çalışmanın sonucunda, Doğrusal Programlamanın üretim planlaması, ulaştırma, malzeme, nakil akışı gibi çok farklı alanlarda uygulanabileceği ortaya çıkmıştır (Bakoğlu, 1999).

Yöneylem araştırması 1940'lı yıllara kadar çözülememiş ya da güvenilir çözüm yolları ve çözümleri elde edilemeyen problemlerin çözümünde doğrusal ve doğrusal olmayan çok sayıda yöntemi kapsamaktadır.

Eşdeğer problemlerin matematiksel tanımları ve çözümleri iktisatçıların ve matematikçilerin ilgisini çekmiş ve ikinci dünya savaşı ile birlikte bu yöndeki çalışmalar hız kazanmıştır. Özellikle 1947 yılında Dantzig tarafından Doğrusal Programlamanın bir çözüm yöntemi olan simpleks yönteminin geliştirilmesiyle çok yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Tülücü, 1997).

Doğrusal Programlama tüm özel ve kamu kuruluşlarının optimizasyon çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğrusal Programlama son yıllarda tarımda geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Tarımsal üretimde verimin artırılabilmesi için fiziki girdilerin en iyi şekilde sağlanması yanında, var olan kaynakların da en iyi şekilde planlanması gerekmektedir (Tülücü, 1997).

Bir optimizasyon probleminde temel ilke, belirli sayıda değişken girdiye bağlı olarak amaç fonksiyonunun uygun şekilde oluşturulması yani işletmenin net karını maksimum yapacak veya masraflarını minimum yapacak modelin oluşturulmasıdır. Bu amaçla, kullanılan değişkenler birbirlerinden bağımsız olabildikleri gibi, bir veya daha fazla kısıtlayıcı ile ilişkilendirilebilirler (Balaban, 1986).

DP tarımda geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Tarımsal üretimde, birim alandan verimin artırılabilmesi için fiziki girdilerin en iyi şekilde sağlanarak uygulanması gerekmektedir. DP tarımda uygulanarak, var olan kaynaklarından özellikle su kaynakları aısından en iyi biçimde planlanması sürdürülebilirlik ve ekonomik aıdan önemlidir. (Tölücü, 1997).

Bu çalışmanın temel amacı Doğrusal Programlama yöntemini kullanarak, kurak koşullar için tarımsal geliri maksimum yapacak optimum ürün deseninin belirlenmesine yönelik bir model geliştirmektir. Geliştirilen modelden elde edilecek sonuçlara göre kuraklık eylem planının belirlenmesi gibi karar verici mercilere, havza bazında bitki ekim ve dikim alanları konusunda, tarım işletmelerinin net gelirini artıracak kararların verilmesinde yol gösterebilmektir.

Bu çalışmada, mevcut su kapasitesi, sulama sahasında uzun yıllar için ortalma ekim desenine göre bitkilerin su gereksinimleri dikkate alınarak sulama suyu ihtiyacı aısından gerekli su miktarları hesaplanmıştır, hesaplamalar sonucunda modelin su kısıtına yönelik parametreleri belirlenmiştir. Çalışmada sonuç olarak, gelecek yıllar için, yağış miktarlarına göre su kapasitesinin belirlenmesi ve bu kapasitede ne kadar alanda hangi bitkinin ekiminin yapılması ve 2. ürün ekiminin yapılıp yapılmayacağını, yapılırsa ne kadar alanda yapılması gerektiğini önceden belirleyen bir model elde edilmiştir.

Bu çalışmada, Kırıkhan sulama sahasında yeterli ve kısıtlı sulama koşullarında işletme karını maksimum yapacak optimum ürün desenini belirleyecek Doğrusal Programlama modelinin kurulması ve modelin uygulanarak işletme gelirinin maksimum yapacak optimum ürün deseninin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kurak koşullarda optimum ürün deseni modelinin geliştirilmesi amaçlandığı çalışma ile ilgili yapılan literatür taramasında karşılaşılan ulusal ve uluslararası çeşitli çalışmalar da özetlenerek aşağıda verilmiştir.

Matanga and Mariño (1979) geliştirdikleri DP optimizasyon modeli ile kısıtlı su kullanımında işletme gelirini maksimum yapan bitki ekim desenini belirlemişlerdir.

Maji ve Heady (1980) rezervuarda depolanabilir su miktarının ve suyun sulama alanına optimum dağılımını, deterministik ve stokastik olarak belirleyen bir model geliştirmişlerdir. Modeli Hindistan'da Mayurakshi projesinde uygulamışlar, sonucunda proje alanında deterministik ve stokastik olarak daha yoğun ürün desenli bir tarımın mümkün olduğunu açıklamışlardır.

Chávez-Morales et al. (1987) Meksika'da geliştirdikleri Doğrusal Programlama modeli ile tarım işletmelerinin gelirini maksimum yapacak bitki desenini araştırmışlardır. Doğrusal Programlama modelinin parametrelerini, ürün fiyatları, üretim maliyeti, bitki ekim alanları, sulama suyu sağlayan rezervuar ve akifer kapasiteleri, rezervuar ve yeraltından sulamaya ayrılan aylık su miktarları ile üretim girdilerinden gübre, tohum ilaçlama işgücü, kullanılan alet ve ekipman oluşturmuştur.

Kumar ve Pathak (1989) Panda et al. (1996) Rejani et al. (2009) Singh (2012) Singh et al. (2001) ve Tyagi ve Narayana (1984) Benzer şekilde Doğrusal Programlama modellerini Hindistan'ın bir çok farklı sulama projeleri için kullanmışlardır.

Kodal (1996) Ankara ili Beypazarı ilçesinde yaptığı çalışmada, yeterli ve kısıtlı su koşullarında bitkilerin sulama programlarını ve tarım işletmesi için yeterli ve kısıtlı su kapasitesi koşullarında araştırmaya konu olan 18 bitki için optimum bitki desenini belirlemiştir. Sulama programlarının belirlenmesinde IRSIS yazılım programı kullanılmıştır. Araştırma sonucunda ortalama yılda ve yeterli su koşulunda işletmenin optimum bitki desenini 308 da buğday, 597 da şeker pancarı, 724 da havuç, 180 da marul, 308 da marul 2. ürün, 180' da soğan olarak belirlemiştir.

Mainuddin et al. (1997) Tayland'da yeraltı su kaynaklarını geliştirme projesinde, değişen yağış ve yeraltı su rezervi koşullarında yeraltı suyunun emniyetli kullanımı için yaptıkları çalışmada, optimum ürün deseni için aylık sulama programını formüle etmişlerdir.

Wardlaw ve Barnes (1999) Sulama şebeke sistemleri için gerçek zamanlı sulama sistemi yaklaşımını, DP kullanarak uygun bir sulama programı ve su kullanımı ile maksimum ürün elde edecek optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Endonezya'nın Bali bölgesinde bulunan aşağı Ayung havzasında uygulamışlardır. Uygulama sonucunda, modelin havza bazında bitkisel üretimi önemli derecede artırma potansiyeli olduğunu açıklamışlardır.

Tlc (2002) optimizasyonu sistemin kısıtlayıcı koşullarına bağlı olarak amaç fonksiyonunu maksimum yapan karar değişkenleri kümesini seçme yöntemi olarak tanımlamıştır.

Kodal ve ark. (2001) Tahılalan Sulama Birliğindeki küçük ölçekli (30 da) bir tarım işletmesinde, yeterli ve kısıtlı sulama koşullarında maksimum gelir getirecek bitki deseninin belirlenmesi amacıyla Harran koşullarında yetiştirilecek bitkiler için bitki su tüketimleri ile yeterli ve kısıtlı su koşullarında sulama zaman planlarını ve brüt kar değerlerini belirlemişler, ayrıca elde edilen bilgilerden yararlanılarak Doğrusal Programlama tekniği ile optimum bitki desenini elde etmişlerdir.

Selenay (2001) Harran Ovası'nda yapılan çalışmada bir tarım işletmesinde yeterli ve kısıtlı sulama suyu koşullarında bitkilerin sulama programları ve işletme için optimum bitki desenlerini belirlemiş, ayrıca elde edilen bilgilerden yararlanarak Doğrusal Programlama tekniği ile optimum bitki deseni elde etmiştir. Yeterli su kapasitesine sahip bir işletmede optimum bitki desenini 20 da buğday, 20 da patlıcan, 20 da soya (II. rn) olarak belirlemiştir.

Altın (2002) Harran Ovası Fırat Sulama Birliği'nde orta büyüklükteki (100 da) aile işletmelerindeki bitkilerin su tüketimleri ile yeterli ve kısıtlı su koşullarında IRSIS yazılımı yardımıyla sulama programlarının belirlenmesi ve aynı koşullar için Doğrusal Programlama tekniğinden faydalanarak optimum bitki desenini belirlemek üzere yaptığı çalışmada, optimum bitki desenini 50 da buğday, 10 da pamuk, 10 da karpuz, 10 da biber, 10 da patlıcan ve 10 da domates olarak belirlemiştir.

Benli ve Kodal (2003) Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) için bitki-su üretim fonksiyonunu dikkate alan, Doğrusal olmayan bir optimum ürün deseni modeli geliştirmişlerdir. Modelde ifti geliri, yeterli ve kısıtlı sulama suyu miktarları için farklı ürün desenleri önerilmiştir.

Benli ve Kodal (2003) Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Doğrusal olmayan optimizasyon yöntemini kullanarak optimum ürün desenini belirlemek amacıyla bir model geliştirmişlerdir. Su potansiyelini, ürün gelirini, ve yeterli ve kısıtlı sulama koşullarında model girdilerini Ms Excel çözücü programına ve Lindo yazılımına aktarmışlardır. Aynı amaç fonksiyonu ve kısıtlarla, optimum bitki ekim alanı dağılımını Doğrusal ve Doğrusal olmayan modellerle çözmüşlerdir. Kısıtlı sulama koşullarında Doğrusal olmayan modelde elde edilen net gelirin daha fazla bulunduğunu açıklamışlardır.

Sönmez ve Altın (2004) yaptıkları çalışmalarında yeterli ve kısıtlı su koşulları için Harran ovasında orta ölçekli (100 dekar) işletmeler için optimum ürün desenini belirlemişlerdir. Mevcut su kapasitesinin %100, %80, %60, %40, %20 ve %0 olması durumunda ve aynı zamanda bitki su ihtiyacının %100, %80 ve %60'ının karşılandığı, 3 farklı sulama programını her bitki için uygulamışlardır. Çalışma sonucunda Mevcut su potansiyelinin kısıtlı olduğu koşullarda uygun bir sulama programı ve ürün deseni ile tarım işletmelerinin daha yüksek net gelir elde edebileceklerini açıklamışlardır.

Kızıloğlu ve ark. (2006) Yaptıkları araştırmada Erzurum Daphan Ovası'nda sulamaya açılmış olan 9,907,5 hektarlık alanda yetiştirilen bitkilerin mevsimlik su gereksinimleri, sulama alanı büyüklüğü, su kaynağı, bitkilerin ekilebilecekleri maksimum ve minimum alan büyüklükleri, birim alan için toplam ve net gelir miktarları göz önüne alarak, Doğrusal Programlama yöntemiyle kurak, normal ve yağışlı yıllara ilişkin optimum bitki desenini belirlemişlerdir. Doğrusal Programlamada QSBWIN paket programı kullanarak, en yüksek geliri sağlayan bitki desenini kurak yıl için %50 yem bitkileri, %19.4 hububat, %26.6 endüstri bitkileri, %2 lahana, %2 bostan; normal ve yağışlı yıl için %45 yem bitkileri, %19.4 hububat, %31.6 endüstri bitkileri, %2 lahana ve %2 bostan olarak belirlemişlerdir.

Sarker and Ray (2009) Bitki ekim planını ve nüfusu temel alan çok amaçlı optimizasyon problemlerini, üç farklı optimizasyon tekniğini kullanarak çözmüşlerdir.

Benli ve ark. (2009) Şanlıurfa Harran ovası Tahıl alan Sulama Birliğindeki küçük ölçekli bir tarım işletmesinde, kısıtlı ve yeterli sulama suyu koşullarında, maksimum gelir getirecek bitki desenini belirlemişlerdir. Yaptıkları çalışmada, Harran koşullarında yetiştirilebilecek bitkiler için bitki su tüketimleri ve yeterli ve kısıtlı su koşullarında

sulama zaman planları, üretim girdi ve maliyetleri ile brüt kar değerlerini belirleyerek Doğrusal Programlama tekniği ile optimum bitki desenini elde etmişlerdir.

Sing and Panda (2012) Hindistan'ın Haryana eyaletinde bulunan bir alandan, net yıllık getirileri en üst düzeye çıkarmak için Doğrusal bir Programlama modeli geliştirmişlerdir. Bu modelde, sulanabilen bu çalışma alanında dokuz ürünün üretim maliyeti, sulama birim maliyetleri, verimleri gibi ekonomik faktörler ile su ve yeraltı suyu potansiyelleri, mahsullerin net sulama gereksinimi, arazi ve sudaki mekansal değişimler gibi hidrolojik faktörleri dikkate almışlardır. Mahsul veriminin sulama ve verim ilişkisinden tahmin edilmesinde, su üretim fonksiyonları geliştirilerek, modele dahil edilmiştir. Net gelirin maksimum olması için arazi ve su kaynaklarının optimizasyonunu yapan bu modelin sonuçlarına göre, pirinç ekim alanlarında azalma, pamuk, şeker kamışı, buğday, darı ve sorgum ekim alanlarında artış olması yıllık net ekonomik geliri yaklaşık%26 artırmaktadır.

Manos ve ark. (2013) brüt marjın maksimizasyonunu, gübre kullanımının en aza indirilmesi ve işçiliğin minimize edilmesini eşzamanlı olarak en uygun hale getirmeyi amaçlayan modeli Yunanistan'ın Thessaly bölgesinin iki eyaletine uygulamışlardır. Her iki bölgede de optimum üretim planı; mevcut üretim planından daha fazla brüt getiri, işgücünde azalma, daha az gübre kullanımı ve daha az sulanan su kullanımı sağlamıştır.

Martin ve ark. (2015) Ortak Tarım Politikası kapsamında optimal ürün yetiştirme plan kararlarını belirleyen çok aşamalı bir Doğrusal Programlama modeline dayanan bir karar destek aracı sunmuşlardır. İspanya'da tarım arazilerinde uygulanan bu araç ile belirlenen en uygun ürün yetiştirme planı çiftçilerin net getirisini en üst düzeye çıkarmıştır.

Zhang ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, suyla entegre optimal su yönetimi altında tarımsal su tasarruflarının miktarının belirlenmesi üzerinde çalışmış ve tarımsal su tasarruflarının ekonomik artışını analiz etmiştir. Sonuç olarak tarımsal su transferi için optimizasyon modelinin, sulama suyunun ekonomik değerini analiz etmek ve tarımsal su transferleri sağlamak için etkili bir yol olduğunu belirtmişlerdir.

Filippi ve ark. (2016) bir çiftçinin uygulanacak en iyi ürün desenini seçerek arazi kullanımını optimize etmesini sağlayan bir model önermişlerdir. Bu model kullanılarak kısıtlı kaynakların en verimli şekilde kullanılması ve en uygun ürün deseninin seçilmesi gibi sorulara çözüm bulmuşlardır.

Uzunkaya ve ark. (2017) Afyon’da sulama rehabilitasyon projesi kapsamına giren köylerdeki bitkisel ürün yetiştiriciliği yapan işletmelerin optimum ürün planını ortaya koymak amacıyla yaptıkları araştırmada İşletmelerin maliyet analizinde tek ürün bütçe analizi kullanılmış, brüt kar, ürünler bazında iş gücü, bitki su ihtiyaçları, su ücreti ödeme gücü göstergeleri hesaplanmıştır. Optimum ürün planı Doğrusal Programlama ile hesaplanmıştır. Sonuç olarak araştırma alanında mevcut ürün deseni optimize edildiğinde, işletmelerin brüt karlarının %22 oranında arttırabileceğini tespit etmişlerdir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Kırıkhan-Hassa ovasında yapılan sulamalar, Kırıkhan Sulaması adı altında faaliyetini sürdürmektedir. Kırıkhan sulaması, Asi Havzasında Hatay il sınırları içerisinde yer almaktadır. Kırıkhan ve Hassa Sulamasının su kaynağı yıllık ortalama 161 milyon m³'lük akımıyla Karasu Nehri ile Karasu Nehri üzerine kurulmuş olan Tahtaköprü Barajıdır. Hassa Sulaması 3,700 ha, Kırıkhan Sulaması 8,200 ha olmak üzere toplam 11,900 ha'dır. Sulama ve taşkın amaçlı 1966-1975 yıllarında inşaa edilen Tahtaköprü barajının maksimum işletme kotu 405 m ve faydalı göl hacmi ise 200 milyon m³'tür. Kamışlar regülatörü, 1975-1978 yıllarında inşa edilmiştir. Toplam kapasitesi 380 m³/s'dir ve 16 kapaklı bir regülatördür. Sulama suyu sınıfı C2S1'dir.

