



T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

BOĞAZLIYAN SULAMA BİRLİĞİ SULAMA SAHASINDA
FARKLI BİTKİ DESENLERİNİN SU KAYNAĞI İHTİYACINA
ETKİLERİNİN TAGEM SÜET SİSTEMİ İLE BELİRLENMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hakkı ERGENE

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin ŞİMŞEK

TOKAT- 2024

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Prof. Dr. Hüseyin ŞİMŞEK’in danışmanlığında hazırlamış olduğum “Boğazlıyan Sulama Birliği Sulama Sahasında Farklı Bitki Desenlerinin Su Kaynağı İhtiyacına Etkilerinin TAGEM SUET Sistemi ile Belirlenmesi” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

03/04/2024

Hakkı ERGENE

JÜRİ KABUL VE ONAY

Hakkı ERGENE tarafından hazırlanan “**Boğazhyan Sulama Birliği Sulama Sahasında Farklı Bitki Desenlerinin Su Kaynağı İhtiyacına Etkilerinin TAGEM SUET Sistemi ile Belirlenmesi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 03 Nisan 2024 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzası

Üye (Başkan): Prof. Dr. Tekin ÖZTEKİN

.....

Üye : Prof. Dr. Hüseyin ŞİMŞEK

.....

Üye : Prof. Dr. Eyüp Selim KÖKSAL

.....

ONAY

...../...../.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlık aşaması boyunca yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Hüseyin ŞİMŞEK'e ve bu çalışmanın ortaya çıkmasında emekleri olan herkese teşekkür ederim.

Ayrıca desteğini ve sabırlarını hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşime, bu süreçte motivasyon kaynağım olan oğlum Oğuzhan ile kızım Zehra'ya sonsuz sevgi ve en içten teşekkürlerimi sunarım.

03/04/2024

Hakkı ERGENE

ÖZET

BOĞAZLIYAN SULAMA BİRLİĞİ SULAMA SAHASINDA FARKLI BİTKİ DESENLERİNİN SU KAYNAĞI İHTİYACINA ETKİLERİNİN TAGEM SUET SİSTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Ergene, Hakkı
Yüksek Lisans, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin ŞİMŞEK
Mayıs 2024, x + 42 sayfa

Dünyadaki su kaynakları her geçen gün artan nüfusun taleplerini karşılayamaz hale gelmektedir. Giderek artan talep karşısında yetersiz kalan nitelikli su kaynaklarının korunması gerekmektedir. Su tüketiminin fazla olduğu alanların başında ise tarımsal sulama vardır. Tarımsal sulamada uygulanan geleneksel yöntemlerin terk edilerek modern sulama yöntemlerinden faydalanılması ve kısıtlı su kaynağı ile en yüksek verim elde edilerek artan arzın karşılanması önemlidir. Sulama zaman planlaması, vejetasyon süresi boyunca bitkilerin su ihtiyaçlarının hesaplanarak en az su kaybı ile sulanmasının yolunu açmaktadır.

Bu çalışmada, Yozgat ili, Boğazlıyan ilçesi Boğazlıyan Sulama Birliği sulama sahasında TAGEM (Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü)'in hazırlamış olduğu TAGEM SUET (Sulama Yönetimi ve Bitki Su Tüketimi Sistemi) ile farklı bitki desenleri ve su kısıtı koşullarında standardize Penman-Monteith (Stz-PM) ve Blaney-Criddle yöntemlerine göre sulama programı hazırlanarak farklı bitki desenleri ve su kısıtlarının su kaynağı ihtiyacı ve kanal kapasiteleri üzerindeki etkileri tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Boğazlıyan Sulama Birliği, Sulama zaman planlaması, Sulama modülü, Standardize Penman-Monteith yöntemi, Blaney-Criddle yöntemi, TAGEM SUET

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT PLANT PATTERNS ON WATER RESOURCE NEED IN BOĞAZLIYAN IRRIGATION ASSOCIATION IRRIGATION FIELD USING THE TAGEM SUET SOFTWARE

Ergene, Hakkı

Master's Thesis, Division of Biosystems Engineering

Advisor: Prof. Dr. Hüseyin ŞİMŞEK

May 2024, x + 42 pages

Water resources in the world are becoming unable to meet the demands of the ever-increasing population. Qualified water resources, which are insufficient in the face of increasing demand, need to be protected. Agricultural irrigation is one of the areas where water consumption is high. It is important to abandon the traditional methods applied in agricultural irrigation and use modern irrigation methods and meet the increasing supply by achieving maximum efficiency with limited water resources. Irrigation scheduling paves the way for irrigating plants with minimum water loss by calculating their water needs throughout the vegetation period.

In this study, in the Boğazlıyan Irrigation Association irrigation area of Boğazlıyan district of Yozgat province, with TAGEM SUET (Irrigation Management and Plant Water Consumption System) prepared by TAGEM (General Directorate of Agricultural Research and Policies), irrigation programs can be made according to standardized reference evapotranspiration (Stz-PM) and Blaney-Criddle methods in different plant patterns and water constraint conditions. The effects of deficit irrigation conditions and different plant patterns on water resource needs and channel capacities are discussed.

Keywords: Boğazlıyan Irrigation Association, Irrigation scheduling, Irrigation module, Standardized reference evapotranspiration method, Blaney-Criddle method, TAGEM SUET

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ETİK SÖZLEŞME.....	İ
JÜRİ KABUL VE ONAY	İİ
ÖZET	İV
ABSTRACT.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	Vİİİ
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	İX
KISALTMALAR VE SİMGELER	X
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	8
3.1. MATERYAL	8
3.1.1. Araştırma yeri	8
3.1.2. Boğazlıyan Sulama Birliği çalışma sahası.....	8
3.1.3. İklim özellikleri.....	10
3.1.4. Bitki verileri.....	11
3.1.5. Topoğrafya ve toprak özellikleri.....	15
3.1.6. TAGEM SUET sistemi	15
3.2. YÖNTEM	17
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	22
4.1. BOĞAZLIYAN SULAMA BİRLİĞİ ÇALIŞMA ALANININ MEVCUT VE ALTERNATİF BİTKİ DESENİ İÇİN SULAMA SUYU İHTİYACI.....	22
4.2. BOĞAZLIYAN SULAMA BİRLİĞİ ÇALIŞMA ALANI İÇİN STZ-PM YÖNTEMİ İLE HAZIRLANAN ŞEKER PANCARI SULAMA PROGRAMI	29
4.3. BOĞAZLIYAN SULAMA BİRLİĞİ İÇİN BLANEY-CRIDDLE YÖNTEMİ İLE HAZIRLANAN ŞEKER PANCARI SULAMA PROGRAMI	33

4.4. BOĞAZLIYAN SULAMA BİRLİĞİ ÇALIŞMA ALANININ SULAMA MODÜLÜ VE SEZONLUK TOPLAM SULAMA SUYU İHTİYACI	35
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	37
KAYNAKLAR	39
ÖZGEÇMİŞ	42



ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Yozgat Boğazlıyan Sulama Birliği çalışma sahası (Anonim, 2019a)	9
Şekil 3.2. Boğazlıyan iklim şartları için çalışmada konusunda bulunan bitkilerin K_c değerleri	14
Şekil 4.1. Boğazlıyan iklim koşulları için farklı hesaplama yöntemlerinde referans bitki su tüketimleri	24
Şekil 4.2. Stz-PM yöntemi ile elde edilen şeker pancarı bitkisi su tüketimi	30
Şekil 4.3. Tam sulama suyu uygulamasında şeker pancarı bitkisi için Stz-PM yöntemi ile hazırlanan sulama programı	31
Şekil 4.4. Şeker pancarında Stz-PM yöntemine göre %25 kısıntılı sulama suyu uygulanması için hazırlanan sulama programı	32
Şekil 4.5. Şeker pancarında Stz-PM yöntemine göre %50 kısıntılı sulama suyu uygulanması için hazırlanan sulama programı	32
Şekil 4.6. Blaney-Criddle yöntemi ile hesaplanan şeker pancarı bitkisi su tüketimi.....	33
Şekil 4.7. Tam sulama suyu uygulamasında şeker pancarı bitkisi için Blaney-Criddle yöntemi ile hazırlanan sulama programı	34
Şekil 4.8. Şeker pancarında Blaney-Criddle yöntemine göre %25 kısıntılı sulama suyu uygulanması için hazırlanan sulama programı	34
Şekil 4.9. Şeker pancarında Blaney-Criddle yöntemine göre %50 kısıntılı sulama suyu uygulanması için hazırlanan sulama programı	35