Hassa sulama şebekesi Kırıkhan Gaziantep karayolunun 40. km'sinde yer alır. Tahtaköprü barajındaki cebri borudan ayrılan tali boru ile sürgülü vana vasıtasıyla sağ sahil ana kanalı sulama suyunu alır. Çalışma alanında sulama şebekesi inşaatına 1972 yılında başlanmış 1976 yılında bitirilmiştir. Ana kanal klasik olarak yapılmış ve 21+325 km uzunluğundadır. Ana kanalın menbasında debi 3,700 lt/s'dir. Ana kanaldan ayrılan 12 adet klasik olarak inşa edilen yedek kanalların toplam uzunluğu ise 32+915 km'dir. Kaplama tersiyerlerin uzunluğu ise 51+415 km'dir. Bu sulama sahasında 3 adet tahliye kanalı açılmış olmasına rağmen tahliye kanalı Höpürün Çayıdır. Kırıkhan Sulama Şebekesi ise suyunu Tahtaköprü barajından Karasu dere yatağına bırakılan ve barajın mansab kısmının 40+000 km'sinde kurulmuş olan Kamışlar regülatöründen alır. Şebeke inşasına 1974 yılında başlanmış ve 1980 yılında bitirilmiştir. Ancak ana kanallar 1978 yılında sulamaya açılabilmiştir. Kırıkhan Sulaması 8,200 ha sahayı kapsar sağ sahil ana kanalı uzunluğu 21+902 km ve debisi 4,700 L/s'dir. Sol sahil ana kanalı uzunluğu ise 13+750 km olup 8+100 km'si klasik, geri kalan kısmı, kanalet olarak inşa edilmiş ve 4,400 L/s debi kapasitesine sahiptir. Toplam kanalet şebekesi uzunluğu 168+900 km'dir. Şebekedeki drenaj kanallar uzunluğu 48+310 km'dir. Doğal Karasu yatağı şebekenin ana tahliye görevini yapmaktadır. Sulama sahasındaki servis yolu stabilize edilmiştir ve toplam uzunluğu 45+500 km'dir. Kırıkhan sulaması 1994 yılında sağ sahili Kırıkhan Sulama birliğine, sol sahili Karasu sulama birliğine devredilmiştir. Daha sonraki

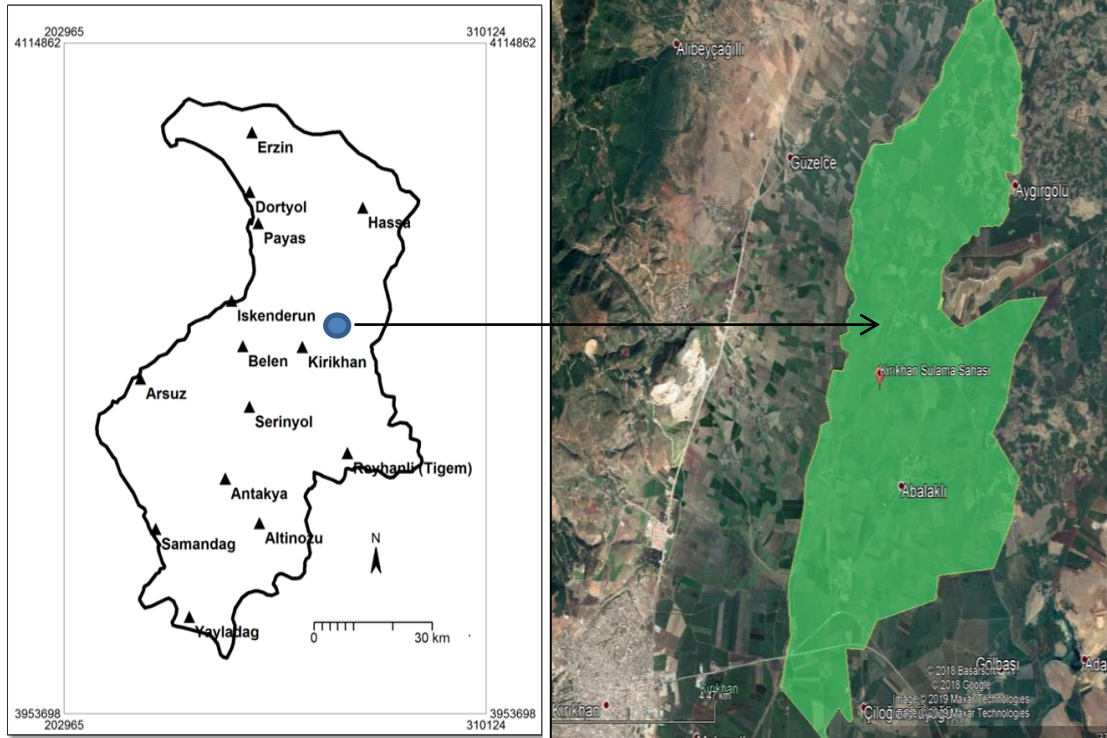
yıllarda ise Hassa ve Kırıkhan sulamaları birleştirilerek, Kırıkhan sulama birliğine devredilmiştir.

Çalışma alanında Akdeniz iklimi hakimdir. Yıllık ortalama yağış 850 mm/yıl'dır. En yüksek sıcaklık 43 °C, en düşük sıcaklık ise -10 °C'dir. Antakya ili için uzun yıllık ortalama aylık yağış ve sıcaklık verileri ise Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Antakya ili uzun yıllık meteorolojik verileri

İklim verileri	AYLAR											
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
Ort. Sıcaklık (°C)	8,3	10,0	13,3	17,5	21,3	24,7	27,2	27,8	26,0	21,0	15,1	10,2
Yağış (mm)	196,0	160,0	129,0	87,0	54,0	30,0	5,0	7,0	26,0	86,0	96,0	173,0

Çalışma alanı toprakları genellikle orta bünyeli topraklardır. Yağışların şiddetli olduğu zamanlarda drenaj sorunları görülmektedir. Sulu tarıma ve iklime uygunluğu nedeniyle ovada çok çeşitli bitkiler yetişmektedir. Başlıca yetiştirilen bitkiler Pamuk, Hububat, Bostan ve Sebze'dir. Çalışma alanı konumu Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma alanı konumu

3.2. Modelde Kullanılan Veri ve Yazılımlar

Oluşturulan Doğrusal Programlama modelinin çözümünde Lindo 6.1. yazılımı kullanılmıştır. Lindo 6.1. yazılımına aktarılacak amaç fonksiyonu ve kısıt parametrelerini tanımlayan veriler, Kırıkhan sulama birliği ve DSİ'den alınmıştır. Bu veriler uzun yıllar için bitki ekim deseni, şebekeye aktarılan yıllık sulama suyu miktarları ile ilgili bilgilerden oluşmaktadır. Çalışma alanında yetiştirilen ürünlerin brüt gelirleri, ürün satış fiyatı bilgileri Kırıkhan İlçe Tarım Müdürlüğünden ve Kırıkhan sulama birliğinden elde edilmiştir.

3.3. Yöntem

Bu çalışmada, kurak koşullarda net geliri maksimum yapacak bir DP modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan model Kırıkhan sulama sahasında uygulanmış ve model sonuçları duyarlılık analizi yapılarak değerlendirilmiştir. Uygulanan yöntem ile ilgili bilgiler sonraki kısımlarda başlıklar halinde verilmiştir.

3.3.1. Doğrusal Programlama

Doğrusal Programlama, belirli bir amacın gerçekleşmesini etkileyen bazı kısıtlayıcı koşulların bulunması ve bu koşulların doğrusal eşitlik ya da eşitsizlikler biçiminde verilmesi durumunda amaca en uygun çözümün bulunmasını sağlayan matematiksel bir yöntem olarak tanımlanmaktadır (Evsahibioğlu, 1994).

Doğrusal Programlama ile optimizasyon problemlerinin çözümü beş aşamada gerçekleştirilir. Bu çözüm aşamaları, problemin tanımlanması, modelin kurulması, modelin çözümlenmesi, modelin test edilip değerlendirilmesi ve model sonuçlarının uygulanması şeklindedir. Kantitatif kararların alınmasında ise ilk üç aşama problem çözümü için yeterlidir. Bu üç aşama problemin tanımlanması, modelin kurulması ve modelin çözümlenmesidir.

Uygulamada yer alan problemler genellikle çok yönlü ve karmaşık nitelik taşır, probleme çözüm bulunabilmesi, problemin basite indirgenerek açık biçimde tanımlanması ve çözüme uygun şekilde, matematiksel olarak oluşturulacak bir formülasyon ile mümkün olmaktadır.

Problemin tanımlanması aşamasında, karar verilecek konuda öncelikle amacın doğru bir şekilde belirlenmesi gerekir. Matematiksel açıdan bağımsız değişkenlerin ve kısıtlayıcı koşulların çalışmanın amacına yönelik doğru bir şekilde formüle edilmesi gereklidir.

Problemin tanımlanmasından sonraki aşama, matematiksel modelin kurulmasıdır. Matematiksel model, anlaşılması güç ve karmaşık nitelikteki sistemlerin matematiksel semboller ve eşitliklerle gösteriliş veya ifade ediliş biçimidir. Bir probleme ilişkin matematiksel model, amaç fonksiyonu, kısıtlar ve karar değişkenleri olmak üzere başlıca üç temel elemandan oluşur.

Amaç fonksiyonu, sistemin amacına bağlı olarak, bağımlı değişkenler ile karar değişkenleri arasındaki fonksiyonel ilişkiyi ortaya koyar. Amaç fonksiyonunda, net geliri artırmak maksimizasyon, maliyeti azaltmak ise minimizasyon fonksiyonu şeklinde düzenlenir.

Kısıtlar, bir problemde sınırlayıcı faktörleri belirlerler. Amaç fonksiyonu sonucunu etkileyen bağımsız değişkenler belirli sınırlar içerisinde değerler almak zorunda ise örneğin ekim yapılabilen alan miktarı veya mevcut su kaynağı miktarı modelin kısıtlayıcıları ya da sınır koşullarını oluşturur.

Karar değişkenleri ve sabit değerler problemi açıklayan kantitatif değerlerdir. Bu değişkenlerin değeri, modelin çözümü ile ortaya konur. Sabit değerler ise karar değişkenlerinin katsayılarını oluştururlar. Örneğin bir karar probleminde amaç karın maksimum kılınması ise; kar bağımlı değişkenler, maliyetler ise bağımsız değişkenler olarak tanımlanır.

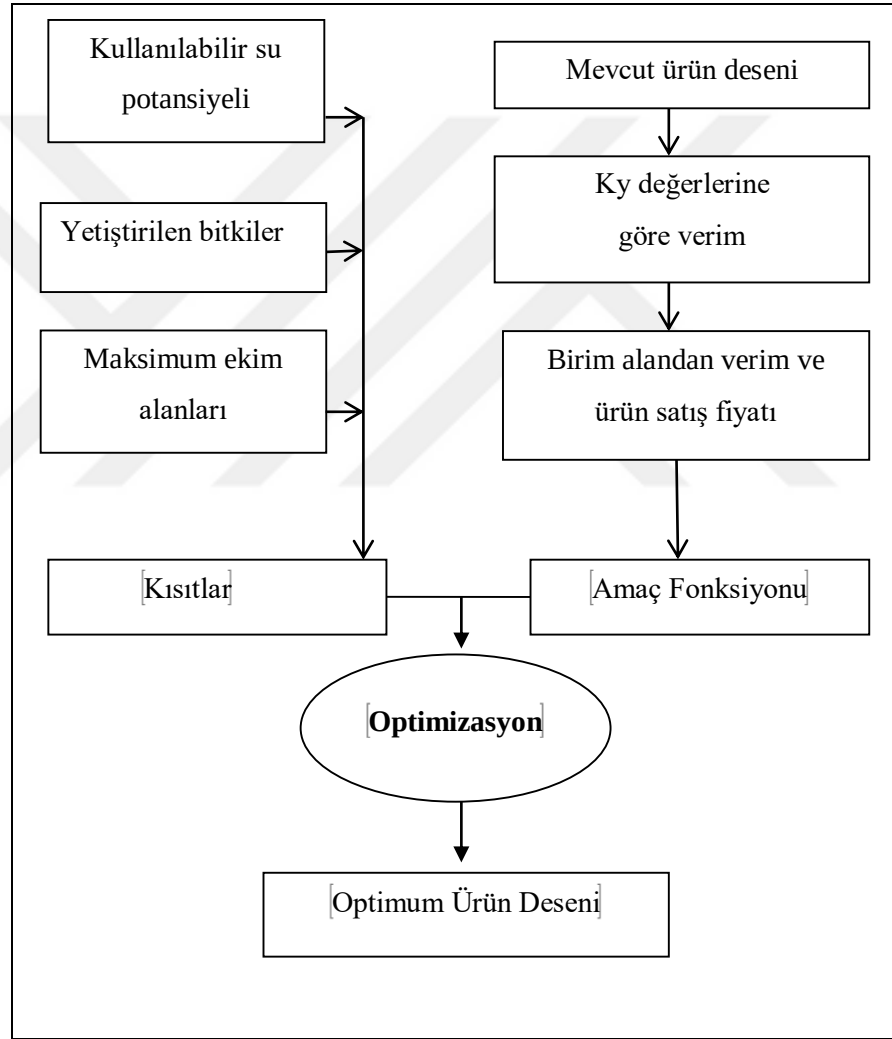
Modelin çözümü ile amaç fonksiyonunu optimum kılacak ve aynı zamanda kısıt koşulları sağlayacak sonuçlar, karar ve bağımsız değişkenlerin değerlerinin belirlenmesi anlamına gelmektedir.

Su kaynaklarının optimum yönetimi için gelecekteki durumlarla ilgili özellikle suyun kısıtlı olduğu kurak dönemlerde çiftçi gelirini maksimum yapacak optimum bitki ekim deseni ile ilgili önceden kestirimlerde bulunabilmek, sürdürülebilir havza ve su yönetimi için karar vericilere önemli bilgiler sağlar. Bu çalışmada, kurak koşullar için optimum bitkisel üretim desenini verecek kavramsal model oluşturulmuş, oluşturulan kavramsal model dorusal programlama ile uygun bir matematiksel modele aktarılmış ve

matematiksel model Kırıkhan sulama sahasında uygulanarak sonuçları değerlendirilmiştir.

3.3.2. Kavramsal modelin oluşturulması

Kavramsal modelin oluşturulmasında problemin tanımı yapılarak, kullanılacak veriler, amaç fonksiyonu ve kısıtlar tanımlanmıştır. Kavramsal modelin oluşturulma aşamalarını gösteren akış şeması Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Çalışmanın kavramsal modeli

3.3.3. Amaç Fonksiyonu

Çalışmada amaç, kurak koşullarda geliri maksimum kılacak bir ürün deseni elde etmektir. Bu nedenle DP modelinde, amaç fonksiyonu maksimizasyon şeklinde

düzenlenmiştir. Bu çalışma için DP modeli aşağıda verilen matematiksel eşitliklerle formüle edilmiştir. Modelin amaç fonksiyonu Eşitlikle 3.1 ifade edilmiştir.

$$Z_{\max} = \sum_{i=1}^n C_i X_i \quad (3.1)$$

Burada; $Z_{\max}$, Maximum toplam brüt gelir (TL), C_i , i. bitkinin geliri (TL/da), X_i , i. bitkinin ekilebileceği alan (da), i, bitki indisi ($i=1,2,3,\dots,n$), n ise bitki sayısıdır.

Bitkilere ihtiyaç duydukları su miktarlarından daha az sulama suyu uygulandığında, farklı gelişim dönemlerine bağlı olarak verimlerinde önemli azalmalar meydana gelmektedir. Doorenbos ve Kassam (1979) boyutsuz su verim ilişkisini, oransal bitki su tüketimi açığı ile $(1-ET_a / ET_m)$ oransal verim azalması $(1-Y_a / Y_m)$ arasındaki doğrusal ilişkiyle açıklamıştır. Verimde azalmanın miktarı ise bitki verim tepki etmenine bağlı olarak tahmin edilebilmektedir.

Bu çalışmada bitki tepki etmenleri her bitkinin başlangıç gelişme çiçeklenme ve hasat dönemleri dikkate alınarak verimde azalma oranları Eşitlik 3.2 ile hesaplanmıştır (Mannocchi and Mecerelli, 1994).

$$\frac{Y_a}{Y_m} = \prod_{t=1}^n \left[1 - ky_t \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m} \right) \right] \quad (3.2)$$

Burada, Y_a = gerçek verim, Y_m = alınabilecek maksimum verim, ky_t = t gelişim döneminde verim tepki etmeni, ET_a = Gerçek bitki su tüketimi (mm), ET_m = maksimum bitki su tüketimidir (mm).

Wardlaw and Barnes (1999), eşitlik (3.2)'de, gerçek bitki su tüketiminin maksimum bitki su tüketimine oranını, uygulanan sulama suyu miktarının, ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarına oranı olarak alınabileceğini açıklamıştır. Farklı sulama suyu kısıtlarında verimde azalma miktarları eşitlik (3.2) kullanılarak hesaplanmıştır. Her bitki için %100, %80, %60 ve %40 su kısıtı oranlarında meydana gelen verim azalmalarına bağlı olarak, gelirden meydana gelen azalma değerleri amaç fonksiyonunda tanımlanmıştır.

3.3.4. Modelin Alan Kısıtları

Modelin kısıt denklemleri ise; bitkilerin en fazla ekilebileceği alanı kısıtlayan toplam alan kısıtı, 2. ürünlerin ekilebileceği alan kısıtı ve bazı bitkiler için mevcut ürün desenine göre oluşturulan alan kısıtlarından oluşmaktadır.

Toplam alan kısıtında, bitkilerin ekilebileceği toplam alan fiilen sulanan toplam alandan büyük olamayacağından Eşitlik 3.3 ile ifade edilmiştir.

$$\sum_{i=1}^n X_i \leq A_{toplam} \quad (3.3)$$

Burada, X_i = i. bitkinin ekilebileceği alan (da), A_{toplam} = toplam sulama alanını (da) göstermektedir.

İkinci ürün ekim alanı kısıtı ise hububat hasatından sonra ikinci ürün yetiştirileceği için toplam hububat ekim alanı dikkate alınarak aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir. Hububat için toplam alan değil, fiilen sulama yapılan alan miktarını hesaplamak için Eşitlik 3.4 kullanılmıştır.

$$\sum_{j=1}^n X_j \leq A_{hububat} \quad (3.4)$$

Burada,

X_j = j. bitkinin ikinci ürün olarak ekilebileceği alan (da),

$A_{hububat}$ = toplam sulama yapılan hububat alanını (da) göstermektedir.

Bitkilerin toprak, işgücü, sermaye, ürün talebi, sulama şartları ve iklim istekleri gibi faktörlere bağlı olarak, sulama sahalarında her bitki belli ekiliş alanlarına sahiptir. Bu alanlar, uzun yıllık ürün deseni bilgilerinden, çalışma alanları için ortalama olarak belirlenebilmektedir. DP modelinde, bu bilgilerden yararlanılarak bazı bitkiler için maksimum ekim alanları tespit edilmiş ve Eşitlik 3.5’de alan kısıtları belirlenmiştir.

$$X_i \leq A_i \quad (3.5)$$

Burada;

X_i = i. bitki,

A_i = i. bitkinin maksimum ekim alanıdır (da)

3.3.5. Modelin Su Kısıtları

Su kısıtında, bitkilerin aylık sulama suyu ihtiyaçları dikkate alınarak aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Eşitlik 3.6).

$$\sum_{i=1}^n S_i X_i \leq D_{yillik} \quad (3.6)$$

Burada;

S_i = i. bitki için hesaplanan yıllık toplam su ihtiyacı (mm),

X_i = i. bitkinin ekim alan (da),

D_{yillik} = Sulama mevsiminde sulama sistemine yılda verilebilecek toplam su miktarıdır (m^3).

3.3.6. Modelin Uygulanması

Kırıkhan sulama sahası 8,200 ha ekim alanına sahip olup, çok çeşitli bitkilerin üretimi mümkün olmaktadır. Çalışma alanı sulama suyu ihtiyacı Tahtaköprü barajından sağlanmaktadır. Barajdan şebekeye verilen sulama suyu miktarlarında yıldan yıla yağışlara bağlı olarak önemli derecede farklılıklar olmaktadır. Yağışın bol olduğu yıllarda şebekeye verilen miktar 80 hm^3 iken kurak yıllarda ancak 20 hm^3 sulama suyu verilebilmektedir.

Yağışlı ve kurak dönemlerde barajda depolanabilen su hacminden, Kırıkhan sulama şebekesine 2010-2018 yılları arasında aktarılan sulama suyu miktarlarından ayrıca bitki su tüketimlerine bağlı olarak, yeterli sulama suyu miktarı hesaplanmıştır. Bu çalışmada hesaplanan sulama suyu miktarı yeterli su miktarını ve belli oranlarda azaltılarak kısıtları belirlemede kullanılmıştır. Çalışma alanı sulama suyu ihtiyacı belirlenirken, önceki çalışmalardan elde edilen, ortalama bitki su tüketim değerlerinden yararlanılmıştır.

Kavramsal modelin uygun bir matematiksel modele aktarılması için öncelikle modelin amaç fonksiyonu belirlenmelidir. Modelde, tarım işletmelerinin gelirini maksimum yapacak amaç fonksiyonu için her bitkiden elde edilecek brüt gelirler belirlenmiş ve modele aktarılmıştır. Mevcut bitki deseni, sulama suyu miktarları, su maliyeti, ürün satış fiyatı, ürün maliyeti (gübreleme, işgücü, sulama maliyeti) gibi veriler, çalışma alanında önceden yapılmış çalışmalardan, tarım işletme sahiplerinden,

Kırıkhan sulama birliği, DSİ, İl Özel İdaresi ve TÜİK gibi kuruluşlardan elde edilmiştir. Kırıkhan İlçe Müdürlüğünden 2015 yılı için elde edilen bitki üretim ve maliyet bilgileri Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Elde edilen tüm bilgilerden yeterli ve kurak koşullar için geliştirilecek Doğrusal Programlama modeli, Kırıkhan sulama birliğinin yetkisinde olan sulama sahası içinde uygulanmıştır.

Çizelge 3.7 Çalışma alanında bazı bitkiler için masraf değerleri (2015 yılı)

Giderler (TL/da)	Bitkiler					
	Buğday	Pamuk 1	Pamuk II	Mısır I	Mısır II	Yem bitkisi
Toprak işleme 1	28	28	28	28	28	28
Toprak işleme 2	14	14	14	14	14	14
Toprak işleme 2		28		14	14	
Tapan-sürgü	14	40	20			14
Ara sürüm						
Çapa		25	12	16	16	
Seyreltme		25	25			
Ark açma		14	14	14	14	
Tohum bedeli	34	20	20	15	15	25
Tohum ekim	10	10	10	10	10	12
Kimyasal gübre bedeli	68	54	48	60	60	42
Kim. Gübre işçilik	15	20	20	20	20	12
Su bedeli	14	60	30	60	60	
Sulama işçiliği	13	32	16	88	66	
Zirai ilaç bedeli	18	44	28	15	15	
Zirai ilaç işçiliği	10	25	15	15	15	
Hasat	17	80	60	20	20	35
Değişen Masraflar	255	519	360	389	367	182
Toplamı						

3.3.7.Sonuçların Değerlendirilmesi

Amaç fonksiyonu ve kısıtlar Lindo yazılımına aktarılmış ve model çıktıları elde edilmiştir. Farklı su miktarları için yapılan modelin duyarlılık analizleri sonucunda azalan maliyet değerleri, artık (surplus) eksik (slack) değerler, gölge fiyatları, artırılabilir ve azaltılabilir ekim alanları elde edilmiştir. Model çıktılarından, su miktarı gibi girdilerin, bir birim azalış veya artışında meydana gelecek, birim alandan üretim artışı veya azalışı, dolayısıyla tarım işletmelerinin brüt gelirindeki artış ve azalışlar yorumlanabilmektedir. Bu yorumlar sonucunda, farklı su miktarlarında, yıllık net geliri

maksimum yapan optimum ürün desenleri belirlenmiş ve su miktarı ile net gelir arasındaki ilişki ortaya konmuştur.

Yağış miktarının yetersiz olduğu kurak dönemlerde diğer ifadeyle, kısıtlı su uygulamalarının zorunlu olması durumunda, hangi bitkinin ne kadar alana ekilmesi gerektiği, ekonomik açıdan 2. ürün ekiminin yapılıp yapılamayacağı gibi sorulara cevap bulunmuştur.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Çalışma Alanı Bitki Ekim Alanları

Modelin uygulandığı çalışma alanı olan Kırıkhan sulama sahasında en fazla ekim alanına %35.6 ile pamuk, daha sonra %25.6 ile mısır ve %20.2 ile hububat sahiptir.. Çalışma alanı ile ilgili yıllara göre fiilen sulanan alanlar, sulama şebekesine alınan su miktarları, sulama oranları ve sulama randımanlarına ait bilgiler Kırıkhan sulama birliğinden elde edilerek Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kırıkhan sulama sahası ait sulama bilgileri

Yıllar	Fiilen Sulanan Alan (ha)	Şebekeye alınan su miktarı (hm ³)	Sulama Oranı (%)	Sulama Randımanı (%)
2004	6156	84,360	84.33	72
2005	6652	82,100	91.12	81
2006	6369	75,446	87.25	84
2007	5850	38,453	80.14	66
2008	4897	31,345	67.08	49
2009	5391	63,708	73.85	50
2010	7300	99,185	100.00	50
2011	6134	51,071	84.03	48
2012	7162	96,104	98.11	32
2013	7300	107,174	100.00	28
2014	6327	16,921	86.67	29
2015	7300	80,380	100.00	44
2016	5315	20,580	72.81	87
2017	7200	36,844	66.20	71
2018	6200	73,089	65.00	72
Ort.	6370	63,800	83.80	62

Çalışma alanında şebekeye alınan sulama suyu miktarı 2013 yılında 107 hm³ iken, 2016 yılında 20 hm³ olmuştur. Çalışma alanında ortalama sulama oranı oldukça düşüktür (%83.8), sulama randımanı ise %62 olmuştur. Çalışmada sulama randımanı son yıllarda artmış olduğu görünmekte olup %65 alınmıştır.

4.2. Optimum Bitki Deseni Modeli

Çalışmada, Doğrusal Programlama (DP) modeli ile birim alan için tam ve farklı sulama suyu kısıtlarında en yüksek brüt kârı verecek bitki deseni belirlenmiştir. DP tekniğinin uygulanması için gerekli teknik varsayımlar yanında, uygulama açısından ve çalışmanın özelliği gereği bazı varsayımlar yapılmıştır. Öncelikle, çalışma alanına ilişkin DP modelinde yalnızca tarla tarımı esas alınmıştır. Tarımsal ürünlere ait verimler, ürün maliyetleri ve brüt kâr değerleri Kırıkhan İlçe Tarım Müdürlüğünden elde edilmiştir. Mevcut su potansiyelinin belirlenmesinde, işletmede 2019 yılında yapılan sulama miktarları ve ürün verimleri dikkate alınmıştır. Ayrıca farklı yıllarda şebekeye aktarılan sulama suyu miktarları ile ekim yapılan bitkiler için ihtiyaç duyulan net sulama suyu miktarları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler belli miktarlarda azaltılarak optimum bitki desenleri belirlemiştir. Ürün deseninde bulunan her bitkinin %100, %80, %60 ve %40 su kısıtında verim miktarları bitkilerin verim tepki etmenleri (ky) daha önce yapılmış çalışma sonuçları dikkate alınarak çalışma alanı bitkiler içinde aynı değerler olduğu varsayılarak hesaplanmıştır.

4.2.1. Modelin Karar Değişkenleri

Bu problemde hem yetiştirilecek bitkilerin hem de bu bitkilere verilmesi gereken sulama suyu miktarlarının (%100, %80, %60 ve %40) belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle her bir bitki ve her su miktarı ayrı bir değişken olarak tanımlanmıştır. Modelde kullanılan karar değişkenleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Modelde kullanılan karar değişkenleri

Karar Değişkeni	Bitki ve su kısıt yüzdesi	Karar Değişkeni	Bitki ve su kısıt yüzdesi
X1	Hububat (%100 su)	X21	Mısır II (%100 su)
X2	Hububat (%80 su)	X22	Mısır II (%80 su)
X3	Hububat (%60 su)	X23	Mısır II (%60 su)
X4	Hububat (%40 su)	X24	Mısır II (%40 su)
X5	Bostan (%100 su)	X25	Sebze (%100 su)
X6	Bostan (%80 su)	X26	Sebze (%80 su)
X7	Bostan (%60 su)	X27	Sebze (%60 su)
X8	Bostan (%40 su)	X28	Sebze (%40)
X9	Pamuk I (%100 su)	X29	Havuç (%100 su)
X10	Pamuk I (%80 su)	X30	Havuç (%80 su)
X11	Pamuk I (%60 su)	X31	Havuç (%60 su)
X12	Pamuk I (%40 su)	X32	Havuç (%40 su)
X13	Pamuk II (%100 su)	X33	Meyve (%100 su)
X14	Pamuk II (%80 su)	X34	Meyve (%80 su)
X15	Pamuk II (%60 su)	X35	Meyve (%60 su)
X16	Pamuk II (%40 su)	X36	Meyve (%40 su)
X17	Mısır I (%100 su)	X37	Yem Bitkisi (%100 su)
X18	Mısır I (%80 su)	X38	Yem Bitkisi (%80 su)
X19	Mısır I (%60 su)	X39	Yem Bitkisi (%60 su)
X20	Mısır I (%40 su)	X40	Yem Bitkisi (%40 su)

4.2.2. Modelin Amaç Fonksiyonu

Modelin amaç fonksiyonunun oluşturulabilmesi için her bitki için dekara brüt gelirin ve kurak koşullarda verimde azalma miktarı dolayısıyla gelirdeki azalışın bilinmesi gereklidir. Bu amaçla bitkiler için verim tepki etmeni değerlerinde eşitlik 3.25 kullanılarak verim azalışları hesaplanmış ve Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Yeterli su, %80, %60 ve %40 su kısıtı koşullarında her bitkide verimdeki azalışa bağlı olarak üretim miktarları ve dekara brüt gelirleri hesaplanmıştır. Bitkilerin verim tepki etmenlerinin belirlenmesinde Doorenbos ve Kassam (1979)’ın yapmış olduğu çalışma sonuçları dikkate alınmıştır. Bitki su ihtiyaçları, Sönmez ve ark. (2017) Hatay için yapmış oldukları çalışmalarından elde edilmiş olup Kırıkhan Sulama Sahasında bu veriler baz alınarak uygulanmıştır.

Çizelge 4.3. Bitkiler için Ky değerleri ve Ky değerlerine bağlı verimde azalış oranları

Bitkiler	Ky				$\frac{ETa}{ETm}$	$\prod_{t=0}^n 1 - Ky_t \left[1 - \frac{ETa}{ETm} \right]$					$\frac{Ya}{Ym}$
	1	2	3	4							
Hububat	0.20	0.60	0.50		0.8	0.96	0.88	0.90	1.00	0.76	
Hububat	0.20	0.60	0.50		0.6	0.92	0.76	0.80	1.00	0.56	
Hububat	0.20	0.60	0.50		0.4	0.88	0.64	0.70	1.00	0.39	
Bostan	0.70	0.80	0.80	0.30	0.8	0.86	0.84	0.84	0.94	0.57	
Bostan	0.70	0.80	0.80	0.30	0.6	0.72	0.68	0.68	0.88	0.29	
Bostan	0.70	0.80	0.80	0.30	0.4	0.58	0.52	0.52	0.82	0.13	
Pamuk	0.20	0.50		0.25	0.8	0.96	0.90	1.00	0.95	0.82	
Pamuk	0.20	0.50		0.25	0.6	0.92	0.80	1.00	0.90	0.66	
Pamuk	0.20	0.50		0.25	0.4	0.88	0.70	1.00	0.85	0.52	
Mısır	0.40	1.50	0.50	0.20	0.8	0.92	0.70	0.90	0.96	0.56	
Mısır	0.40	1.50	0.50	0.20	0.6	0.84	0.40	0.80	0.92	0.25	
Mısır	0.40	1.50	0.50	0.20	0.4	0.76	0.10	0.70	0.88	0.05	
Sebze	0.40	1.10	0.80	0.40	0.8	0.92	0.78	0.84	0.92	0.55	
Sebze	0.40	1.10	0.80	0.40	0.6	0.84	0.56	0.68	0.84	0.27	
Sebze	0.40	1.10	0.80	0.40	0.4	0.76	0.34	0.52	0.76	0.10	
Havuç	0.45		0.80	0.30	0.8	0.91	1.00	0.84	0.94	0.72	
Havuç	0.45		0.80	0.30	0.6	0.82	1.00	0.68	0.88	0.49	
Havuç	0.45		0.80	0.30	0.4	0.73	1.00	0.52	0.82	0.31	
Meyve		1.10	0.80		0.8	1.00	0.78	0.84	1.00	0.66	
Meyve		1.10	0.80		0.6	1.00	0.56	0.68	1.00	0.38	
Meyve		1.10	0.80		0.4	1.00	0.34	0.52	1.00	0.18	
Yem Bitkisi		1.10	0.70		0.8	1.00	0.78	0.86	1.00	0.67	
Yem Bitkisi		1.10	0.70		0.6	1.00	0.56	0.72	1.00	0.40	
Yem Bitkisi		1.10	0.70		0.4	1.00	0.34	0.58	1.00	0.20	

Hububatta Ky değerlerine göre %80 su kısıtında verim azalma oranı %76, %60 su kısıtında %56 ve %40 su kısıtında ise %39 olarak hesaplanmıştır. Bostan, sebze ve mısırdaki su kısıtının verimin azalmasındaki etkisi diğer bitkilere göre daha fazla olduğu görülmüştür.