ÇİZELGELER LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Boğazlıyan Sulama Birliği çalışma alanının mevcut bitki deseni (Anonim, 2019a)	11
Çizelge 3.2. Boğazlıyan Sulama Birliği çalışma alanı için hazırlanan alternatif bitki deseni	11
Çizelge 3.3. Mevcut ve alternatif bitki desenlerinde bulunan bitkiler için kullanılacak olan sulama yöntemi ve verileri.....	21
Çizelge 4.1. Çalışma konusunda bulunan bitkiler için hesaplanan net sulama suyu ihtiyaçları	26
Çizelge 4.2. Çalışma konusunda bulunan bitkiler için hesaplanan toplam sulama suyu ihtiyaçları	26
Çizelge 4.3. Boğazlıyan Sulama Birliği çalışma alanında bulunan mevcut bitki deseni için hesaplanan toplam hacimsel sulama suyu ihtiyacı	27
Çizelge 4.4. Çalışma konusu alternatif bitki deseni için hesaplanan toplam hacimsel sulama suyu ihtiyacı.....	27
Çizelge 4.5. Şeker pancarı bitkisi için Stz-PM ile hazırlanan sulama programı girdileri	30
Çizelge 4.6. Boğazlıyan Sulama Birliği çalışma alanının sulama modülü ve sezonluk toplam sulama suyu ihtiyacı	36

KISALTMALAR ve SİMGELER

Stz-PM	: Standardize edilmiş Penman-Monteith Yöntemi
TAGEM	: Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü
TAGEM SUET	: Sulama Yönetimi ve Bitki Su Tüketimi Sistemi
IRIS	: Sulama Zaman Planlaması Bilgi Sistemi (Irrigation Scheduling Information System)
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
K_c	: Bitki katsayısı
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
ET_o	: Referans Bitki su tüketimi (mm/gün)
ET_a	: Kısıntılı su koşulları için bitki su tüketimi (mm/gün)
ET_m	: Kısıntılı su koşulları için en yüksek bitki su tüketimi (mm/gün)
ET_c	: Bitki su tüketimi (mm/gün)
CTP	: Cam elyaf takviyeli boru
R_y	: Kullanılmasına izin verilen elverişli kapasite oranı
K_y	: Su-verim tepki etmeni

1. GİRİŞ

Bitkiler gelişmek için güneş ışığına, havadan CO₂'e, topraktan ise su, mineral ve diğer besin maddelerini almaya ihtiyaç duyar (Kumlay ve Eryiğit, 2011). Bitkinin en önemli ihtiyaçlarından biri olan suyun, büyüme mevsimi boyunca bitki kök bölgesinde bulunması bitki gelişiminin normal seviyede olması için önem arz etmektedir. Bitki kök bölgesinde ihtiyaç duyulan bu nemi sağlayan kaynakların başında doğal yağışlar gelmektedir. Ortalama yağış miktarı düşük olan iklim bölgelerinde bitki büyüme mevsimi boyunca meydana gelen yağışlar yetersiz kalmakta ve bitkinin ihtiyacı olan su miktarını karşılayamamaktır. Yağışlarla karşılanamayan bu kısmın bitki kök bölgesine su verilmesi yoluyla oluşan nem açığının tamamlanmasına sulama denilmektedir (Güngör ve ark., 2018).

Karadeniz Bölgesinde bulunan kısıtlı bir alan dışında ülkemizin tüm bölgeleri kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer aldığından, ülkemizde bitki büyüme mevsimi boyunca oluşan yağışlarla karşılanamayan nemin sulamayla karşılanması bitkisel üretimin sürdürülebilirliği açısından önemlidir (Gürgülü ve Ul, 2017).

Sulama yönetimindeki iki önemli aşamadan birincisi kaynaktan alınan suyun alana getirilmesi ve bitkiye ulaştırılmasında kullanılan sulama sisteminin doğru biçimde planlanarak tesis edilmesidir. İkinci aşama ise tesis edilen sistemlerin doğru şekilde işletilmesidir. Tesis edilen sulama sistemlerinin işletilmesi ve sulama suyu ihtiyacının belirlenmesinde çeşitli parametrelerden faydalanılabilir. Bu kapsamda su ihtiyacının belirlenmesinde toprak ve mevcut su durumunun takibi, bitkide meydana gelen fiziksel belirtilerin izlenmesi ve iklim verilerinin ölçülmesi kullanılabilir (Köksal ve Yıldırım, 2011).

Yağışların azlığı toprak neminin azalmasına ve sulama suyu ihtiyacının artmasına neden olurken, su kaynaklarının kısıtlı olması bitkisel üretimin sürdürülebilirliğini riske atmaktadır. Doorenbos ve Kassam (1979), özellikle su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde, su kaynaklarından en iyi biçimde yararlanmak için bitki büyüme mevsimi boyunca ya da bitkinin topraktaki nem eksikliğine dayanıklı olduğu dönemlerde, su

ihtiyacının tam karşılanması yerine eksik karşılanması ile sulama suyundan tasarruf sağlanabileceğini ifade etmiştir. Bu koşulda, birim alan başına verimde azalma olmasına karşın mevcut su kaynağı ile daha geniş alanların sulanabileceğini ve toplam sulanan alandan daha fazla ürün elde edilebileceğini bildirmişlerdir.

İklim değişikliği ve kurak koşullar göz önünde bulundurulduğunda yapılan araştırma ve çalışmaların vardığı sonuç; tarımda su kullanım verimliliğinin artırılmasının önem arz ettiği aksi takdirde su kaynaklarının azalması yönünde olacağı şeklindedir (Çetin ve Akalp, 2019). Bu da tarımın su tasarrufu sağlamak bakımından yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamak ve birim alandan düşük girdi ile en yüksek verimi elde edebilmek için sulama programlamasına başvurmamız gerekmektedir (Gençel, 2009).

Sulama programı ise, her sulamada ne kadar su verileceği ve ne zaman sulama yapılacağını belirleyen işlemdir. Her bitki için toplam sulama suyu gereksinimleri ve üretim sezonu içerisinde, bitkilerin dönemsel olarak farklı su ihtiyaçları olduğundan bu dönemlerdeki sulama ihtiyaçları belirlenerek sulama aralıkları hesaplanır. Etkili yağış verileri de hesaba katılarak sulama programı oluşturulur (Yıldırım, 2022). Uygun biçimde oluşturulmuş bir sulama programı ile su, enerji ve gübre gibi üretim girdilerinin etkin kullanımları sağlanır. Ayrıca böyle bir uygulama, sulama ile toprak işleme ve kimyasal savaşım gibi diğer çiftlik etkinliklerinin birleştirilmesine olanak sağlar. Geliştirilmiş bitki verimi ve niteliği, su ve enerji korunumu ve daha düşük üretim maliyetleri gibi işlevler de uygun bir sulama programının yararları arasında sayılmaktadır.

İyi bir sulama programı için hesaplamalar bitkiden başlayarak tüm alana yayılmalıdır. Çevresel faktörler, toprak ve su kaynağı özellikleri dikkate alınarak; sulama alanında yer alan bitkilerin toplam su ihtiyaçları belirlendikten sonra kaynaktan alınan su yüksek iletim randımanlı sistem ile uygulama randımanı yüksek sulama yöntemi kullanılarak bitki kök bölgesine iletilmelidir (Kodal ve Ahi, 2018).