Kırkhan sulama sahasında yetiştirilebilecek bitkiler, sulama suyu ihtiyaçları, beklenen verim değerleri ve brüt gelir değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Bitkilerin farklı su kısıtı koşullarında ortalama verimleri ve gelirleri

Bitkiler	$\frac{Ya}{Ym}$	Verim (kg/da)	Su kısıt oranı (%)	Ürün Brüt Fiyatı (TL/kg)	Brüt Gelir (TL/da)	Değişken Sembölü
Hububat	1.00	500	100	1.10	550.00	X1
Hububat	0.76	380	80	1.10	418.20	X2
Hububat	0.56	280	60	1.10	307.60	X3
Hububat	0.39	197	40	1.10	216.80	X4
Bostan	1.00	2000	100	0.80	1600.00	X5
Bostan	0.57	1141	80	0.80	912.70	X6
Bostan	0.29	586	60	0.80	468.80	X7
Bostan	0.13	257	40	0.80	205.80	X8
Pamuk	1.00	575	100	2.80	1610.00	X9
Pamuk	0.82	472	80	2.80	1321.50	X10
Pamuk	0.66	381	60	2.80	1066.50	X11
Pamuk	0.52	301	40	2.80	843.00	X12
Pamuk-II	1.00	400	100	2.80	1120.00	X13
Pamuk-II	0.82	328	80	2.80	919.30	X14
Pamuk-II	0.66	265	60	2.80	741.90	X15
Pamuk-II	0.52	209	40	2.80	586.40	X16
Mısır	1.00	900	100	0.95	855.00	X17
Mısır	0.56	501	80	0.95	475.70	X18
Mısır	0.25	223	60	0.95	211.40	X19
Mısır	0.05	42	40	0.95	40.00	X20
Mısır-II	1.00	800	100	0.95	760.00	X21
Mısır-II	0.56	445	80	0.95	422.90	X22
Mısır-II	0.25	198	60	0.95	187.90	X23
Mısır-II	0.05	37	40	0.95	35.60	X24
Sebze	1.00	4000	100	0.60	2400.00	X25
Sebze	0.55	2218	80	0.60	1330.90	X26
Sebze	0.27	1075	60	0.60	644.90	X27
Sebze	0.10	408	40	0.60	245.10	X28
Havuç	1.00	3000	100	0.60	1800.00	X29
Havuç	0.72	2156	80	0.60	1293.40	X30
Havuç	0.49	1472	60	0.60	883.20	X31
Havuç	0.31	934	40	0.60	560.30	X32
Meyve	1.00	4000	100	0.80	3200.00	X33
Meyve	0.66	2621	80	0.80	2096.60	X34
Meyve	0.38	1523	60	0.80	1218.60	X35
Meyve	0.18	707	40	0.80	565.80	X36
Yem Bitkisi	1.00	2000	100	1.20	2400.00	X37
Yem Bitkisi	0.67	1342	80	1.20	1609.90	X38
Yem Bitkisi	0.40	806	60	1.20	967.70	X39
Yem Bitkisi	0.20	394	40	1.20	473.30	X40

Her bitki için hesaplanan brüt gelir değerleri kullanılarak, modelin amaç fonksiyonu eşitliği (Eşitlik 4.1) aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned}
Z_{MAX} = & 550.0X_1 + 418.2X_2 + 307.6X_3 + 216.8X_4 + 1600.0X_5 + 912.7X_6 + 468.8X_7 + 2 \\
& 05.8X_8 + 1610.0X_9 + 1321.5X_{10} + 1066.5X_{11} + 843.0X_{12} + 1120.0X_{13} + 919.3X_{14} + 741.9X_{15} \\
& + 586.4X_{16} + 855.0X_{17} + 475.7X_{18} + 211.4X_{19} + 40.0X_{20} + 760.0X_{21} + 422.9X_{22} + 187.9 \\
& X_{23} + 35.6X_{24} + 2400.0X_{25} + 1330.9X_{26} + 644.9X_{27} + 245.1X_{28} + 1800.0X_{29} + 1293.4X_{30} \\
& + 883.2X_{31} + 560.3X_{32} + 3200.0X_{33} + 2096.6X_{34} + 1218.6X_{35} + 565.8X_{36} + 2400.0X_{37} + 16 \\
& 09.9X_{38} + 967.7X_{39} + 473.3X_{40}
\end{aligned} \tag{4.1}$$

4.2.3. Modelin Kısıtları

Toplam ekim alanı kısıtı olarak, toplam ekim alanı fiilen sulanan alan olan 78,012 dekarı geçemez (Eşitlik 4.2).

$$\begin{aligned}
& X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + \\
& X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{28} + X_{29} + X_{30} + X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{37} + X_{38} + \\
& X_{39} + X_{40} \leq 78.012
\end{aligned} \tag{4.2}$$

II. ürünlerin ekim alanı, hububat ekim alanı toplamını geçemeyeceğinden 5,270 dekar olarak sınırlandırılmıştır (Eşitlik 4.3).

$$X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} \leq 5.270 \tag{4.3}$$

Bostan ekim alanı kısıtı (Eşitlik 4.4).

$$X_5 + X_6 + X_7 + X_8 \leq 2.000 \tag{4.4}$$

Sebze ekim alanı kısıtı (Eşitlik 4.5).

$$X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{28} \leq 3.000 \tag{4.5}$$

Meyve sabit alan kısıtı (Eşitlik 4.6).

$$X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} \leq 6.500 \tag{4.6}$$

Yem bitkisi ekim alanı kısıtı(Eşitlik 4.7).

$$X37+X38+X39+X40 \leq 2.000 \quad (4.7)$$

Havuç ekim alanı kısıtı(Eşitlik 4.8).

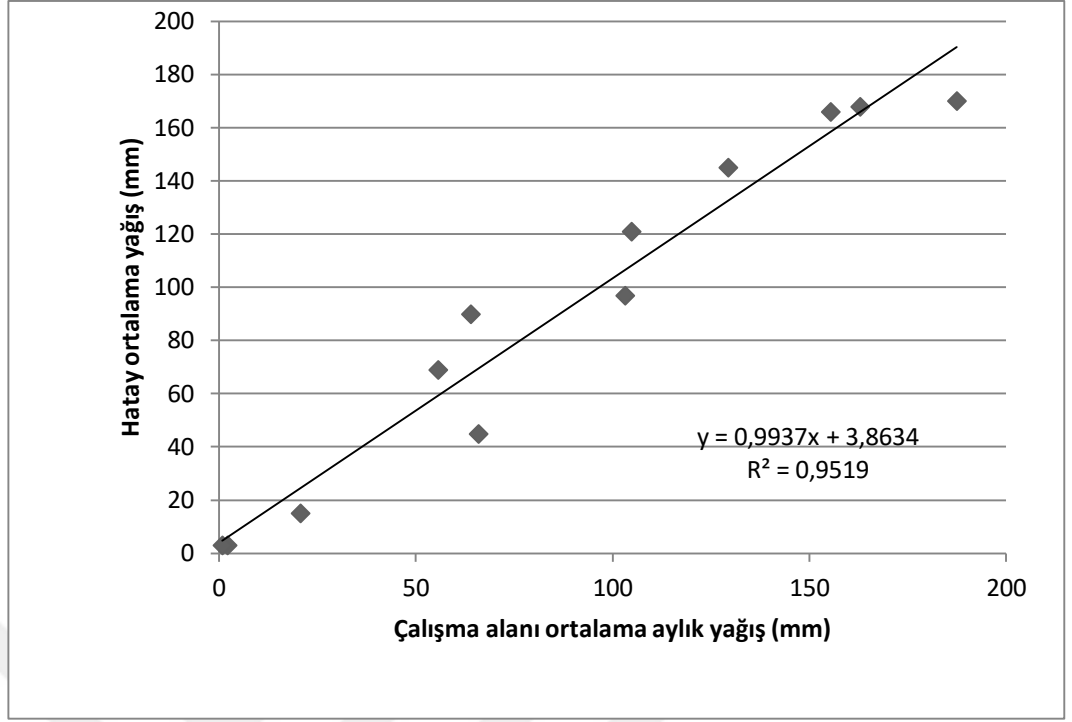
$$X29+X30+X31+X32 \leq 8.000 \quad (4.8)$$

Bitkilerin yıllık su tüketim miktarları, Sönmez ve ark. (2017) yapmış oldukları çalışma sonuçlarından elde edilmiştir. Yıllık toplam bitki su ihtiyacı olarak tanımlanan bu değerler ile yağış miktarları dikkate alınarak, su açığı bulunmuş ve bitki ekim alanı ile sulama suyu ihtiyacı çarpılarak tüm alan için ihtiyaç duyulan su miktarları m³ ve hm³ olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanı ve Hatay için yağış verileri Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Çalışma alanı ve Hatay için yağış miktarları

YILLAR	AYLAR												
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Top.
2004	371	190	30	71	106	0	0	0	0	13	202	138	1120
2005	92	112	123	83	37	11	7	0	0	0	202	138	464
2006	181	134	183	39	0	0	0	0	63	98	124	7	828
2007	109	199	130	124	33	4	0	0	32	12	159	0	803
2008	126	128	110	27	87	21	0	2	277	76	134	100	1087
2009	166	272	183	294	51	0	5	0	17	15	170	394	1174
2010	222	125	63	57	39	63	0	0	6	75	0	257	907
2011	107	131	144	130	65	86	0	0	35	51	59	191	750
2012	418	244	105	17	98	2	14	0	0	85	164	341	982
2013	131	147	88	383	95	0	0	0	159	48	0	0	1051
2014	56	55	68	21	6	71	0	5	99	184	66	152	782
2015	329	233	315	79	25	2	1	5	0	61	28	40	1046
2016	130	51	142	16	190	9	0	0	170	5	56	361	1128
Top.	2437	2020	1682	1341	832	269	27	11	857	723	1362	2117	12121
Ort.	187	155	129	103	64	21	2	1	66	56	105	163	932
Hatay	170	166	145	97	90	15	3	3	45	69	121	168	1091

Hatay geneli için verilen yağış miktarları ile çalışma alanı yağış verileri kıyaslanmıştır. Kıyaslama sonucu Hatay için verilen yağış değerlerinin çalışma alanı içinde kullanılabileceği görülmüştür ($R^2=0.95$). Yapılan regresyon analiz sonucu Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Hatay ve çalışma alanı yağışı regresyon sonucu

Hatay geneli yağış verileri ile bitki su tüketim verileri her ayda üç farklı dönem için Çizelge 4.6'da verilmiştir. (Sönmez ve ark. 2017).

Çizelge 4.6. Aylara göre sulama suyu ihtiyacı ve su açığı miktarları (mm)

Bitkiler	AYLAR																	
	OCAK			ŞUBAT			MART			NİSAN			MAYIS			HAZİRAN		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Hububat	10	11	13	15	17	16	25	28	35	36	41	38	27	15				
Yağış	56	46	68	64	64	38	46	47	52	36	30	31	44	21	25	3	8	4
Su açığı	46	35	55	49	47	22	21	19	17	0	-11	-7	17	6	25	3	8	4
Bostan													19	21	25	29	39	50
Yağış	56	46	68	64	64	38	46	47	52	36	30	31	44	21	25	3	8	4
Su açığı	56	46	68	64	64	38	46	47	52	36	30	31	25	0	0	-26	-31	-46
Pamuk I.											11	20	21	25	39	46	56	69
Yağış	56	46	68	64	64	38	46	47	52	36	30	31	44	21	25	3	8	4
Su açığı	56	46	68	64	64	38	46	47	52	36	19	11	23	-4	-14	-43	-48	-65
Pamuk II.																	15	25
Yağış	56	46	68	64	64	38	46	47	52	36	30	31	44	21	25	3	8	4
Su açığı	56	46	68	64	64	38	46	47	52	36	30	31	44	21	25	3	-7	-21
Mısır I.								10	21	22	26	35	42	54	70	68	71	75
Yağış	56	46	68	64	64	38	46	47	52	36	30	31	44	21	25	3	8	4
Su açığı	56	46	68	64	64	38	46	37	31	14	4	-4	2	-33	-45	-65	-63	-71
Mısır II.																		20
Yağış	56	46	68	64	64	38	46	47	52	36	30	31	44	21	25	3	8	4
Su açığı	56	46	68	64	64	38	46	47	52	36	30	31	44	21	25	3	8	-16
Sebze										16	18	20	27	41	62	65	68	72
Yağış	56	46	68	64	64	38	46	47	52	36	30	31	44	21	25	3	8	4
Su açığı	56	46	68	64	64	38	46	47	52	20	12	11	17	-20	-37	-62	-60	-68
Havuç																28	29	32
Yağış	56	46	68	64	64	38	46	47	52	36	30	31	44	21	25	3	8	4
Su açığı	56	46	68	64	64	38	46	47	52	36	30	31	44	21	25	-25	-21	-28
Meyve	11	12	14	15	17	16	24	25	29	29	31	33	32	33	37	34	36	38
Yağış	56	46	68	64	64	38	46	47	52	36	30	31	44	21	25	3	8	4
Su açığı	45	34	54	49	47	22	22	22	23	7	-1	-2	12	-12	-12	-31	-28	-34
Yem bit.				14	8	20	27	34	34	23	33	45	43	50	63	42	65	60
Yağış	56	46	68	64	64	38	46	47	52	36	30	31	44	21	25	3	8	4
Su açığı	56	46	68	50	56	18	19	13	18	13	-3	-14	1	-29	-38	-39	-57	-56

Çizelge 4.6. Aylara göre sulama suyu ihtiyacı ve su açığı miktarları (devamı)

Hesaplama	AYLAR																	
	TEMMUZ			AĞUSTOS			EYLÜL			EKİM			KASIM			ARALIK		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Hububat													16	14	11	10	9	11
Yağış	1	1	1	1	2	0	9	4	32	18	23	28	44	36	41	36	78	54
Su açığı	1	1	1	1	2	0	9	4	32	18	23	28	28	22	30	26	69	43
Bostan	58	64	71	63	61	62	44	7										
Yağış	1	1	1	1	2	0	9	4	32	18	23	28	44	36	41	36	78	54
Su açığı	-57	-63	-70	-62	-59	-62	-35	-3	32	18	23	28	44	36	41	36	78	54
Pamuk I.	75	74	81	73	70	73	55	45	33	23	2							
Yağış	1	1	1	1	2	0	9	4	32	18	23	28	44	36	41	36	78	54
Su açığı	-74	-73	-80	-72	-68	-73	-46	-41	-1	-5	21	28	44	36	41	36	78	54
Pamuk II.	30	40	50	60	70	80	75	70	65	60	50	45	30	25	10			
Yağış	1	1	1	1	2	0	9	4	32	18	23	28	44	36	41	36	78	54
Su açığı	-29	-39	-49	-59	-68	-80	-66	-66	-33	-42	-27	-17	14	11	31	36	78	54
Mısır I.	75	67	55	31	2													
Yağış	1	1	1	1	2	0	9	4	32	18	23	28	44	36	41	36	78	54
Su açığı	-74	-66	-54	-30	0	0	9	4	32	18	23	28	44	36	41	36	78	54
Mısır II.	20	30	53	66	70	74	62	57	40	23	10							
Yağış	1	1	1	1	2	0	9	4	32	18	23	28	44	36	41	36	78	54
Su açığı	-19	-29	-52	-65	-68	-74	-53	-53	-8	-5	13	28	44	36	41	36	78	54
Sebze	72	70	69	43														
Yağış	1	1	1	1	2	0	9	4	32	18	23	28	44	36	41	36	78	54
Su açığı	-71	-69	-68	-42	2	0	9	4	32	18	23	28	44	36	41	36	78	54
Havuç	43	53	69	63	61	64	54	49	40	11								
Yağış	1	1	1	1	2	0	9	4	32	18	23	28	44	36	41	36	78	54
Su açığı	-42	-52	-68	-62	-59	-64	-45	-45	-8	7	23	28	44	36	41	36	78	54
Meyve	38	37	41	37	35	37	31	29	25	21	18	15	11	9	8	7	6	5
Yağış	1	1	1	1	2	0	9	4	32	18	23	28	44	36	41	36	78	54
Su açığı	-37	-36	-40	-36	-33	-37	-22	-25	7	-3	5	13	33	27	33	29	72	49
Yem bit.	58	70	55	60	50	45	30	45	25	15	10							
Yağış	1	1	1	1	2	0	9	4	32	18	23	28	44	36	41	36	78	54
Su açığı	-57	-69	-54	-59	-48	-45	-21	-41	7	3	13	28	44	36	41	36	78	54

Su açığı miktarları toplanarak yıllık net bitki su ihtiyacı hesaplanmıştır. Çizelge 4.7’de yapılan hesaplamalar verilmiştir. Toplam net sulama suyu ihtiyacı yaklaşık 46 hm³ olarak hesaplanmıştır. Sulama randımanı %65 olduğundan yeterli sulama koşullarında şebekeye aktarılması gereken miktar 70 hm³ olarak belirlenmiştir. 70 hm³ su mevcudiyeti çalışma alanı için yeterli su miktarı olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.7. Çalışma alanı su ihtiyacı

Bitkiler	su ihtiyacı	Alan	Su ihtiyacı (m ³)	Su ihtiyacı (hm ³)
Hububat	694		0	0.00
Bostan	514	2,067	1,062,438	1.06
Pamuk I.	707	44,904	31,747,128	31.75
Pamuk II.	603	582	350,946	0.35
Mısır I.	501	11,064	5,543,064	5.54
Mısır II.	442	2,767	1,223,014	1.22
Sebze	497	2,148	1,067,556	1.07
Havuç	519	4,976	2,582,544	2.58
Meyve	379	4,330	1,641,070	1.64
Yem bitkisi	629	1,203	756,687	0.76
Toplam			45,974,447	45.97

4.3. Doğrusal Programlama Modeli Girdileri

Modelin amaç fonksiyonu ve kısıtları aşağıdaki şekilde Lindo yazılımına veri olarak girilmiştir.