En önemli üretim girdilerinden olan sulama suyundan uygun planlama ile yüksek randımanda fayda sağlamak amaçlanmaktadır. Bunu da kısıntılı sulama ile yapmaktadır. Bitkilere iletilecek olan suyun planlı olarak azaltılarak bitkiye verilmesine kısıntılı sulama denilmiştir (English ve ark., 1990; Trimmer, 1990). Kısıntılı sulama, üretim aşamasında bitkilere ihtiyaç duydukları suyun tamamını vermeyerek maliyeti azaltıp geliri arttırmayı amaçlayan stratejik sulama yöntemi olarak ifade edilmiştir (English ve Raja, 1996).

Günümüzde kısıntılı sulama dünyanın birçok alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Sarwar ve Perry (2002) bitki su ihtiyacının %60'ının karşılanması halinde verimde %15'lik azalma olduğunu bildirmiştir.

Araştırmacılar kısıntılı sulamayı birçok özel durumda analiz ederek, bu tekniğin tarımda geliri arttırdığı sonucuna varmışlardır. Bu yaklaşım biçimi literatürde Kısmi Sulama (Partial Irrigation (PI)), Düzenli Kısıntılı Sulama (Regulated Deficit Irrigation (RDI)) ve Sınırlı Sulama (Limited Irrigation (LI)) gibi ifade edilmiştir (English ve ark., 1990).

Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri Rehberi 2017 yılında hazırlanmıştır. Rehberdeki veri tabanına ek bazı verilerin eklenmesi ile TAGEM SUET Sistemi hazırlanmış olup bu sistemde Bitki Su Tüketimi (ET_c) hesaplamaları, Sulama Programlama, Sulama Modülü ve Planlama yapılmaktadır.

Yeterli su bulunduğu koşullar göz önüne alındığında sulanan bitkilerin, bitki besin elementleri ve iklim isteklerinin karşılanmasıyla etkili kök derinliğinde bulunan nem miktarının artmasına paralel olarak verimde belirli miktarda artış gözlemlenmektedir. Etkili kök bölgesinde bulunan nem miktarı ile sulanan bitkiye bağlı olarak belirli seviyelerde en yüksek verim elde edilmektedir. Ancak bu sınırın üzerindeki nem drenaj olmadığı koşullarda verimde düşüşe neden olmaktadır (Yıldırım, 1993). Sulama sıklığı ve farklı sulama suyu miktarları toprak su dengesini değiştirmekte, bu da meyve kalite ve verimini etkileyebilmektedir (Simone ve ark., 2006).

Sulama hesaplamaları için kullanılan diğer verilerde olduğu gibi sulama suyu ihtiyacı da derinlik birimi olan mm ile tanımlanır. Su miktarının derinlik olarak ifade edilmesindeki amaç sulanacak alanın yüz ölçümünden bağımsız hareket edebilmektir. Eğer sulama miktarı derinlik olarak değil de debi olarak ifade edilecek olursa sulanacak alanın yüz ölçümü ve suyun ne kadar süreyle akacağına bilinmesi gerekir. Bu da birçok debi hesabı gerektirir. Bunun sonucunda projelerde sulanacak birim alan debisi hesaplanmaya başlanır. Bir sulama alanında birim alanın sulama suyu ihtiyacının karşılanabilmesi için gerekli olan sürekli debiye sulama modülü denir. Daha kısa bir tanımla, sulama yapılacak olan 1 hektarlık arazinin sulanması için gerekli olan l/s cinsinden debidir (Kara, 2011).

Sulama suyunun akış süresi olarak ürün desenindeki bitki gelişim süresi esas alınıp hesaplanan modüle ortama modül denir. Sulama projeleri iletim dağıtım elemanlarının kapasite tayininde en yüksek su tüketiminin olduğu ay dikkate alınarak hesaplanan sulama modülüne en yüksek modül, en düşük su tüketiminin olduğu aya göre hesaplanan sulama modülüne ise en düşük modül denir (Kara, 2011).

Bu çalışmada, Yozgat'ın Boğazlıyan ilçesinde bulunan Boğazlıyan Sulama Birliği çalışma alanında yetiştiriciliği yapılan bitkilerin Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü'nün geliştirmiş olduğu Sulama Yönetimi ve Bitki Su Tüketimi Sistemi TAGEM SUET Sistemi ile referans bitki su tüketimi (ET_o) hesaplamaları yapılmış, sulama programı hazırlanmış, sulama modülü hesaplamaları yapılmış ve elde edilen sonuçlar tartışılmıştır. Ayrıca TAGEM'in geliştirmiş olduğu TAGEM SUET Sistemi ile Boğazlıyan Sulama Birliği çalışma alanı bitki deseninde bulunan ürünler için tam su uygulaması, %25, ve %50 su kısıtı koşullarında sulama programı hazırlanmış ve sulama modülü hesaplanmıştır. TAGEM SUET kullanılarak Stz-PM ve Blaney-Criddle yöntemleri ile elde edilen ET_c verileri karşılaştırılmıştır. Su kısıtlarının su kaynağı ihtiyacı ve kanal kapasiteleri üzerine etkileri tartışılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Su kaynaklarının korunması, toplum yararı için en iyi ve verimli şekilde sunulması, çağımızda birçok ülkenin önde gelen amaçları arasında yer almaktadır. Su kaynaklarının ortalama %70'i sulama amacıyla tarımda kullanılmaktadır. Son yıllarda ülkemizin hemen her bölgesinde etkisini arttıran kuraklık, yer üstü ve yer altı su kaynaklarını olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca tarımda su kullanımında işçilik maliyetleri ve artan enerji masrafları sebebiyle su tasarrufu yapmak zorunlu hale gelmektedir (Gençel, 2009).

Su kaynaklarının verimli kullanılmasında önemli rol oynayan sulama birlikleri çalışma sahalarında üretim alanlarına su iletmekle görevlidir. Bu amaçla haftalık, on günlük, yirmi günlük gibi farklı aralıklarda su dağıtım programı hazırlanmaktadır. Çalışma alanında, iyi bir su dağıtım planlaması, sulama programlaması ve uygulaması sulama birliğinin başarısıyla doğru orantılıdır. Bu başarıda mühendis ve teknisyenlerin tecrübeleriyle beraber sulama işçileri ile olan ilişkileri de önemli rol oynamaktadır. Bununla birlikte sulama birlikleri sulamanın verimli şekilde yapılabilmesi için sulama zamanı ve miktarının iyi planlanmasını sağlayarak bitkilerde su stresi oluşumunun engellenmesi ile fazla sulamanın toprakta bulunan mineralleri yıkanmasının önüne geçilmesinde etkin rol oynar (Kendirli, 2001).

Sulama zaman planlamasındaki temel amaç uygulanacak sulama suyu miktarının ve zamanının, kaynakları en iyi şekilde kullanarak bitkiye ulaştırılmasıdır. Bahsedilen kaynakların verimli şekilde kullanılabilmesi için çalışma konusu olan bitki ve toprak hakkında bazı bilgilerin bilinmesi gereklidir. Bunlar; ET_c , her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı, sulayamaya başlanacak toprak nem seviyesi, toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesi ve ıslatılacak toprak derinliği olarak sıralanabilir. Yeterli su bulunması durumunda bitkileri toprak neminin kritik seviyeye düşmeden tarla kapasitesine çıkaracak kadar su uygulanması gerekmektedir (Gürgülü, 2007).

Son yıllarda gelişen sulama teknolojileri, sulama zamanının ve bitki su ihtiyacının belirlenmesinde, yüksek kapasiteli bilgisayarların verinin işlenip saklanması için sulama işletmeciliğinde kullanılmasına imkân sağlamıştır (Tuyulu ve Ul, 2015).

Isparta ilinde elma ağaçları için IRSIS programı kullanılarak farklı toprak ve nem koşullarında sulama programı hazırlanmıştır. Program kapsamında tüm toprak ve nem koşulları için en uygun sulama programı belirlenmiş; daha sonra kurak yılların verilerinden faydalanarak o dönemki sulama suyu miktarlarının %80, %60 ve %40'ı alınarak sulama programları yapılmıştır (Uçar, 2010).

Asartepe Sulama Birliği Alanında Planlı Su Dağıtım Esaslarının Belirlenmesi isimli çalışmada birliğin ürün desenini oluşturan yonca, domates, bağ, mısır ve buğday bitkileri için IRSIS programı yardımı ile sulama zaman planlamaları hazırlanmıştır. Bu çalışma ile hali hazırda uygulanan sulama programına göre kısıtlı su koşullarında bitkilerin dönemsel olarak farklı su ihtiyaçları göz önünde bulundurularak daha adil bir sulama programı hazırlanabilmektedir. Böylelikle mevcut su daha verimli kullanılarak kısıtlı sulama koşullarında gereksiz strese neden olmadan aşırı su uygulamasının önüne geçilmiştir. Ayrıca mevcut sulama programına kıyasla daha yüksek verim elde edilerek kısıtlı sulama koşullarında çiftçiler arasında verim kaybının adil olduğu bir su dağıtım planlaması yapılabilmektedir (Koçak Tahmaz, 2006).

Kısıtlı koşullarda su stresinin bitkiler üzerindeki etkilerini tahmin eden programların sulama için önemli bir araç olabileceğini belirten Cavero ve ark. (2000), yaptıkları çalışmada belirli verilerle bitki büyüme dönemlerinde bitki gelişimini tahmin edebilen EPICphase ve CROPWAT programlarından faydalanarak mısır bitkisini değerlendirdiklerini, yaptıkları çalışma neticesinde CROPWAT'ın sulama yönteminde ET'yi fazla tahmin etmesine karşılık EPICphase'in ET'yi daha sağlıklı tahmin ettiği sonucuna varmışlardır.

Kaya (2010), Erzurum yöresinde patates bitkisi için CROPWAT ile aynı amaca hizmet eden AZSCHED sulama programı ile yaptığı çalışmada üretim sezonu boyunca sulama sayısını 12 bulmasına karşılık CROPWAT sulama programı ile 10 ve Erzurum bölgesinde yapılmış olan çalışma sonucunda 9 olarak tespit edildiğini bildirmiş ve aradaki farklılıkların, iklim, su tutma kapasitesi ve bitki kök derinliği için farklı değerlerin kullanılmasından kaynaklandığını eklemiştir. Kartal ve ark. (2019) Tarsus Bölgesinde patlıcan bitkisi için yaptıkları çalışmada, 2013 ve 2014 yıllarının teorik verileri ile

CROPWAT yazılımını kullanarak yaptıkları karşılaştırmadan çıkan sonuçların uyum içerisinde olduğunu belirtmişlerdir.

Erzurum şartlarında yapılan bir çalışmada CROPWAT ile kuru, normal ve yağışlı mevsimler için ayrı ayrı hesaplamalar yapılarak bitki deseni oluşturulmuştur. En yüksek geliri sağlayan bitki deseni 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 belirlenmiştir (Şahin ve Hanay, 1996).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yeri

Araştırma alanı, Yozgat ilinin Boğazlıyan ilçesinde bulunan Yozgat Boğazlıyan Sulama Birliği Sulama sahasıdır. Boğazlıyan Sulama Birliği 1996 yılında Bakanlar Kurulu kararınca kurulmuştur. Aynı yıl içerisinde Uzunlu Sulama Tesisi, DSİ 12. Bölge Müdürlüğü ile devir sözleşmesi imzalanarak Boğazlıyan Sulama Birliğine devredilmiştir (Anonim, 2019b). Birliğin sulama alanı Boğazlıyan ilçe merkezi ile bu ilçeye bağlı Uzunlu beldesi, Çalapverdi mahallesi, Güveçli, Bahariye ve Başhoroz köylerini kapsamaktadır (Anonim, 2019a).

Boğazlıyan Sulama Birliği 1996 yılında açık kanal sistemi ile hizmete başlamasının ardından geçen yıllar içerisinde kanaletlerin tahrip olması ve su iletim randımanının düşmesiyle kullanılamaz hale gelmiştir. 2019 yılı içerisinde hazırlanan Türkiye Sulama Modernizasyonu Projesi bünyesinde bulunan Yozgat-Boğazlıyan-Uzunlu Sulaması Yenileme Projesi ile basınçlı sulama sistemlerine geçilmeye başlanmış olup yapımı devam etmektedir (Anonim, 2019b).

3.1.2. Boğazlıyan Sulama Birliği çalışma sahası

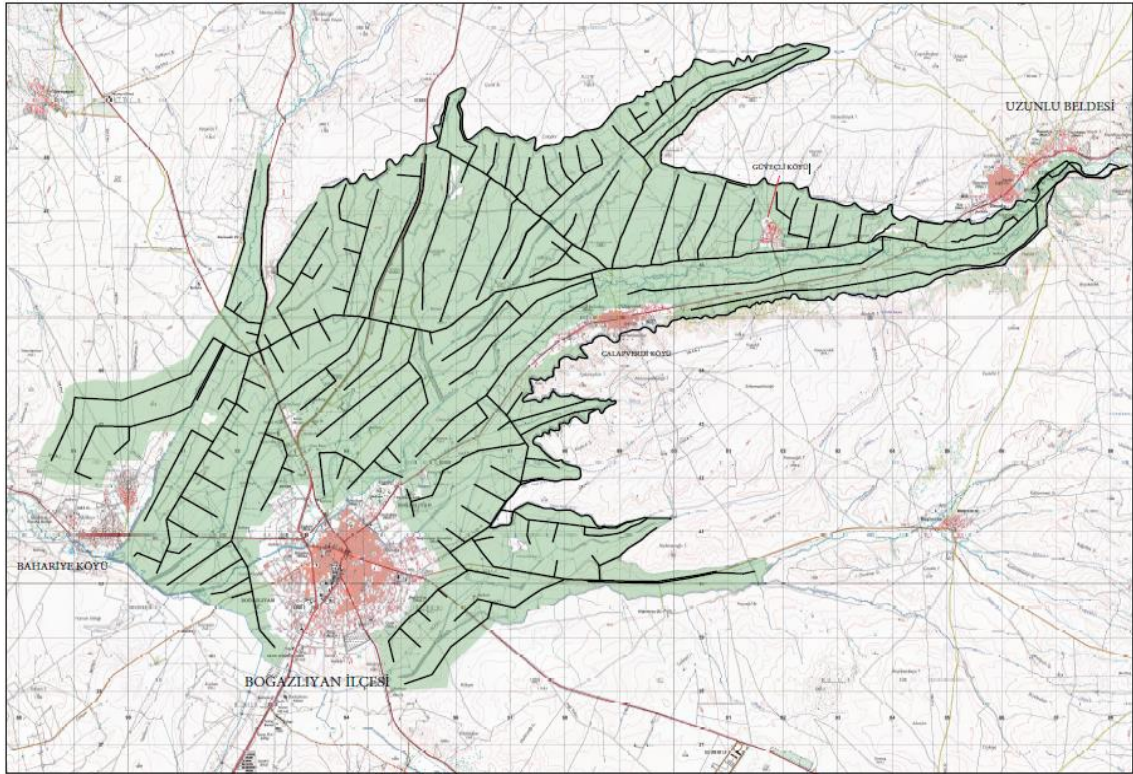
Boğazlıyan Sulama Birliğinin su kaynağı Delice Irmağının kollarından olan Kozanözü Deresi sularının depolandığı Uzunlu Barajıdır. Barajın doğusunda Güllü Dağı (1 397 m), batısında Eğri Dağ tepeleri (1 533 m), kuzeyinde Güvencik Dağı (1 605 m) ve güneyinde Keklice Dağı (1 350 m) bulunmaktadır. Sulama sahasının ortalama yüksekliği 1100 m'dir (Anonim, 2019a).

Yozgat ili Boğazlıyan ilçesi sınırları içerisinde bulunan Boğazlıyan Uzunlu Barajı 1979-1996 yılları arasında inşa edilmiştir. Kozanözü Deresinden beslenen baraj, sulama ve taşkın koruma amacıyla yapılmıştır. Barajın toprak tipi olan gövdesinin hacmi 4.3 hm³ ve

yüksekliği 50 m'dir. En düşük ve en yüksek işletme kotları sırasıyla 1 153.8 m ve 1 179.7 m olan barajın işletme hacmi 6 289 hm³ ile 48 229 hm³ arasındadır. Sulama alanı 7 220 ha olan Uzunlu Barajının dipsavak kapasitesi 62.9 m³/s ve dipsavak çıkış kotu 1 135 m'dir (Anonim, 2019b).