1) MAX 550.0X1+418.2X2+307.6X3+216.8X4+1600.0X5+912.7X6+468.8X7
+205.8X8+1610.0X9+1321.5X10+1066.5X11+843.0X12+1120.0X13
+919.3X14+741.9X15+586.4X16+855.0X17+475.7X18+211.4X19
+40.0X20+760.0X21+422.9X22+187.9X23+35.6X24+2400.0X25
+1330.9X26+644.9X27+245.1X28+1800.0X29+1293.4X30+883.2X31
+560.3X32+3200.0X33+2096.6X34+1218.6X35+565.8X36+2400.0X37
+1609.9X38+967.7X39+473.3X40

ST

2) 420X1+320X2+240X3+160X4+613X5+490.4X6+367.8X7+245.2X8+890X9
+712X10+534X11+356X12+800X13+640X14+480X15+320X16+724X17
+579.2X18+434.4X19+289.6X20+525X21+420X22+315X23+210X24+643X25
+514.4X26+385.8X27+257.2X28+596X29+476.8X30+357.6X31+238.4X32
+876X33+700.8X34+525.6X35+350.4X36+1024X37+819.2X38+614.4X39
+409.6X40<=70000000

3) X13+X14+X15+X16+X21+X22+X23+X24<=5270

4) X5+X6+X7+X8<=2000

5) X25+X26+X27+X28<=3000

$$6) X_{33}+X_{34}+X_{35}+X_{36} \leq 6500$$

$$7) X_{37}+X_{38}+X_{39}+X_{40} \leq 2000$$

$$8) X_{29}+X_{30}+X_{31}+X_{32} \leq 8000$$

$$9) X_1+X_2+X_3+X_4+X_5+X_6+X_7+X_8+X_9+X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{30}+X_{31}+X_{32}+X_{33}+X_{34}+X_{35}+X_{36}+X_{37}+X_{38}+X_{39}+X_{40} \leq 78012$$

END

Yukarıda verilen satır numaraları model girdisindeki kısıtları tanımlamak için verilmiştir. Örneğin satır numarası 2 su kısıtını, satır numarası 3 ikinci ürün ekim alan kısıtını, satır numarası 4 bostan ekim alanı kısıtını, satır numarası 5 sebze ekim alanı kısıtını, satır numarası 6 meyve alanı kısıtını, satır numarası 7 yem bitkisi ekim alanı kısıtını, satır numarası 8 havuç ekim alanı kısıtını, satır numarası 9 birinci ürün için toplam alan kısıtını vermektedir. Verilen bu satır numaraları, model çıktılarından biri olan duyarlılık analizinin kolayca yorumlanabilmesi için verilmiştir.

4.4. Doğrusal Programlama Modeli Çıktıları

Kırıkhan sulama sahasında uzun yıllar şebekeye aktarılan sulama suyu miktarları ve Tahtaköprü barajı depolanabilir su hacmi dikkate alınarak, mevcut su kapasitesinin 70, 60, 50, 40, 30, 20 ve 10 hm³ olması halinde, her su miktarı için optimum ürün desenleri ve brüt gelirler model çıktısında yer almıştır. Ayrıca, her su miktarı için, modelin duyarlılık analizi yapılmış ve sonuçları yorumlanmıştır.

4.4.1. Yeterli Sulama Suyu Miktarı 70 hm³ İçin Model Çıktısı

Modelde su kısıtı aşağıda verilen eşitlikte görüldüğü gibi maksimum 70 hm³ olarak tanımlanmış ve maksimum net gelir 147.09 milyon TL olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan maksimum net geliri verecek optimum bitki deseni ve azalan maliyet değerleri Çizelge 4.8’da verilmiştir.

$$\begin{aligned}
&420X1+320X2+240X3+160X4+613X5+490.4X6+367.8X7+245.2X8+890X9 \\
&+712X10+534X11+356X12+800X13+640X14+480X15+320X16+724X17 \\
&+579.2X18+434.4X19+289.6X20+525X21+420X22+31523+210X24+643X25 \\
&+514.4X26+385.8X27+257.2X28+596X29+476.8X30+357.6X31+238.4X32 \\
&+876X33+700.8X34+525.6X35+350.4X36+1024X37+819.2X38+614.4X39 \\
&+409.6X40 \leq 700000000
\end{aligned} \tag{4.8}$$

Çizelge 4.8. Optimum bitki deseni (70 hm³)

Bitkiler	Ekim alanı	Azalan Maliyet	Bitkiler	Ekim alanı	Azalan Maliyet
X1	0.0	537.5	X21	0.0	54.3
X2	0.0	558.1	X22	0.0	274.7
X3	0.0	579.8	X23	0.0	392.9
X4	0.0	581.7	X24	0.0	428.5
X5	2000.0	0.0	X25	3000.0	0.0
X6	0.0	551.0	X26	0.0	926.1
X7	0.0	858.6	X27	0.0	1469.2
X8	0.0	985.3	X28	0.0	1726.0
X9	56512.0	0.0	X29	8000.0	0.0
X10	0.0	90.6	X30	0.0	374.1
X11	0.0	147.7	X31	0.0	651.8
X12	0.0	173.4	X32	0.0	842.2
X13	4901.9	0.0	X33	6500.0	0.0
X14	0.0	22.8	X34	0.0	908.6
X15	0.0	22.4	X35	0.0	1591.9
X16	368.1	0.0	X36	0.0	2049.9
X17	0.0	570.5	X37	2000.0	0.0
X18	0.0	788.8	X38	0.0	562.4
X19	0.0	892.1	X39	0.0	977.0
X20	0.0	902.6	X40	0.0	1243.7

Su miktarı 70 hm³ olarak tanımlandığında, model sonucuna göre optimum ürün deseni, (X5) 2,000 dekar bostan (%100 sulama), (X9) 56,512 dekar pamuk (%100 sulama), (X13) 4,902 dekar Pamuk II (%100 sulama), (X16) 368.1 dekar pamuk II (%40 Sulama), (X25) 3,000 dekar Sebze (%100 sulama), (X29) 8,000 dekar Havuç (%100 sulama), (X33) 6,500 dekar Meyve (%100 sulama) ve (X37) 2,000 dekar yem bitkisi (%100 sulama) şeklinde oluşmuştur. Bu bitki deseninde, Kırıkhan sulama sahasından elde edilebilecek maksimum gelir ise 147.09 milyon TL olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.8’de verilen azalan gelir değerleri, genel olarak optimum çözümde yer almayan değişkenin çözüme girmesi halinde, gelirden oluşacak azalmayı (maliyette oluşacak artışı) göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, amaç fonksiyonu geliri maksimum yapacak şekilde oluşturulmuştur, azalan gelir değerleri, optimum çözüme girmeyen değişkenlerin optimum çözümde yer alması durumunda gelirden oluşacak azalmayı göstermektedir. Örneğin, X1 Hububat (yani yeterli su koşulunda) optimum çözümde yer almamaktadır (0 da). Azalan gelir değeri 537 dir. Sulama sahasında eğer buğday yetiştirmek istenirse, bir dekar buğday alanı için gelir 537 TL azalacaktır. Eğer kısıtlara “X1(Hububat) >1 da” gibi bir kısıt ilave edilip tekrar çözüm alınırsa işletme gelirinin (Zmak.) 537 TL düşeceği görülecektir. Azalan gelir değerleri bize yeni çözüm almadan gelirden oluşacak düşme miktarını göstermektedir.

Modelin duyarlılık analizi sonucunda kısıtlara göre artan veya azalan kapasite değerleri ve gölge fiyatlar Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Artan veya azalan kapasite ve gölge fiyat değerleri (70 hm³)

Kısıtlar	Slack yada Surplus değeri	Dual Fiyatlar
2) Su kısıtı	0	1.11
3) 2. Ürün kısıtı	0	230.66
4) Bostan	0	297.93
5) Sebze	0	1064.5
6) Meyve	0	1,605.56
7) Yem bitkisi	0	641.03
8) Havuç	0	516.83
9) Toplam alan kıs.	0	620.61

Çizelge 4.10’a göre artan ya da azalan kapasite (Slack or Surplus) sıfır olarak tanımlanmıştır, bunun anlamı tüm kısıtlarda kapasite artmamıştır, toplam ekim alanları ve su miktarı kapasitesinin tamamı kullanılmıştır. 2. Satır su kısıtı 1 m³ artırıldığında gelirden ancak 1.11 TL artış olabileceğini buda 70 hm³’ün yeterli su miktarı olduğunu açıklamaktadır. 3.satır ikinci ürün ekim alanı bir dekar artırılırsa gelirden 230.6 TL artış olacaktır. Gelirden en büyük artışların ise sebze alanlarının 1 dekar artırılması ile 1,064 TL ve meyve alanlarının bir dekar artırılması ile 1,605 TL olacağını ifade etmektedir.

Doğrusal Programlama sonuçlarında, amaç fonksiyonu katsayılarının, kısıtlayıcı kaynak miktarının değişmesi halinde daha önce elde edilen çözüm, en iyilikten çıkmaktadır. Duyarlılık analizleri en iyi çözümde bu katsayıların ne kadar

değişebileceğini göstermektedir. Bu çalışmada amaç fonksiyonu katsayılarının ve kısıtlayıcı faktörlerin değişim aralığını gösteren duyarlılık analizi sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Bitkisel üretim gelirinin arttırılabilir ya da azaltılabilir miktar. (70 hm³)

Değişken	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azal. miktar	Değişken	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azal. miktar
X1	550.00	537.52	INF.	X21	760.00	54.29	INF.
X2	418.20	558.15	INF.	X22	422.90	274.67	INF.
X3	307.60	579.82	INF.	X23	187.90	392.94	INF.
X4	216.80	581.68	INF.	X24	35.60	428.52	INF.
X5	1600.00	INF.	297.93	X25	2400.00	INF.	926.14
X6	912.70	551.01	INF.	X26	1330.90	926.14	INF.
X7	468.80	858.62	INF.	X27	644.90	1469.18	INF.
X8	205.80	985.33	INF.	X28	245.10	1726.02	INF.
X9	1610.00	297.93	90.62	X29	1800.00	INF.	374.09
X10	1321.50	90.62	INF.	X30	1293.40	374.09	INF.
X11	1066.50	147.75	INF.	X31	883.20	651.78	INF.
X12	843.00	173.37	INF.	X32	560.30	842.17	INF.
X13	1120.00	155.84	34.25	X33	3200.00	INF.	908.64
X14	919.30	22.83	INF.	X34	2096.60	908.64	INF.
X15	741.90	22.37	INF.	X35	1218.60	1591.87	INF.
X16	586.40	516.27	33.55	X36	565.80	2049.91	INF.
X17	855.00	570.46	INF.	X37	2400.00	INF.	562.43
X18	475.70	788.79	INF.	X38	1609.90	562.43	INF.
X19	211.40	892.12	INF.	X39	967.70	976.96	INF.
X20	40.00	902.56	INF.	X40	473.30	1243.69	INF.

Amaç fonksiyonu katsayılarına ait duyarlılık analizleri sonuçlarına incelendiğinde amaç fonksiyonu katsayılarının en düşük olabilecekleri değerin bulunduğu sütunda bazı ürünlerde sonsuz ifadesi (INF.) görülmektedir. Amaç fonksiyonu (kâr) katsayısı için sonsuzun anlamını şöyle ifade edilmektedir. Bir ürün maliyet değeriyle satılırsa, o üründen kâr elde edilmez, yani elde edilen kâr sıfır olur. Eğer bu ürün hiç ücret talep etmeden dağıtılırsa (bedava) o üründen sonsuz zarar edilir ve sonsuzun değeri ise maliyet kadar olur. Böyle bir durum matematiksel olarak görünse de uygulamada böyle bir durumla karşılaşılmaz.

Amaç fonksiyonu katsayılarına ait duyarlılık analizleri sonuçlarının bulunduğu çizelgedeki sonsuzları sıfır olarak yani maliyetine satışlar olarak yorumlanabilmektedir.

Hububat da (%100 sulama) gelir en az sıfıra kadar azaltılsa ya da en fazla 537 TL kadar arttırılırsa en iyi çözüm sonuçlarında bir değişiklik olmayacaktır.

Yeterli su miktarı için, duyarlılık analizi sonucu elde edilen sağ taraf değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir. Sağ taraf değerleri kısıtların en fazla ne kadar arttırılıp ne kadar azaltılabileceğini göstermektedir.

Çizelge 4.11. Sağ taraf değerleri (70 hm³)

Kısıtlar	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azaltılabilir miktar
2) Su kısıtı	70,000,000	176,680	2,352,919
3) 2. Ürün kısıtı	5,270	7,352	220
4) Bostan	2,000	637	2,000
5) Sebze	3,000	715	3,000
6) Meyve	6,500	12,620	6,500
7) Yem bitkisi	2,000	17,559	1,318
8) Havuç	8,000	601	8,000
9) Toplam alan kıs.	78,012	2,643	198

Sulama suyu kapasitesi en az 2,352,919 m³ kadar azaltılabilirken, en fazla 176,680 m³’ e kadar çıkartılabilir. İkinci ürün ekim alanı 220.9 dekar azaltılabilirken, en fazla 7,352 dekara kadar artırılabilir. Sebze alanı ise en fazla 715.3 dekar artırılabilir.

4.4.2. Sulama Kısıtı 60 hm³ İçin Model Çıktısı

Modelde su kısıtı amaç fonksiyonunda maksimum 60 hm³ olarak tanımlanmış ve maksimum net gelir 133.49 milyon TL olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan maksimum net geliri verecek optimum bitki deseni ve azalan maliyet değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Su miktarının 60 hm³ olması durumunda net gelirden 13.6 milyon TL azalma meydana gelmiştir.

Çizelge 4.12. Optimum bitki deseni (60 hm³)

Bitkiler	Ekim Alanı	Azalan Maliyet	Bitkiler	Ekim Alanı	Azalan Maliyet
X1	0	384.93	X21	0	120.85
X2	0	373.09	X22	0	307.13
X3	0	368.79	X23	0	391.32
X4	0	344.68	X24	0	392.80
X5	2000	0.00	X25	3000	0.00
X6	0	511.21	X26	0	884.39
X7	0	779.01	X27	0	1385.68
X8	0	865.92	X28	0	1600.76
X9	42191.62	0.00	X29	8000	0.00
X10	0	32.83	X30	0	335.39
X11	0	32.17	X31	0	574.38
X12	14320.37	0.00	X32	0	726.07
X13	0	155.84	X33	6500	0.00
X14	0	126.73	X34	0	851.75
X15	0	74.31	X35	0	1478.11
X16	5270	0.00	X36	0	1879.27
X17	0	516.57	X37	2000	0.00
X18	0	687.89	X38	0	495.94
X19	0	744.21	X39	0	843.98
X20	0	707.63	X40	0	1044.22

60 hm³ su varlığında model sonucuna göre optimum ürün deseni, (X5) 2,000 dekar bostan (%100 sulama), (X9) 42,192 dekar pamuk (%100 sulama), (X12) 14,320 dekar Pamuk I (%40 sulama), (X16) 5,270 dekar pamuk II (%40 Sulama), (X25) 3,000 dekar Sebze (%100 sulama), (X29) 8,000 dekar Havuç (%100 sulama), (X33) 6,500 dekar Meyve (%100 sulama) ve (X37) 2,000 dekar yem bitkisi (%100 sulama) şeklinde oluşmuştur.