Boğazlıyan Uzunlu Barajı sulama sistemi bilgileri incelendiğinde; sağ ve sol sahil sulama alanları sırasıyla 4 679 ha ve 2 543 ha'dır. Sağ ve sol sahil ana kanal kapasiteleri de sırasıyla 3 900 l/s ve 2 160 l/s'dir. Sağ ve sol sahil ana kanal uzunlukları ise sırasıyla 26 286 km ve 27 046 km'dir. Sulama sisteminin yedek kanalet uzunluğu 137 000 m olup, tersiyer kanalet uzunluğu 86 600 m'dir. Boğazlıyan Uzunlu Barajı sulama sistemi ile 7 220 ha tarımsal alan sulanması planlanmıştır (Anonim, 2019b).

Boğazlıyan Sulama Birliği ilçe merkezinin birçok mahallesine tarımsal amaçlı su ulaştırabilmektedir. Ayrıca Uzunlu, Çalapverdi ve Bahariye köyleri de çalışma alanı içerisinde (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Yozgat Boğazlıyan Sulama Birliği çalışma sahası (Anonim, 2019a)

Ekonomik ve fiziki olarak verimliliğini kaybeden, eski teknoloji ile yapılmış olan sulama sisteminin yenileme ihtiyacı doğmuş ve 2019 yılında hazırlanan Türkiye Sulama Modernizasyon Projesinin alt projesi olan Yozgat-Boğazlıyan-Uzunlu Sulaması Yenileme Projesi hazırlanarak tesis edilmeye başlanmıştır. 3 yıl içerisinde bitirilmesi planlanan proje ile hali hazırda tahrip olmuş kanalların gömülü, basınçlı borularla değiştirilmesi planlanmıştır.

Yozgat-Boğazlıyan-Uzunlu Sulaması Yenileme Projesi ile açık kanallardan basınçlı sulama sistemine geçilecektir. Hazırlanıp uygulamaya konulan projede toplam ana boru uzunluğu 21 938 m, yedek ve tersiyer boru uzunlukları 189 821 m olacaktır. Brüt alanı 8 000 ha olan Uzunlu Sulaması Yenileme Projesinde ana boru başlangıç debisi 4 640 l/s olacağı hesaplanmıştır. Yapılan debi hesabına göre ana boru başlangıç çapı 2 000 Ø (CTP) olarak belirlenmiştir. Sulama modülü ise 0.51 l/s/ha hesaplanmıştır (Anonim, 2019b).

3.1.3. İklim özellikleri

Yozgat'ta, İç Anadolu Bölgesi'nin yarı kurak karasal iklimi hâkimdir. Deniz etkisine kapalı olduğundan, yazları sıcak ve kurak; kışlar soğuk ve yağışlı geçer. Gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkları yüksektir. Ancak, Çekerek Vadisi az da olsa Karadeniz ardı ikliminin etkileri göstermektedir (Anonim, 2021).

Çalışma alanının bulunduğu Yozgat'ın Boğazlıyan ilçesinde en fazla yağışın düştüğü ay 55.3 mm ortalama ile nisan ayı, en az yağışın düştüğü ay ise 4.4 mm ortalama ile ağustos ayıdır. Boğazlıyan Meteoroloji İstasyonu'nun 1964-2010 yılları arasındaki ölçüm değerlerine göre yıllık ortalama sıcaklık 9.4 °C'dir. Sıcaklığın en yüksek olduğu ay 20.6 °C ortalama ile temmuz, en düşük olduğu ay ise -2.0 °C ortalama ile ocak ayıdır. Rezervuar sahası ortalama sıcaklığı ise yıllık 11.5 °C'dir. Aynı istasyondan 1985-2010 yılları arasında elde edilen buharlaşma değerlerine bakıldığında, yıllık ortalama buharlaşma 995.4 mm'dir. En yüksek buharlaşma ise 222.3 mm ortalama ile temmuz ayında olmaktadır (Anonim, 2019a). Boğazlıyan, Köppen İklim Sınıflandırmasına göre kışı ılık, yazı sıcak ve kurak iklimi (Csb) yansıtmaktadır (Bölük, 2016).

3.1.4. Bitki verileri

Bu başlıkta Boğazlıyan Sulama Birliği çalışma alanı bitki deseni, iklim ve toprak istekleri açısından incelenmiştir. (Çizelge 3.1-3.2).

Proje sahasında 7 220 ha sulanabilir alan bulunmaktadır. Birlik sulama sahasında nadas alanları yıllara göre değişmektedir. 2019 yılı üretim sezonunda kuraklık nedeniyle ancak 1 595 ha'lık alana su sağlanabilmiştir.

Tez çalışmasında kaynak kapasitesinin tamamının kullanıldığı varsayılarak 2022 yılı bitki deseni ve buna alternatif olabilecek bitki deseni için sulama programı hazırlanmıştır. Aşağıda çalışma alanı bitki deseninde yer alan bitkiler, iklim ve toprak istekleri açısından incelenmiştir.

Çizelge 3.1. Boğazlıyan Sulama Birliği çalışma alanının mevcut bitki deseni (Anonim, 2019a)

Bitki	Yüzde (%)	Alan (da)
Buğday	62	44 776.4
Arpa	20	14 444.0
Şeker Pancarı	9	6 499.8
Yonca	1	722.2
Çayır	6	4 333.2
Domates	2	1 444.4
Toplam	100	72 220.0

Çizelge 3.2. Boğazlıyan Sulama Birliği çalışma alanı için hazırlanan alternatif bitki deseni

Bitki	Yüzde (%)	Alan (da)
Şeker Pancarı	33	23 832.6
Ayçiçeği	13	9 388.6
Patates	17	12 277.4
Mısır	10	7 222.0
Yonca	5	3 611.0
Arpa	5	3 611.0
Buğday	14	10 110.8
Domates	3	2 166.6
Toplam	100	72 220.0

Buğday ve arpa birçok iklim bölgesine adapte yeteneğine sahip olmasına rağmen fazla sıcaklık ve nemden hoşlanmayan serin iklim tahıllarıdır. Drenajı yeterli killi tınlı topraklar bu bitkiler için en uygun topraklardır (Anonim, 2016). Bununla birlikte arpanın buğdaya kıyasla toprak ve iklimi tolere yeteneği daha yüksektir.

Şeker pancarının, ekimi sonrasındaki süreçte sıcaklıkların 7 °C'nin üzerinde olduğu, nispi nemin % 60-70 aralığında seyrettiği ve yeterli güneşlenme süresinin sağlandığı şartlarda iklimsel olarak ihtiyaçları karşılanmış olur. Vejetasyonun ilk döneminde 4 °C ve altındaki sıcaklıklar bitkiye zarar verebilir. Şeker pancarı ekilecek olan tarlada toprağın sıkışmış olmaması gerekmektedir. Yetiştiriciliği yapılan tarlalarda münavebe uygulamasıyla beraber derin sürüm yapılması kök verimini olumlu yönde etkileyecektir (Yüce Kökten, 2023).

Çok yıllık bir bitki olan yonca ılık ve serin iklim bölgelerinde daha iyi gelişir. Kurak yaz aylarında ve soğuk kış aylarında uyku halindedir. Sulandığı takdirde İç Anadolu bölgesinde 4-5 biçim yapılabilir. Toprak yönünden seçici olmamakla birlikte derin, nemli ve drenajı iyi topraklar gelişimini olumlu yönde etkiler (Kara ve Sebahattin, 2012).

Çayır mera bitkisi (Çayır Üçgülü), yeşil alan bitkisidir ve toprak koruma amaçlı kullanılabilir. Ülkemizde Çayır Üçgülü, Ak Üçgül ve Anadolu Üçgülü çeşitleri yaygındır. Serin ve nemli iklimleri severler. Su tutma kapasitesi yüksek, drenaj kabiliyeti olan topraklarda iyi gelişim gösterirler (Kara ve Sebahattin, 2012).