Model sonucunda kısıtlara göre artan veya azalan kapasite değerleri ve gölge fiyatlar Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Artan veya azalan kapasite ve gölge fiyat (60 hm³)

Kısıtlar	Slack yada Surplus değeri	Dual Fiyatlar
2) Su kısıtı	0	1.44
3) 2. Ürün kısıtı	0	126.77
4) Bostan	0	387.86
5) Sebze	0	1144.77
6) Meyve	0	1610.11
7) Yem bitkisi	0	597.53
8) Havuç	0	612.28
9) Toplam alan kıs.	0	331.67

Çalışma alanında 60 hm³ su mevcudiyetinde, kısıtlarda kapasite artmamıştır, toplam ekim alanı kapasitesi, ikinci ürün ekim alanı, su miktarı, bostan, sebze, meyve, havuç ve yem bitkisi için ekim alanlarının tamamı kullanılmıştır. Bitkisel üretim gelirinin arttırılabilir ya da azaltılabilir miktarlar Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Bitkisel üretim gelirinin arttırılabilir ya da azaltılabilir miktar. (60 hm³)

Değişken	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azal. miktar	Değişken	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azal. miktar
X1	550	384.93	INF.	X21	760.00	120.85	INF.
X2	418.20	373.09	INF.	X22	422.90	307.13	INF.
X3	307.60	368.79	INF.	X23	187.90	391.32	INF.
X4	216.80	344.68	INF.	X24	35.60	392.80	INF.
X5	1600	INF.	387.86	X25	2400.00	INF.	884.39
X6	912.70	511.21	INF.	X26	1330.90	884.39	INF.
X7	468.80	779.01	INF.	X27	644.90	1385.68	INF.
X8	205.80	865.92	INF.	X28	245.10	1600.76	INF.
X9	1610	211.56	49.25	X29	1800.00	INF.	335.39
X10	1321.5	32.83	INF.	X30	1293.40	335.39	INF.
X11	1066.5	32.17	INF.	X31	883.20	574.38	INF.
X12	843	173.37	48.25	X32	560.30	726.07	INF.
X13	1120	155.84	INF.	X33	3200.00	INF.	851.75
X14	919.30	126.73	INF.	X34	2096.60	851.75	INF.
X15	741.90	74.31	INF.	X35	1218.60	1478.11	INF.
X16	586.40	INF.	74.31	X36	565.80	1879.27	INF.
X17	855	516.57	INF.	X37	2400.00	INF.	495.94
X18	475.70	687.89	INF.	X38	1609.90	495.94	INF.
X19	211.40	744.21	INF.	X39	967.70	843.98	INF.
X20	40	707.63	INF.	X40	473.30	1044.22	INF.

Hububat da (%100 sulama) gelir en az sıfıra kadar azaltılsa yada en fazla 384.90 TL kadar arttırılırsa en iyi çözüm sonuçlarında bir değişiklik olmayacaktır.

60 hm³ su miktarında, kısıtların en fazla ne kadar arttırılıp ne kadar azaltılabileceğini gösteren sağ taraf değerleri Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Sağ taraf değerleri (60 hm³)

Kısıtlar	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azaltılabilir miktar
2) Su kısıtı	60,000,000	7,647,080	22,530,328
3) 2. Ürün kısıtı	5,270	70,407	5,270
4) Bostan	2,000	27,606	2,000
5) Sebze	3,000	30,959	3,000
6) Meyve	6,500	43,327	6,500
7) Yem bitkisi	2,000	33,728	2,000
8) Havuç	8,000	26,010	8,000
9) Toplam alan kıs.	78,012	63,287	8,592

Sulama suyu kapasitesi en az 22,530,328 m³ kadar azaltılabilirken, en fazla 7,647,080 m³ e kadar çıkartılabilir. İkinci ürün ekim alanının en az 5,270 dekar, en fazla 70,407dekar kadar artırılabilceği görülmektedir.

4.4.3. Sulama Kısıtı 50 hm³ İçin Model Çıktısı

Modelde su kısıtı 50 hm³ olarak tanımlanmış ve maksimum net gelir 119.12 milyon TL olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan maksimum net geliri verecek optimum bitki deseni ve azalan maliyet değerleri Çizelge 4.16’da verilmiştir. Su miktarının 50 hm³ olması durumunda 70 hm³ e göre net gelirde 27.96 milyon TL azalma meydana gelmiştir.

Çizelge 4.16. Optimum bitki deseni (50 hm³)

Bitkiler	Ekim Alanı	Azalan Maliyet	Bitkiler	Ekim Alanı	Azalan Maliyet
X1	0.00	384.93	X21	0.00	120.85
X2	0.00	373.09	X22	0.00	307.13
X3	0.00	368.79	X23	0.00	391.32
X4	0.00	344.68	X24	0.00	392.80
X5	2000.00	0.00	X25	3000.00	0.00
X6	0.00	511.21	X26	0.00	884.39
X7	0.00	779.01	X27	0.00	1385.68
X8	0.00	865.92	X28	0.00	1600.76
X9	23465.03	0.00	X29	8000.00	0.00
X10	0.00	32.83	X30	0.00	335.39
X11	0.00	32.17	X31	0.00	574.38
X12	33046.96	0.00	X32	0.00	726.07
X13	0.00	155.84	X33	6500.00	0.00
X14	0.00	126.73	X34	0.00	851.75
X15	0.00	74.31	X35	0.00	1478.11
X16	5270.00	0.00	X36	0.00	1879.27
X17	0.00	516.57	X37	2000.00	0.00
X18	0.00	687.89	X38	0.00	495.94
X19	0.00	744.21	X39	0.00	843.98
X20	0.00	707.63	X40	0.00	1044.22

50 hm³ su varlığında model sonucuna göre optimum ürün deseni, (X5) 2,000 dekar bostan (%100 sulama), (X9) 23,465 dekar pamuk (%100 sulama), (X12) 33,047 dekar Pamuk I (%40 sulama), (X16) 5,270 dekar pamuk II (%40 Sulama), (X25) 3,000 dekar Sebze (%100 sulama), (X29) 8,000 dekar Havuç (%100 sulama), (X33) 6,500 dekar Meyve (%100 sulama) ve (X37) 2,000 dekar yem bitkisi (%100 sulama) şeklinde oluşmuştur. Bu ürün deseninde, Kırıkhan sulama sahasından elde edilebilecek maksimum gelir 119.12 milyon TL olarak hesaplanmıştır.

Model sonucunda kısıtlara göre artan veya azalan kapasite değerleri ve gölge fiyatlar Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Artan veya azalan kapasite ve gölge fiyat (50 hm³)

Kısıtlar	Slack yada Surplus değeri	Dual Fiyatlar
2) Su kısıtı	0.00	1.44
3) 2. Ürün kısıtı	0.00	126.77
4) Bostan	0.00	387.86
5) Sebze	0.00	1144.77
6) Meyve	0.00	1610.11
7) Yem bitkisi	0.00	597.53
8) Havuç	0.00	612.28
9) Toplam alan kıs.	0.00	331.67

Çalışma alanında 50 hm³ su mevcudiyetinde, kısıtlarda kapasite artmamıştır.

Çalışma alanında 50 hm³ su mevcudiyetinde, amaç fonksiyonu katsayılarının ve kısıtlayıcı faktörlerin değişim aralığını gösteren duyarlılık analizi sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Bitkisel üretim gelirinin arttırılabilir ya da azaltılabilir miktar. (50 hm³)

Değişken	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azal. miktar	Değişken	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azal. miktar
X1	550.00	384.93	INF.	X21	760.00	120.85	INF.
X2	418.20	373.09	INF.	X22	422.90	307.13	INF.
X3	307.60	368.79	INF.	X23	187.90	391.32	INF.
X4	216.80	344.68	INF.	X24	35.60	392.80	INF.
X5	1600.00	INF.	387.86	X25	2400.00	INF.	884.39
X6	912.70	511.21	INF.	X26	1330.90	884.39	INF.
X7	468.80	779.01	INF.	X27	644.90	1385.68	INF.
X8	205.80	865.92	INF.	X28	245.10	1600.76	INF.
X9	1610.00	211.56	49.25	X29	1800.00	INF.	335.39
X10	1321.50	32.83	INF.	X30	1293.40	335.39	INF.
X11	1066.50	32.17	INF.	X31	883.20	574.38	INF.
X12	843.00	173.37	48.25	X32	560.30	726.07	INF.
X13	1120.00	155.84	INF.	X33	3200.00	INF.	851.75
X14	919.30	126.73	INF.	X34	2096.60	851.75	INF.
X15	741.90	74.31	INF.	X35	1218.60	1478.11	INF.
X16	586.40	INF.	74.31	X36	565.80	1879.27	INF.
X17	855.00	516.57	INF.	X37	2400.00	INF.	495.94
X18	475.70	687.89	INF.	X38	1609.90	495.94	INF.
X19	211.40	744.21	INF.	X39	967.70	843.98	INF.
X20	40.00	707.63	INF.	X40	473.30	1044.22	INF.

Hububat da (%100 sulama) gelir en az sıfıra kadar azaltılsa yada en fazla 384.90 TL kadar arttırılırsa en iyi çözüm sonuçlarında bir değişiklik olmayacaktır.

50 hm³ su miktarında, kısıtların en fazla ne kadar arttırılıp ne kadar azaltılabileceğini gösteren sağ taraf değerleri Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Sağ taraf değerleri (50 hm³)

Kısıtlar	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azaltılabilir miktar
2) Su kısıtı	50,000,000	17,647,080	12,530,328
3) 2. Ürün kısıtı	5270.00	39,157	5,270
4) Bostan	2,000	48,756	2,000
5) Sebze	3,000	43,659	3,000
6) Meyve	6,500	24,096	6,500
7) Yem bitkisi	2,000	18,757	2,000
8) Havuç	8,000	52,209	8,000
9) Toplam alan kıs.	78,012	35,197	19,828

Sulama suyu kapasitesi en az 12,530,328 m³ kadar azaltılabilirken, en fazla 17.6 hm³’e kadar çıkartılabilir. İkinci ürün ekim alanının en az 5,270 dekar, en fazla 39,157 dekara kadar artırılabilirliği görülmektedir.

4.4.4. Sulama Kısıtı 40 hm³ İçin Model Çıktısı

Modelde su kısıtı aşağıda verilen eşitlikte görüldüğü gibi maksimum 40 hm³ olarak tanımlanmış ve maksimum net gelir 104.76 milyon TL olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan maksimum net geliri verecek optimum bitki deseni ve azalan maliyet değerleri Çizelge 4.20’de verilmiştir. Su miktarının 40 hm³ olması durumunda 70 hm³’e göre net gelirden 42.32 milyon TL azalma meydana gelmiştir.

Çizelge 1 Çizelge 4.20. Optimum bitki deseni (40 hm³)

Bitkiler	Ekim Alanı	Azalan Maliyet	Bitkiler	Ekim Alanı	Azalan Maliyet
X1	0.00	384.93	X21	0.00	120.85
X2	0.00	373.09	X22	0.00	307.13
X3	0.00	368.79	X23	0.00	391.32
X4	0.00	344.68	X24	0.00	392.80
X5	2000.00	0.00	X25	3000.00	0.00
X6	0.00	511.21	X26	0.00	884.39
X7	0.00	779.01	X27	0.00	1385.68
X8	0.00	865.92	X28	0.00	1600.76
X9	4738.44	0.00	X29	8000.00	0.00
X10	0.00	32.83	X30	0.00	335.39
X11	0.00	32.17	X31	0.00	574.38
X12	51773.56	0.00	X32	0.00	726.07
X13	0.00	155.84	X33	6500.00	0.00
X14	0.00	126.73	X34	0.00	851.75
X15	0.00	74.31	X35	0.00	1478.11
X16	5270.00	0.00	X36	0.00	1879.27
X17	0.00	516.57	X37	2000.00	0.00
X18	0.00	687.89	X38	0.00	495.94
X19	0.00	744.21	X39	0.00	843.98
X20	0.00	707.63	X40	0.00	1044.22

40 hm³ su varlığında model sonucuna göre optimum ürün deseni, (X5) 2,000 dekar bostan (%100 sulama), (X9) 4,738 dekar pamuk (%100 sulama), (X12) 51,774 dekar Pamuk I (%40 sulama), (X16) 5,270 dekar pamuk II (%40 Sulama), (X25) 3,000 dekar Sebze (%100 sulama), (X29) 8,000 dekar Havuç (%100 sulama), (X33) 6,500 dekar Meyve (%100 sulama) ve (X37) 2,000 dekar yem bitkisi (%100 sulama) şeklinde oluşmuştur. Bu ürün deseninde, Kırıkhan sulama sahasından elde edilebilecek maksimum gelir 104.76 milyon TL olarak hesaplanmıştır.

Model sonucunda kısıtlara göre artan veya azalan kapasite değerleri ve gölge fiyatlar Çizelge 4.21’de verilmiştir

Çizelge 4.21. Artan veya azalan kapasite ve gölge fiyat (40 hm³)

Kısıtlar	Slack yada Surplus değeri	Dual Fiyatlar
2) Su kısıtı	0.00	1.44
3) 2. Ürün kısıtı	0.00	126.77
4) Bostan	0.00	387.86
5) Sebze	0.00	1144.77
6) Meyve	0.00	1610.11
7) Yem bitkisi	0.00	597.53
8) Havuç	0.00	612.28
9) Toplam alan kıs.	0.00	331.67

Çalışma alanında 40 hm³ su mevcudiyetinde, kısıtlarda kapasite artmamıştır. Çalışma alanında 40 hm³ su mevcudiyetinde, amaç fonksiyonu katsayılarının ve kısıtlayıcı faktörlerin değişim aralığını gösteren duyarlılık analizi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Bitkisel üretim gelirinin arttırılabilir ya da azaltılabilir miktar. (40 hm³)

Değişken	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azalt. miktar	Değişken	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azal. miktar
X1	550.00	384.93	INF.	X21	760.00	120.85	INF.
X2	418.20	373.09	INF.	X22	422.90	307.13	INF.
X3	307.60	368.79	INF.	X23	187.90	391.32	INF.
X4	216.80	344.68	INF.	X24	35.60	392.80	INF.
X5	1600.00	INF.	387.86	X25	2400.00	INF.	884.39
X6	912.70	511.21	INF.	X26	1330.90	884.39	INF.
X7	468.80	779.01	INF.	X27	644.90	1385.68	INF.
X8	205.80	865.92	INF.	X28	245.10	1600.76	INF.
X9	1610.00	211.56	49.25	X29	1800.00	INF.	335.39
X10	1321.50	32.83	INF.	X30	1293.40	335.39	INF.
X11	1066.50	32.17	INF.	X31	883.20	574.38	INF.
X12	843.00	173.37	48.25	X32	560.30	726.07	INF.
X13	1120.00	155.84	INF.	X33	3200.00	INF.	851.75
X14	919.30	126.73	INF.	X34	2096.60	851.75	INF.
X15	741.90	74.31	INF.	X35	1218.60	1478.11	INF.
X16	586.40	INF.	74.31	X36	565.80	1879.27	INF.
X17	855.00	516.57	INF.	X37	2400.00	INF.	495.94
X18	475.70	687.89	INF.	X38	1609.90	495.94	INF.
X19	211.40	744.21	INF.	X39	967.70	843.98	INF.
X20	40.00	707.63	INF.	X40	473.30	1044.22	INF.

Hububat da (%100 sulama) gelir en az sıfıra kadar azaltılrsa ya da en fazla 384.93 TL arttırılrsa gelirden bir değişiklik olmayacaktır. Aynı şekilde, bostan (X5) ve pamuk II (X16) ne kadar arttırılırsa arttırılsın en iyi çözüm sonuçlarında bir değişiklik olmayacaktır.

40 hm³ su miktarında, kısıtların en fazla ne kadar arttırılıp ne kadar azaltılabileceğini gösteren sağ taraf değerleri Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Sağ taraf değerleri (40 hm³)

Kısıtlar	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azaltılabilir miktar
2) Su kısıtı	40,000,000	27,647,080	2,530,328
3) 2. Ürün kısıtı	5,270	7,907	5,270
4) Bostan	2,000	9,845	2,000
5) Sebze	3,000	8,816	3,000
6) Meyve	6,500	4,866	6,500
7) Yem bitkisi	2,000	3,787	2,000
8) Havuç	8,000	10,543	8,000
9) Toplam alan kıs.	78,012	7,107	31,064

Sulama suyu kapasitesi en az 2,530,328 m³ kadar azaltılabilirken, en fazla 27.6 hm³’e kadar çıkartılabilir. İkinci ürün ekim alanının en az 5,270 dekar, en fazla 7,907 dekara kadar artırılabilir olduğu görülmektedir.

4.4.5. Sulama Kısıtı 30 hm³ İçin Model Çıktısı

Modelde su kısıtı maksimum 30 hm³ olarak tanımlanmış ve maksimum net gelir 84.39 milyon TL olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan maksimum net geliri verecek optimum bitki deseni ve azalan maliyet değerleri Çizelge 4.24’de verilmiştir. Su miktarının 30 hm³ olması durumunda 70 hm³ e göre net gelirden 62.69 milyon TL azalma meydana gelmiştir.