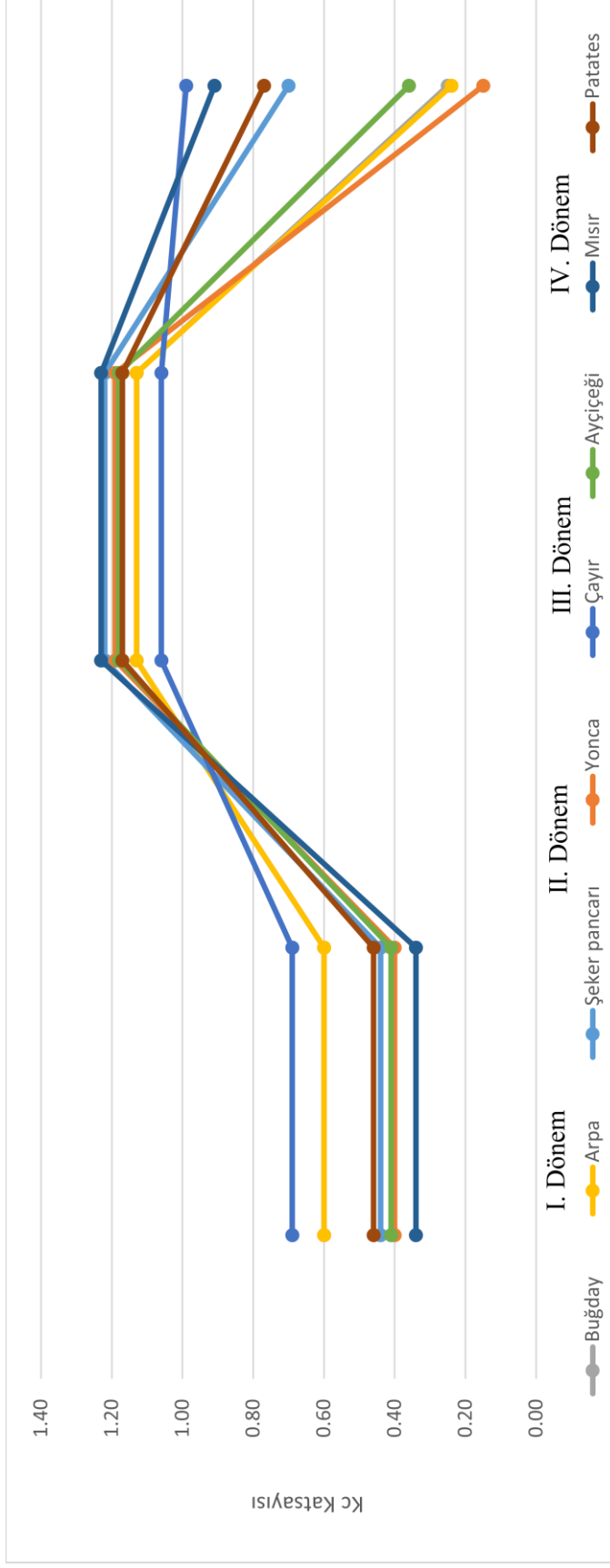
Patates, 14-16 haftalık gelişme dönemi boyunca, 15-21 °C sıcaklıkta toplam yağış miktarı 375 mm olan bölgelerde su uygulamasına gerek kalmadan yetiştirilebilir. Patatesin yumru gelişme dönemi ile çiçeklenme dönemi sonuna kadar su ihtiyacı fazladır. Uygun sulama programı ile yumru verimi ve kuru madde miktarı arttırılabilir. Patates, ağır topraklarda yetiştirilecek ise sonbahar mevsiminde toprak 20-25 cm derinlikte sürülmelidir. Tarlaya fazla alet ve makine sokmak toprakta sıkışmaya sebep olacağından bitki gelişimini olumsuz etkileyecektir (Er ve Başalma, 2018).

Mısır bitkisi kuraklığa karşı dayanıksızdır. Yağışların düzensiz veya yetersiz olduğu yörelerde sulanması gereklidir. Ayrıca kaliteli ürün elde edilebilmesi için nem oranının da yüksek olması önemlidir. Toprak açısından fazla seçici değildir ancak fazla killi veya kumlu topraklarda verimi düşer (Ekiz ve Sancak, 2018).

Ayçiçeği kuraklığa, yüksek taban suyuna ve tuzluluğa dayanıklıdır. Yetiştirme süresi boyunca 700-800 mm suya ihtiyaç duyar. Diğer bitkilerde olduğu gibi ayçiçeğinin de çiçeklenme döneminde su ihtiyacı artar. Uygun bir sulama programıyla verimi %100'e kadar arttırılabilir (Er ve Başalma, 2018).

Bu veriler ışığında sulama programı hazırlanacak alternatif bitki desenini oluşturan bitkilerin iklim ve toprak isteklerinin bölgenin sağladığı şartlar ile uyumlu olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte uygulanacak olan kültürel işlemlerin randımanı da, verim üzerinde etkin rol oynayacaktır.

Bu tez çalışmasında, bitki desenini oluşturan bitkilerin tamamı için TAGEM SUET'te kayıtlı K_c katsayıları kullanılmıştır (Şekil 3.2). Bitkilerin büyük bir bölümünde K_c değeri, çimlenme döneminde küçük değerlerden başlar, ilerleyen süreçte artarak devam eder ve en yüksek değere ulaşır, belirli bir süre en yüksek değerde kaldıktan sonra olgunlaşma döneminden yetiştirme sezonunun sonuna kadar azalır.



Şekil 3.2. Boğazlıyan iklim şartları için çalışmada bulunan bitkilerin K_c değerleri

3.1.5. Topoğrafya ve toprak özellikleri

Araştırma bölgesi, genel olarak alüvyal ve kolüvyal topraklardan meydana gelmektedir. Alüvyal topraklar, etüt sahasının genelini teşkil etmektedir. Kolüvyal topraklar ise kuzey güney yönünde uzanmaktadır. Bünyeleri ağır ve orta yapıdadır (Anonim, 2019a). Tez çalışmasında bölgenin tamamını temsil etmesi açısından ve TAGEM SUET ile yapılacak olan program için killi toprak yapısı seçilmiştir (Anonim, 2019a).

Çalışma alanında bulunan taban arazilerinde eğim derenin akış yönünde % 0-2 arasındadır. Yer yer eğim yönü ile sulanamayacak araziler mevcuttur. Bu araziler tespit edilerek sulama sahasının dışında bırakılmıştır (Anonim, 2019a).

3.1.6. TAGEM SUET sistemi

TAGEM SUET 3 yıllık yoğun bir çalışmayla “Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri” adıyla yayınlanan rehberin dijital ortama aktarılmasını temel amaç olarak hedefleyen bir sistemdir. Sistem, “Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri” içeriğine ek olarak sulama yönetimi için gerekli olan bitki, toprak ve sulama sistemleri verilerini de bünyesinde barındırmaktadır. Bununla birlikte TAGEM SUET kullanıcıya kendi iklim ve toprak verisi ile hesaplama yapma imkânı sağlamaktadır. TAGEM SUET gerekli veri girişi ve seçimler yapıldıktan sonra aşağıdaki hesaplamaları yapabilmektedir (Anonim, 2021).

- ET_o hesaplamaları
- ET_c Hesaplamaları
- Sulama Programlama
- Sulama Modülü Hesaplamaları

Sistem yaptığı bu hesaplamaları aşağıda belirtilen kullanıcının belirleyeceği 7 farklı hesaplama yöntemine göre yapmaktadır.