Çizelge 4.24. Optimum bitki deseni (30 hm³)

Bitkiler	Ekim Alanı	Azalan Maliyet	Bitkiler	Ekim Alanı	Azalan Maliyet
X1	0.00	444.55	X21	0.00	483.19
X2	0.00	339.55	X22	0.00	571.65
X3	0.00	260.71	X23	0.00	558.01
X4	0.00	162.08	X24	0.00	461.68
X5	2000.00	0.00	X25	3000.00	0.00
X6	0.00	396.99	X26	0.00	764.58
X7	0.00	550.57	X27	0.00	1146.06
X8	0.00	523.26	X28	0.00	1241.33
X9	0.00	497.50	X29	8000.00	0.00
X10	0.00	364.50	X30	0.00	224.34
X11	0.00	198.00	X31	0.00	352.27
X12	46019.66	0.00	X32	0.00	392.91
X13	0.00	774.38	X33	6500.00	0.00
X14	0.00	596.21	X34	0.00	688.53
X15	0.00	394.73	X35	0.00	1151.66
X16	0.00	171.35	X36	0.00	1389.59
X17	0.00	859.42	X37	0.00	24.81
X18	0.00	895.83	X38	0.00	329.95
X19	0.00	817.25	X39	0.00	487.19
X20	0.00	645.77	X40	0.00	496.62

30 hm³ su varlığında model sonucuna göre optimum ürün deseni, (X5) 2,000 dekar bostan (%100 sulama), pamuk %100 %80 ve %60 kısıtlı sulamada ekim alanı sıfır olmuş, fakat (X12) Pamuk I (%40 sulama) ekim alanı 46,020 dekar olmuştur. (X16) 5,270 dekar pamuk II (%40 Sulama), (X25) 3,000 dekar Sebze (%100 sulama), (X29) 8,000 dekar Havuç (%100 sulama), (X33) 6,500 dekar Meyve (%100 sulama) alanları ürün deseninde kalırken, bir önceki ürün deseninde olan (X37) 2,000 dekar yem bitkisi (%100 sulama) ürün deseninden çıkmıştır. Bu ürün deseninde, Kırıkhan sulama sahasından elde edilebilecek maksimum gelir 84.39 milyon TL olarak hesaplanmıştır.

Model sonucunda kısıtlara göre artan veya azalan kapasite değerleri ve gölge fiyatlar Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Artan veya azalan kapasite ve gölge fiyat (30 hm³)

Kısıtlar	Slack yada Surplus değeri	Dual Fiyatlar
2) Su kısıtı	0.00	2.37
3) 2. Ürün kısıtı	5270.00	0.00
4) Bostan	0.00	148.43
5) Sebze	0.00	877.39
6) Meyve	0.00	1125.65
7) Yem bitkisi	2000.00	0.00
8) Havuç	0.00	388.69
9) Toplam alan kıs.	12492.34	0.00

Çalışma alanında 30 hm³ su mevcudiyetinde, ikinci ürün ekim alanı kapasitesi kullanılamamıştır. Su yetersizliği nedeniyle ikinci ürün ekimi yapılmamalıdır. Toplam ekim alanının 12,492 dekarında alan kapasitesi su yetersizliğinden atıl kalmıştır. Amaç fonksiyonu katsayılarının ve kısıtlayıcı faktörlerin değişim aralığını gösteren duyarlılık analizi sonuçları Çizelge 4.26’da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Bitkisel üretim gelirinin arttırılabilir ya da azaltılabilir miktar. (30 hm³)

Değişken	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azal. miktar	Değişken	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azal. miktar
X1	550.00	444.55	INF.	X21	760.00	483.19	INF.
X2	418.20	339.55	INF.	X22	422.90	571.65	INF.
X3	307.60	260.71	INF.	X23	187.90	558.01	INF.
X4	216.80	162.08	INF.	X24	35.60	461.68	INF.
X5	1600.00	INF.	148.43	X25	2400.00	INF.	764.57
X6	912.70	396.99	INF.	X26	1330.90	764.58	INF.
X7	468.80	550.57	INF.	X27	644.90	1146.06	INF.
X8	205.80	523.26	INF.	X28	245.10	1241.33	INF.
X9	1610.00	497.50	INF.	X29	1800.00	INF.	224.33
X10	1321.50	364.50	INF.	X30	1293.40	224.34	INF.
X11	1066.50	198.00	INF.	X31	883.20	352.27	INF.
X12	843.00	86.20	8.62	X32	560.30	392.91	INF.
X13	1120.00	774.38	INF.	X33	3200.00	INF.	688.53
X14	919.30	596.21	INF.	X34	2096.60	688.53	INF.
X15	741.90	394.73	INF.	X35	1218.60	1151.66	INF.
X16	586.40	171.35	INF.	X36	565.80	1389.59	INF.
X17	855.00	859.42	INF.	X37	2400.00	24.81	INF.
X18	475.70	895.83	INF.	X38	1609.90	329.95	INF.
X19	211.40	817.25	INF.	X39	967.70	487.19	INF.
X20	40.00	645.77	INF.	X40	473.30	496.62	INF.

Hububat da (%100 sulama) gelir en az sıfıra kadar azaltılsa ya da en fazla 444.55 TL arttırılsa gelirden bir değişiklik olmayacaktır. Kısıtlı sulamalarda, özellikle %40 kısıtlı sulamada arttırılabilir miktarlarda büyük artışlar meydana gelmiştir

30 hm³ su miktarında, kısıtların en fazla ne kadar arttırılıp ne kadar azaltılabileceğini gösteren sağ taraf değerleri Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Sağ taraf değerleri (30 hm³)

Kısıtlar	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azaltılabilir miktar
2) Su kısıtı	30,000,000	4,447,272	16,383,000
3) 2. Ürün kısıtı	5,270	INF.	5,270
4) Bostan	2,000	26,725	2,000
5) Sebze	3,000	25,479	3,000
6) Meyve	6,500	18,702	6,500
7) Yem bitkisi	2,000	INF.	2,000
8) Havuç	8,000	27,488	8,000
9) Toplam alan kıs.	78,012	7107	31064.13

Sulama suyu kapasitesi en az 16,383 hm³ kadar azaltılabilirken, en fazla 44.4 hm³’e kadar çıkartılabilir. İkinci ürün ekim alanı ve yem bitkisi alanları arttırılamamaktadır, diğer ifadeyle bu alanlarda ekim yapılamayacaktır. Mevcut ekim alanı su kısıtına göre en fazla 7,108 dekara kadar arttırılabileceği görülmekte, fakat arttırılabilecek bu alanda ekim yapılması net geliri arttırmayacaktır.

4.4.6. Sulama Kısıtı 20 hm³ İçin Model Çıktısı

Modelde su kısıtı maksimum 20 hm³ olarak tanımlanmış ve maksimum net gelir 60.71 milyon TL olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan maksimum net geliri verecek optimum bitki deseni ve azalan maliyet değerleri Çizelge 4.28’de verilmiştir. Su miktarının 20 hm³ olması, 70 hm³ e göre net gelirden 86.37 milyon TL azalma meydana getirmiştir.

Çizelge 4.28. Optimum bitki deseni (20 hm³)

Bitkiler	Ekim Alanı	Azalan Maliyet	Bitkiler	Ekim Alanı	Azalan Maliyet
X1	0.00	444.55	X21	0.00	483.19
X2	0.00	339.55	X22	0.00	571.65
X3	0.00	260.71	X23	0.00	558.01
X4	0.00	162.08	X24	0.00	461.68
X5	2000.00	0.00	X25	3000.00	0.00
X6	0.00	396.99	X26	0.00	764.58
X7	0.00	550.57	X27	0.00	1146.06
X8	0.00	523.26	X28	0.00	1241.33
X9	0.00	497.50	X29	8000.00	0.00
X10	0.00	364.50	X30	0.00	224.34
X11	0.00	198.00	X31	0.00	352.27
X12	17929.78	0.00	X32	0.00	392.91
X13	0.00	774.38	X33	6500.00	0.00
X14	0.00	596.21	X34	0.00	688.53
X15	0.00	394.73	X35	0.00	1151.66
X16	0.00	171.35	X36	0.00	1389.59
X17	0.00	859.42	X37	0.00	24.81
X18	0.00	895.83	X38	0.00	329.95
X19	0.00	817.25	X39	0.00	487.19
X20	0.00	645.77	X40	0.00	496.62

20 hm³ su varlığında model sonucuna göre optimum ürün deseni, (X5) 2,000 dekar bostan (%100 sulama), pamuk %100 %80 ve %60 kısıtlı sulamada ekim alanı sıfır olmuş, fakat (X12) Pamuk I (%40 sulama) ekim alanı 46,020 dekardan, 17,930 dekara çıkmıştır. (X25) 3,000 dekar Sebze (%100 sulama), (X29) 8,000 dekar Havuç (%100 sulama), (X33) 6,500 dekar Meyve (%100 sulama) alanları ürün deseninde kalmıştır. Bu ürün deseninde, Kırıkhan sulama sahasından elde edilebilecek maksimum gelir 60.71 milyon TL olarak hesaplanmıştır.

Model sonucunda kısıtlara göre artan veya azalan kapasite değerleri ve gölge fiyatlar Çizelge 4.29'da verilmiştir

Çizelge 4.29. Artan veya azalan kapasite ve gölge fiyat (20 hm³)

Kısıtlar	Slack yada Surplus değeri	Dual Fiyatlar
2) Su kısıtı	0.00	2.37
3) 2. Ürün kısıtı	5,270.00	0.00
4) Bostan	0.00	148.43
5) Sebze	0.00	877.39
6) Meyve	0.00	1,125.65
7) Yem bitkisi	2,000.00	0.00
8) Havuç	0.00	388.69
9) Toplam alan kıs.	40,582.23	0.00

Çalışma alanında 20 hm³ su mevcudiyetinde, ikinci ürün ekim alanı kapasitesi kullanılamamıştır. Su yetersizliği nedeniyle ikinci ürün ekimi yapılmamalıdır. Toplam ekim alanının 40,582 dekarında, alan su yetersizliğinde atıl kalmıştır. Çalışma alanında 20 hm³ su mevcudiyetinde, amaç fonksiyonu katsayılarının ve kısıtlayıcı faktörlerin değişim aralığını gösteren duyarlılık analizi sonuçları Çizelge 4.30’da verilmiştir.

Çizelge 4.30. Bitkisel üretim gelirinin arttırılabilir ya da azaltılabilir miktar. (20 hm³)

Değişken	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azal. miktar	Değişken	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azal. miktar
X1	550.00	444.55	INF.	X21	760.00	483.19	INF.
X2	418.20	339.55	INF.	X22	422.90	571.65	INF.
X3	307.60	260.71	INF.	X23	187.90	558.01	INF.
X4	216.80	162.08	INF.	X24	35.60	461.68	INF.
X5	1600.00	INF.	148.43	X25	2400.00	INF.	764.58
X6	912.70	396.99	INF.	X26	1330.90	764.58	INF.
X7	468.80	550.57	INF.	X27	644.90	1146.06	INF.
X8	205.80	523.26	INF.	X28	245.10	1241.33	INF.
X9	1610.00	497.50	INF.	X29	1800.00	INF.	224.34
X10	1321.50	364.50	INF.	X30	1293.40	224.34	INF.
X11	1066.50	198.00	INF.	X31	883.20	352.27	INF.
X12	843.00	86.20	8.63	X32	560.30	392.91	INF.
X13	1120.00	774.38	INF.	X33	3200.00	INF.	688.53
X14	919.30	596.21	INF.	X34	2096.60	688.53	INF.
X15	741.90	394.73	INF.	X35	1218.60	1151.66	INF.
X16	586.40	171.35	INF.	X36	565.80	1389.59	INF.
X17	855.00	859.42	INF.	X37	2400.00	24.81	INF.
X18	475.70	895.83	INF.	X38	1609.90	329.95	INF.
X19	211.40	817.25	INF.	X39	967.70	487.19	INF.
X20	40.00	645.77	INF.	X40	473.30	496.62	INF.

Hububat da (%100 sulama) gelir en az sıfıra kadar azaltılsa ya da en fazla 444.55 TL arttırılsa gelirden bir değişiklik olmayacaktır. Kısıtlı sulamalarda, özellikle %40 kısıtlı sulamada arttırılabilir miktarlarda büyük artışlar meydana gelmiştir

20 hm³ su miktarında, kısıtların en fazla ne kadar arttırılıp ne kadar azaltılabileceğini gösteren sağ taraf değerleri Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Sağ taraf değerleri (20 hm³)

Kısıtlar	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azaltılabilir miktar
2) Su kısıtı	20,000,000	4,447,273	6,383,000
3) 2. Ürün kısıtı	5,270	INF.	5,270
4) Bostan	2,000	10,412	2,000
5) Sebze	3,000	9,926	3,000
6) Meyve	6,500	7,286	6,500
7) Yem bitkisi	2,000	INF.	2,000
8) Havuç	8,000	10,709	8,000
9) Toplam alan kıs.	78,012	INF.	40,582

Sulama suyu kapasitesi en az 6.383 hm³ kadar azaltılabilirken, en fazla 4.44 hm³’e kadar çıkartılabilir. İkinci ürün ekim alanı ve yem bitkisi alanları ve mevcut toplam ekim alanı arttırılamamaktadır.

4.4.7. Sulama Kısıtı 10 hm³ İçin Model Çıktısı

Modelde su kısıtı maksimum 10 hm³ olarak tanımlanmış ve maksimum net gelir 35.17 milyon TL olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan maksimum net geliri verecek optimum bitki deseni ve azalan maliyet değerleri Çizelge 4.32’de verilmiştir. Su miktarının 10 hm³ olması durumunda 70 hm³ e göre net gelirden 111.91 milyon TL azalma meydana gelmiştir.

Çizelge 4.32. Optimum bitki deseni (10 hm³)

Bitkiler	Ekim Alanı	Azalan Maliyet	Bitkiler	Ekim Alanı	Azalan Maliyet
X1	0.00	718.46	X21	0.00	825.57
X2	0.00	548.24	X22	0.00	845.56
X3	0.00	417.23	X23	0.00	763.44
X4	0.00	266.42	X24	0.00	598.63
X5	0.00	251.34	X25	3000.00	0.00
X6	0.00	568.37	X26	0.00	680.71
X7	0.00	642.01	X27	0.00	978.32
X8	0.00	534.74	X28	0.00	989.73
X9	0.00	1077.92	X29	3988.26	0.00
X10	0.00	828.84	X30	0.00	146.60
X11	0.00	546.25	X31	0.00	196.80
X12	0.00	232.17	X32	0.00	159.70
X13	0.00	1296.11	X33	6500.00	0.00
X14	0.00	1013.59	X34	0.00	574.27
X15	0.00	707.76	X35	0.00	923.14
X16	0.00	380.04	X36	0.00	1046.82
X17	0.00	1331.58	X37	0.00	692.62
X18	0.00	1273.56	X38	0.00	864.19
X19	0.00	1100.55	X39	0.00	887.87
X20	0.00	834.63	X40	0.00	763.75

10 hm³ su varlığında model sonucuna göre optimum ürün deseninde, hububat, bostan, pamuk, mısır ve yem bitkisi %100 %80 ve %60 kısıtlı sulamada ekim alanları sıfır olmuştur. Sadece (X25) sebze (%100 sulama) 3,000 dekar ekim alanı, (X29) havuç (%100 sulama) 3,988 dekar ve (X33) 6,500 dekar Meyve (%100 sulama) alanları ürün deseninde kalmıştır. Bu ürün deseninde, Kırıkhan sulama sahasından elde edilebilecek maksimum gelir 35.17 milyon TL olarak hesaplanmıştır.

Model sonucunda kısıtlara göre artan veya azalan kapasite değerleri ve gölge fiyatlar Çizelge 4.33'de verilmiştir

Çizelge 4.33. Artan veya azalan kapasite ve gölge fiyat (10 hm³)

Kısıtlar	Slack yada Surplus değeri	Dual Fiyatlar
2) Su kısıtı	0.00	3.02
3) 2. Ürün kısıtı	5,270.00	0.00
4) Bostan	2,000.00	0.00
5) Sebze	0.00	458.05
6) Meyve	0.00	554.36
7) Yem bitkisi	2,000.00	0.00
8) Havuç	4,011.74	0.00
9) Toplam alan kıs.	64,523.75	0.00

Çalışma alanında 10 hm³ su mevcudiyetinde, ikinci ürün ekim alanı kapasitesi ile birlikte 1. Ürün Su yetersizliği nedeniyle ikinci ürün ekimi yapılmamalıdır. Toplam ekim alanının 40,582 dekarında, alan su yetersizliğinde atıl kalmıştır. Çalışma alanında 20 hm³ su mevcudiyetinde, amaç fonksiyonu katsayılarının ve kısıtlayıcı faktörlerin değişim aralığını gösteren duyarlılık analizi sonuçları Çizelge 4.34’de verilmiştir.