- Stz-PM için gerekli veriler; en yüksek ve en düşük sıcaklık, en yüksek ve en düşük oransal nem, rüzgâr hızı, güneş radyasyonu, yerel atmosferik basınç ve enlemdir.
- Blaney-Criddle için gerekli veriler; ortalama sıcaklık, Kuzey-Güney yarım küre bilgisi ve enlemdir.
- Makking yöntemi için gerekli veriler; ortalama sıcaklık ve güneş radyasyonudur.
- Priestley-Taylor yöntemi için gerekli veriler; sıcaklık ve güneş radyasyonudur. Ayrıca bu yöntem için bir katsayı (α) kullanılması gerekmektedir. TAGEM SUET sisteminde bu katsayı 1.26 olarak kullanılmakla birlikte kullanıcıya değiştirme olanağı da sunmaktadır.
- Jensen-Haise yöntemi için gerekli veriler; ortalama sıcaklık ve güneş radyasyonudur.
- Hargreaves yöntemi için gerekli veriler; en yüksek sıcaklık, en düşük sıcaklık ve enlemdir.
- Turc yöntemi için gerekli veriler; en yüksek sıcaklık, en düşük sıcaklık, en yüksek oransal nem, en düşük oransal nem ve güneş radyasyonudur (Anonim, 2021).

TAGEM SUET sisteminde, TAGEM SUET Hesaplamalar bölümünün alt sekmelerinden, ET_o, ET_c, Sulama Programı, Sulama Modülü ve Planlama hesaplamaları ayrı ayrı veya birlikte yapılabilmektedir. Hesaplanan veriler PDF, MS Excel gibi birçok formatta yazılı ve grafik şeklinde raporlanabilmektedir.

TAGEM SUET sistemi, yetiştiriciliği yapılacak olan bitki için iklim, toprak koşulları, bitkinin karakteristikleri, kullanıcı istekleri ve sulama yönteminin özelliklerini göz önüne alarak yeterli veya kısıtlı koşullarda sulama planının belirlenmesi amacıyla geliştirilmiş bir sistemdir.

TAGEM SUET, kullanıcı kendi veri girişini yapmadığı takdirde MGM'den aldığı 1980 ile 2010 arasındaki yılları kapsayan 30 yıllık iklim verisi ile işlem yapmaktadır. 2010 yılından sonraki yıllarda ise 30 yıllık verilerin ortalamasını kullanmaktadır.

Sistem, ülkemizde yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan bitki verilerini bünyesinde barındırmaktadır. TAGEM SUET kullanıcıya sistemde mevcut olan bitkiler için bilgi girişi yapmadan hesaplama yapabilme imkânı sunmaktadır. Ayrıca mevcut bitki verilerinden istenilenin değiştirilebilmesinin yanı sıra bitki yetiştirme sezonu gün sayısı, ekim-dikim veya uyanma zamanı, K_c katsayısı, sulamaya esas başlangıç kök derinliği, sulamaya esas en fazla kök derinliği ve mevsimlik K_y bilgileri sağlandığı takdirde yeni bitki de eklenebilmektedir.

Sistem kullanıcıya toprak, bitki, sulama yöntemi ve MGM'nin bölgedeki istasyonundan aldığı iklim verilerini bir arada kullanarak ET_c tahmin etme, sulama programı ve sulama modülü hesaplama olanağı sunmaktadır. Programlama ve modül aşamasında kullanıcı, yapılacak olan hesaplamalarda kullanılan verileri kişiselleştirebilme imkânı da bulmaktadır.

3.2. Yöntem

Literatürde yer alan ET_o için geliştirilmiş birçok hesaplama yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemlerin kullandıkları verilerin ortak yönü farklı meteorolojik parametrelere ve referans bitkiye ilişkin çeşitli varsayımlara göre hesaplanabilme olanağı sunmalarıdır. En önemli farklılık ise dayandıkları temel bilimsel yaklaşım ve meteorolojik parametrelerdir. ET_o , bazı yöntemler kullanılarak çok sayıda meteorolojik parametre ile hesaplanabilirken, bazı yöntemler daha az parametreye dayanmaktadır. Kullanıcıların yöntem tercihinde eldeki meteorolojik parametre sayısı belirleyici olmaktadır (Anonim, 2021).

Bu tez çalışmasında Standardize Stz-PM ve Blaney-Criddle yöntemleri için sulama programı verileri TAGEM SUET sistemi veri tabanından alınmıştır. Çalışmada sistemin sağladığı verilere ek olarak herhangi bir veri girişi yapılmamıştır.

Hesaplama aşamasında TAGEM SUET'e tarayıcı üzerinden giriş yapılmıştır. Sisteme ilk olarak giriş ara yüzü ekranında kullanıcı bilgileri girilerek kayıt oluşturulmuştur. Giriş yapıldıktan sonraki aşamada çalışma alanının bulunduğu Boğazlıyan ilçesinde bulunan

MGM'nin Boğazlıyan meteoroloji istasyonu seçilmiştir. ET_o , Stz-PM ve Blaney-Criddle yöntemi kullanılarak her bitki deseni için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Bitki Verileri bölümünde yetiştiriciliği yapılacak olan bitki seçimi yapılmıştır (Buğday, arpa, şeker pancarı, yonca, çayır, domates, ayçiçeği, patates, mısır) ve seçilen bitki için 2022 yılı üretim sezonu ekim tarihi belirlenmiştir. Sonraki bölümde ET_c hesaplanmıştır. Toprak bölümünde, toprak tekstürü yapısı kil (C) olarak seçilmiştir ve Sulama bölümünde uygulanacak olan sulama yöntemi ve sulanacak alan yazılarak Sonuç bölümüne geçilmiştir. Sonuç bölümünde gelen ilk ekranda tam sulama koşulları için elde edilen sonuçlar grafik ve çizelge olarak sistemden alınmıştır. Bu bölümde bulunan Kısıtlı Sulama kısmından tam sulamaya göre %25 ve %50 su kısıtları için raporlar sistemden alınmıştır.

Birliğin çalışma alanı için sulama modülü hesaplanırken, sistemin ana ekranın sol tarafındaki sekmede bulunan Sulama Modülü ve Planlama bölümü seçilmiştir. Seçim yapıldıktan sonra sağ üst köşede bulunan sekmeden “Yeni” kısmı seçilerek veri girişi bölümüne geçilmiştir. Seçimden sonra gelen ekrandan Yozgat ili Boğazlıyan Meteoroloji istasyonu seçildikten sonra sulama alanı sağ ve sol sahil için sırasıyla 4 679 ve 2 543 ha olarak girilmiştir. Çalışmada hesaplamalar basınçlı sulama sistemi için yapılacağından günlük sulama süresinin 20 saat olacağı varsayılmıştır. Sulama sezonu bölümüne 2022 yılı girildikten sonra Bitki Su Tüketimi Hesaplama bölümünden iki bitki deseni için de Stz-PM ve Blaney-Criddle yöntemleri ayrı ayrı seçilmiştir. Modülün son aşamasında desende bulunan bitkiler oranlarıyla beraber girilmiştir. Çalışmadaki çıktılar derlenerek MS Excel ile tablo haline getirilmiştir.

Penman-Monteith (FAO Modifikasyonu) yöntemiyle ET_o 'nun hesaplanmasında kullanılan eşitlik;

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

- ET_o = Referans bitki su tüketimi (mm/gün),
 R_n = Net radyasyon (MJ/m²gün),
 G = Toprak ısı akısı (MJ/m²gün),
 T = 2 m yükseklikteki günlük hava sıcaklığı (°C),
 u_2 = 2 m yükseklikteki rüzgâr hızı (m/sn),
 e_s = Doygun buhar basıncı (kPa),
 e_a = Gerçek buhar basıncı (kPa),
 Δ = Buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa/°C),
 γ = Psikrometrik sabit (kPa/°C) (Allen et ark., 1998).

TAGEM SUET sistemi ET_o hesaplamalarında aşağıdaki standardize referans bitki su tüketimi eşitliğini kullanmaktadır.

$$ET_{sz} = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T+273} u_2 (e_s + e_a)}{\Delta + \gamma(1 + C_d u_2)}$$

- ET_{sz} = Standardize referans bitki su tüketimi (mm/gün),
 R_n = Net radyasyon (MJ/m²gün),
 G = Toprak ısı akısı (MJ/m²gün),
 T = 1.5-2 m yükseklikteki günlük hava sıcaklığı (°C),
 u_2 = 2 m yükseklikteki rüzgâr hızı (m/sn),
 e_s = 1.5-2 m yükseklikteki doymuş buhar basıncı (kPa),
 e_a = 1.5-2 m yükseklikteki gerçek buhar basıncı (kPa),
 Δ = Doymuş buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa/°C),
 γ = Psikrometrik sabit (kPa/°C)
 C_n = Referans tipine ve hesaplama zaman adımına göre değişen pay sabiti
 C_d = Referans tipine ve hesaplama zaman adımına göre değişen payda sabiti
 (Anonim, 2005).