Çizelge 4.34. Bitkisel üretim gelirinin arttırılabilir ya da azaltılabilir miktar. (10 hm³)

Değişken	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azal. miktar	Değişken	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azal. miktar
X1	550.00	718.46	INF.	X21	760.00	825.57	INF.
X2	418.20	548.24	INF.	X22	422.90	845.56	INF.
X3	307.60	417.23	INF.	X23	187.90	763.44	INF.
X4	216.80	266.42	INF.	X24	35.60	598.63	INF.
X5	1600.00	251.34	INF.	X25	2400.00	INF.	458.05
X6	912.70	568.37	INF.	X26	1330.90	680.71	INF.
X7	468.80	642.01	INF.	X27	644.90	978.32	INF.
X8	205.80	534.74	INF.	X28	245.10	989.73	INF.
X9	1610.00	1077.92	INF.	X29	1800.00	377.17	183.25
X10	1321.50	828.84	INF.	X30	1293.40	146.60	INF.
X11	1066.50	546.25	INF.	X31	883.20	196.80	INF.
X12	843.00	232.17	INF.	X32	560.30	159.70	INF.
X13	1120.00	1296.11	INF.	X33	3200.00	INF.	554.36
X14	919.30	1013.59	INF.	X34	2096.60	574.27	INF.
X15	741.90	707.76	INF.	X35	1218.60	923.14	INF.
X16	586.40	380.04	INF.	X36	565.80	1046.82	INF.
X17	855.00	1331.58	INF.	X37	2400.00	692.62	INF.
X18	475.70	1273.56	INF.	X38	1609.90	864.19	INF.
X19	211.40	1100.55	INF.	X39	967.70	887.87	INF.
X20	40.00	834.63	INF.	X40	473.30	763.75	INF.

Hububat da (%100 sulama) gelir en az sıfıra kadar azaltılsa ya da en fazla 718.46 TL arttırılsa gelirden bir değişiklik olmayacaktır. Kısıtlı sulamalarda, özellikle %40 kısıtlı sulamada arttırılabilir miktarlarda büyük artışlar meydana gelmiştir

10 hm³ su miktarında, kısıtların en fazla ne kadar arttırılıp ne kadar azaltılabileceğini gösteren sağ taraf değerleri Çizelge 4.35’de verilmiştir.

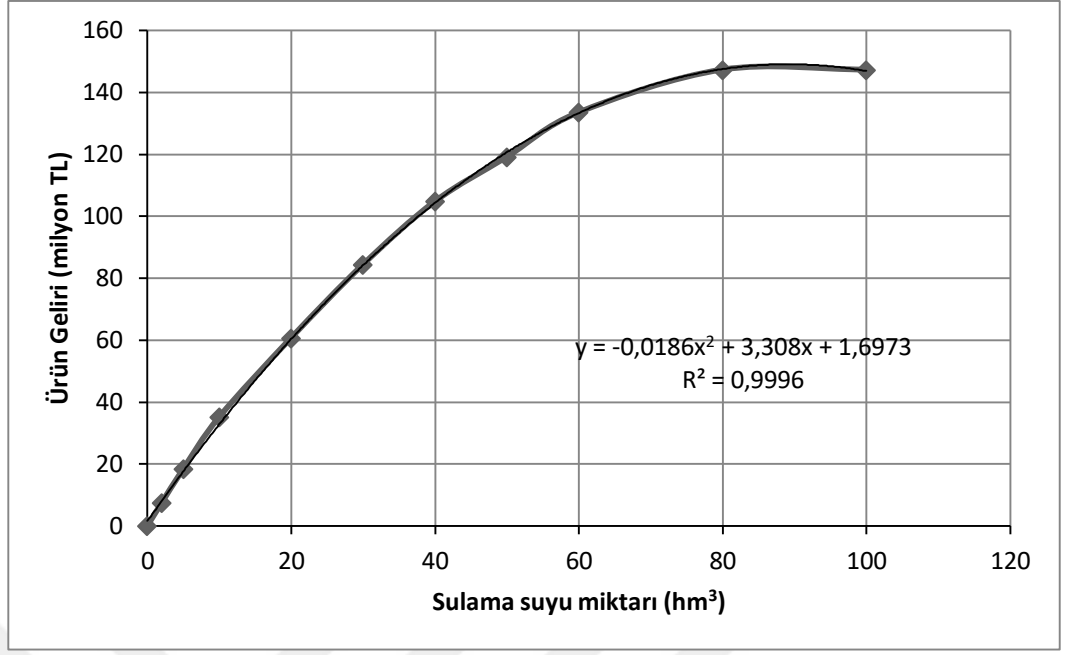
Çizelge 4.35. Sağ taraf değerleri (10 hm³)

Kısıtlar	Mevcut	Arttırılabilir miktar	Azaltılabilir miktar
2) Su kısıtı	10,000,000	2,391,000	2,377,000
3) 2. Ürün kısıtı	5,270	INF.	5,270
4) Bostan	2,000	INF.	2,000
5) Sebze	3,000	3,696	3,000
6) Meyve	6,500	2,713	2,729
7) Yem bitkisi	2,000	INF.	2,000
8) Havuç	8,000	INF.	4,011
9) Toplam alan kıs.	78,012	INF.	64,523

Sulama suyu kapasitesi en az 2,377 hm³ kadar azaltılabilirken, en fazla 2,391 hm³’e kadar çıkartılabilir. İkinci ürün ekim alanı, bostan, yem bitkisi alanları, havuç ve mevcut toplam ekim alanı arttırılamamaktadır.

4.5. Sulama Suyu Miktarı ile Ürün Geliri İlişkisi

Sulama kapasitesi ile ürün geliri kıyaslandığında 70 hm³’ su kapasitesi Kırıkhan sulama sahası için yeterlidir, daha fazla su miktarında net gelirden artış olmamaktadır. Sulama suyu miktarı ve gelir ilişkisi Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Sulama suyu kapasitesi ile ürün geliri ilişkisi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Su miktarı 70 hm³ olarak tanımlandığında Kırıkhan sulama sahasından elde edilebilecek maksimum gelir 147.09 milyon TL olarak hesaplanmıştır. Toplam ekim alanları ve su miktarı kapasitesinin tamamı kullanılmıştır.

Su miktarı 60 hm³ olarak tanımlandığında Kırıkhan sulama sahasından elde edilebilecek maksimum gelir 133.12 milyon TL olarak hesaplanmıştır. Toplam ekim alanları ve su miktarı kapasitesinin tamamı kullanılmıştır.

Su miktarı 50 hm³ olarak tanımlandığında Kırıkhan sulama sahasından elde edilebilecek maksimum gelir 119.12 milyon TL olarak hesaplanmıştır. Toplam ekim alanları ve su miktarı kapasitesinin tamamı kullanılmıştır.

Su miktarı 40 hm³ olarak tanımlandığında Kırıkhan sulama sahasından elde edilebilecek maksimum gelir 104.76 milyon TL olarak hesaplanmıştır. Toplam ekim alanları ve su miktarı kapasitesinin tamamı kullanılmıştır.

Su miktarı 30 hm³ olarak tanımlandığında Kırıkhan sulama sahasından elde edilebilecek maksimum gelir 84.39 milyon TL olarak hesaplanmıştır. Su yetersizliği nedeniyle ikinci ürün ekimi yapılamamaktadır.

Su miktarı 20 hm³ olarak tanımlandığında Kırıkhan sulama sahasından elde edilebilecek maksimum gelir 60.71 milyon TL olarak hesaplanmıştır. Su yetersizliği nedeniyle ikinci ürün ekimi yapılamamaktadır.

Su miktarı 10 hm³ olarak tanımlandığında Kırıkhan sulama sahasından elde edilebilecek maksimum gelir 35.17 milyon TL olarak hesaplanmıştır. Su yetersizliği nedeniyle ikinci ürün ekimi yapılamamaktadır.

Bu çalışmada amaç, sulama suyu miktarına bağlı olarak, belirli bir maliyetle en yüksek gelir mantığı ile şartlara en uygun ürün deseni oluşturmak ve üreticinin maksimum brüt geliri elde etmesini sağlamaktır. Çalışma alanında 70 hm³, 60 hm³, 50 hm³, 40 hm³, 30 hm³, 20 hm³ ve 10 hm³ olmak üzere toplamda yedi farklı sulama suyu kapasitesi için en yüksek geliri sağlayacak ürün deseni çıkarılmıştır.

Depolanabilir su miktarının olasılık analizi yapılarak, farklı olasılıklara göre kullanılabilir su miktarları hesaplanmıştır, hesaplamalar sonucunda modelin su kısıtına yönelik parametreleri belirlenmiştir. Çalışmada sonuç olarak, gelecek yıllar için, yağış miktarlarına göre ne kadar alanda hangi bitkinin ekiminin yapılması ve 2. ürün ekiminin

yapılıp yapılmayacağını, yapılırsa ne kadar alanda yapılması gerektiğini önceden belirleyen bir model elde edilmiştir. Çalışma alanımız olan Kırıkhan sulama sahasında geliri maksimum yapan su miktarı 70 hm³ olduğu görülmektedir.



KAYNAKLAR

- Altın, M. 2002. Şanlıurfa Harran Ovasındaki orta büyüklükteki işletmelerde yeterli ve kısıtlı su koşullarında sulama programlaması ve optimum bitki deseni. **Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek lisans tezi**, 72 s., Ankara.
- Balaban, A. 1986. Su Kaynaklarının Planlaması, **Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları** No:972, Ders kitabı no: 284. Ankara.
- Bakoğlu, H. 1999. Doğrusal Programlama, **Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No: 106**. Ege Üniversitesi basımevi, Bornova, İzmir.
- Benli, B. and Kodal S., 2003. A non-linear model for farm optimization with adequate and limited water supplies application to the south-east **Anatolian Project (GAP) region. Agric. Water Manage.** 62, 187–203.
- Benli, B. and Kodal, S. 2003. A non-linear model for farm optimization with adequate and limited water supplies Application to the South-east **Anatolian Project (GAP) Region Agricultural Water Management** 62 (2003) 187-203.
- Carvalho, D.F., Neto, D.H.O., Felix, L.F., Guerra, J.G.M. and Salvador, C.A., 2016, Yield, water use efficiency, and yield response factor in carrot crop under different irrigation depths. **Cienc. Rural** vol.46 no.7
- Chávez-Morales, J., Mariño, M.A. and Holzapfel, E.A., 1987. Planning model of irrigation district. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE** 113, 549–564.
- Demirer, Ö. ve Alkan, R.M. 2015. Disiplinlerarası Bir Yaklaşım Olarak Yöneylem Araştırmasının Mühendislik Uygulamalarında Kullanımı, **Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi** Cilt: 7, No: 1, 2015 (37-46)
- Doorenbos, J., and Kassam, A. H., 1979. Yield Response to Water. **FAO Irrig. and Drain. Paper** No: 3, 198 p., Rome.
- Evsahibioğlu, N. A. 1994. Mühendislik Matematiği. **Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları** No:1339. Ders Kitabı No:388
- Filippi, C., Mansini, R. and Stevanato, E., 2016. Mixed Integer Linear Programming models for optimal crop selection. **Computers & Operations Research**, 81. 10.1016/j.cor.2016.12.004.
- Hall, W. A. and Dracup, J. A., 1970. Water Resource Systems Engineering. **McGraw-Hill**, N.Y.
- Kızıloğlu, F.M., Kuşlu, Y., Şahin, Ü. ve Diler, S., 2006. Erzurum Daphan Ovası Sulama Sahasında Bitki Desenin Doğrusal Programlama Yöntemi ile Belirlenmesi, **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 37(1): 73-80.
- Kodal, S. 1996. Ankara Beypazarı ekolojisinde yeterli ve kısıtlı su koşullarında sulama programlaması işletme optimizasyonu ve optimum su dağıtımı. **Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları** 1465, Bilimsel Araştırma ve inceleme: 807, 69 s., Ankara.
- Kodal, S., Benli, B. ve Şelli, F. 2001. GAP Tahılalan Sulama Birliğinde küçük ölçekli tarım işletmecileri için, kısıtlı ve yeterli sulama suyu koşullarında optimum bitki deseni. **GAP II. Tarım Kongresi**, s. 705 -714, Şanlıurfa.
- Kumar, R. and Pathak, S.K., 1989. Optimal crop planning for a region in India by conjunctive use of surface and groundwater. **Int. J. Water Resour. Dev.** 5, 99-105.

- Mainuddin, M., Gupta, A.D. and Onta, P.R., 1997. Optimal crop planning model for anexisting groundwater irrigation project in Thailand. *Agric. Water Manage.* 33,43–62.
- Maji, C.C. and Heady E.O., 1980. Optimal reservoir management and crop planning under deterministic and stochastic inflows. *Water Resour. Bull.* 16, 438–443.
- Mannocchi, F. and Mecarelli, P., 1994. Optimization analysis of deficit irrigation systems. *Journal of Irrigation and Drainage, Engineering Division, ASCE* 120 (3), 484-503.
- Manos, B., Chatzinikolaou, P. and Kiomourtzi, F., 2013. Sustainable Optimization of Agricultural Production, *APCBEE Procedia* (5): 410-441.
- Martin, A.G., Gonzalo, G.G., Anton, A. and Esteller, L.J. 2015. Multi-stage linear programming model for optimizing cropping plan decisions under the new Common Agricultural Policy, *Land Use Policy* (48):515-524.
- Matanga, G. B. and Marino, M.A., 1979. Irrigation planning 1. Cropping pattern. *Water Resour. Res.*, 15: 672-678.
- Panda, S.N., Khepar, S.D., and Kaushal, M.P., 1996. Inter-seasonal irrigation system planning for waterlogged sodic soils. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* 122, 135–144.
- Rejani, R., Jha, M.K. and Panda, S.N., 2009. Simulation–optimization modelling for sustainable groundwater management in a coastal basin of Orissa, **India. Water Resour. Manageent.** 23, 235–263.
- Sarker, R. and Ray, T., 2009. An improved evolutionary algorithm for solving multiobjective crop planning models. *Comput. Electron. Agric.* 68, 191–199.
- Selenay, M. F. 2001. Fırat sulama suyu koşullarında sulama planlaması ve optimum bitki deseni. **Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Tarım bilimleri Dergisi.** no: 3, s. 149-155, Ankara.
- Singh, A., 2012 Optimal allocation of resources for the maximization of net agricultural return. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* (9):138, 830-836.
- Singh, D.K., Jaiswali, C.S., Reddy, K.S., Singh, R.M. and Bhandarkar, D.M., 2001. Optimal cropping pattern in a canal command area. *Agric. Water Manage.* 50, 1–8.
- Singh, A. and Panda, S.N., 2012. Development and application of an optimization model for the maximization of net agricultural return. *Agricultural Water Management* 115 (2012) 267– 275.
- Sönmez, B., Beyazgül, M., Küçükcoşkun, Ş., Uçar, İ., Caymaz, U., Tahmiscioğlu, M.S., Özer, N., Yılmaz, A., Bulut, İ., Bulut, F. ve Kolsuz, U.H., 2017. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri, **TAGEM-DSİ** Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Sönmez, F.K. ve Altın, M., 2004. Irrigation scheduling and optimum cropping pattern with adequate and deficit water supply for Mid-sized farms of Harran plain, *Pakistan Journal of Biological Sciences* 7 (8):1414-1418.
- Tülücü, K., 1997. Optimizasyon, Ç.Ü. **Ziraat Fakültesi Genel yayın** no:189 Ders Kitapları yayın no:18. Adana.
- Tülücü, K., 2002. Su Kaynaklarının Planlaması Ç.Ü. **Ziraat Fakültesi Genel yayın** no:175 Ders Kitapları yayın no:A-53. Adana.

- Tyagi, N. K. ve Narayana, V. V. 1984, Water use planning for alkali soils under reclamation, **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, ASCE, **110**(2), 192–207.
- Uzunkaya, K. ve Gül, M., 2017. Dinar Karakuyu Sulaması Sahası Tarımsal İşletmelerinin Doğrusal Programlama Yöntemi Kullanılarak Ürün Desenlerinin Planlanması. **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi** 21/2: 388-396 .
- Wardlaw, R., and Barnes, J., 1999. Optimal allocation of irrigation water supplies in real time . **J. Irrig. Drain. Eng.** 125 (6), 345-354.
- Zhang, S., Lee, L.H., Chew, ,E.P., Xu, J. and Chen, S.H., 2016. A simulation budget allocation procedure for enhancing the efficiency of optimal subset selection. **IEEE Trans. Autom. Control** (61):62-75.



ÖZGEÇMİŞ

Yazar 1992 yılında Hatay'ın İskenderun ilçesinde doğdu. İlkokul, ortaokul ve liseyi Hatay'da tamamladı. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünden 2014 yılında mezun oldu. Aynı sene Kıbrıs Türk Petrollerinde çalışmaya başladı, daha sonrada Demirok L.T.D. ve Mega Stil inşaat şirketinde çalışmaya başladı ve Mega Stil İnşaat şirketinde çalışmaya devam etmektedir.