Blaney-Criddle yöntemi için Doorenbos ve Pruitt (1977) tarafından verilen eşitlik;

$$ET_o = c \times f$$
$$f = p (0.46t + 8)$$

- ET_o = Referans bitki su tüketimi (mm/gün),
 p = Yıllık ortalama güneşlenme süresi (%),
 f = İklim faktörü,
 t = Ortalama Sıcaklık (°C),
 c = En düşük oransal nem, güneşlenme süresi ve rüzgâr tahminlerine bağlı bir düzeltme faktörü.

Bölgedeki çiftçilerin sulama alışkanlıkları ve yetiştiriciliği yapılan bitkilerin yapısı gereği alanın büyük çoğunluğunda yağmurlama sulama yönteminin uygulanacağı dikkate alınarak sulama programı hazırlanmıştır. Çizelge 3.3'te bitkilerin sulama yöntem ve verileri verilmiştir.

Bu tez çalışmasında TAGEM SUET sistemi kullanılarak Stz-PM ve Blaney-Criddle yöntemleri ile iki farklı bitki deseni için farklı kısıtlarda (Tam sulama, %25 kısıtlı su, %50 kısıtlı su) sulama programı hazırlanmış; mevcut ve alternatif bitki desenleri için TAGEM SUET sisteminde farklı hesaplama yöntemleri ve su kısıtlarının su kaynağı ihtiyacı ve kanal kapasiteleri üzerine etkileri tartışılmıştır.

Çizelge 3.3. Mevcut ve alternatif bitki desenlerinde bulunan bitkiler için kullanılacak olan sulama yöntemi ve verileri

Bitki	Sulama Yöntemi	R_y	Sulama Randımanı (%)	Islatılan Alan Oranı (%)
Buğday	Yağmurlama	0.65	75	100
Arpa	Yağmurlama	0.65	75	100
Şeker Pancarı	Yağmurlama	0.60	75	100
Yonca	Yağmurlama	0.55	75	100
Çayır	Yağmurlama	0.60	75	100
Domates	Damla	0.40	85	80
Ayçiçeği	Yağmurlama	0.60	75	100
Mısır	Yağmurlama	0.50	75	100
Patates	Yağmurlama	0.50	75	100

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Boğazlıyan Sulama Birliği Çalışma Alanının Mevcut ve Alternatif Bitki Deseni İçin Sulama Suyu İhtiyacı

Çalışma alanında 2022 yılı sulama sezonundaki bitki desenine göre mevcut kapasitesinin tamamı kullanıldığı varsayılarak 7 220 ha'lık alan için hazırlanan bu program alternatif bitki deseni için de hazırlanmıştır. Çalışma alanı için hesaplanan ET_o Şekil 4.1'de verilmiştir.

Tüm bitkilerin su ihtiyaçları, farklı su kısıtları için Stz-PM ve Blaney-Criddle yöntemleri kullanılarak incelendiğinde, Stz-PM yöntemiyle hesaplanan sulama suyu ihtiyacı ayçiçeği ve patates dışındaki tüm bitkiler için Blaney-Criddle yöntemine göre daha düşük hesaplanmaktadır. Kısıtlar göz önüne alındığında, sulama suyu ihtiyacının kısıt oranına göre azaldığı görülmektedir. Yapılan karşılaştırmada, bölge için en yüksek ET_c çayırdan hesaplanırken, en düşük ET_c ise arpada gözlemlenmektedir (Çizelge 4.1-4.2).

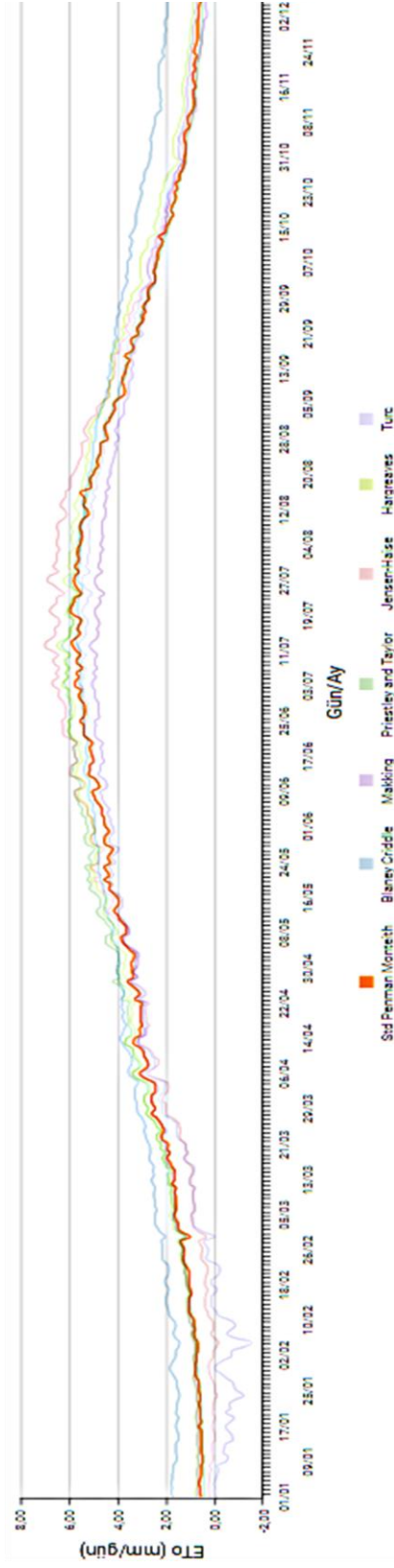
Hacimsel sulama suyu ihtiyacı tabloları incelendiğinde, desenler arasında ciddi hacimsel sulama suyu ihtiyacı farkları olduğu görülmektedir. Blaney-Criddle yönteminin ET_c 'nin çoğu bitkide fazla hesapladığı belirtilmişti. Bu durum, Blaney-Criddle yöntemi ile hazırlanan sulama programlarında hacimsel sulama suyu ihtiyacının artmasına neden olmaktadır. (Çizelge 4.3-4.4).

İki farklı bitki deseni kıyaslandığında, ekiliş oranı daha fazla olan bitkilerin su tüketimindeki artış oranının diğer bitkilere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Mevcut bitki deseninde bulunan bitkiler arasında, en yüksek hacimsel sulama suyu ihtiyacına sahip olan buğdayın, bitki desenindeki ekiliş oranının da en yüksek olmasına karşın, ekiliş oranı buğdaydan sonra en yüksek olan arpanın hacimsel sulama suyu ihtiyacının şeker pancarı ve çayırdan düşük olduğu görülmektedir. Bu durum, ET_c 'lerindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. İki bitki deseni toplam hacimsel sulama suyu açısından karşılaştırıldığında, mevcut bitki desenindeki bitkilerin hacimsel sulama

suyu ihtiyacının daha az olduğu gör÷lmektedir. Bu durumda, sulama suyu kullanımını azaltarak daha değerli ürünler elde etmek için bitki deseninde değışiklik yapmak suyun daha verimli kullanılmasını sağlamak açısından önemlidir. Bu sayede, hem suyun etkin bir şekilde kullanılması hem de daha yüksek gelir elde edilmesi mümkün olacaktır (Çizelge 4.3-4.4).

Çalışma alanındaki sulama programlarında kullanılacak olan ET_o değeri tüm hesaplama yöntemleri için kış aylarında düşük seviyelerde seyrederken sıcaklıkların artması ve bitkinin gelişme dönemine girmesiyle en yüksek ET_o seviyesine kademeli olarak çıkmıştır. Daha sonra sıcaklıkların düşmeye başlaması ve yetiştirme sezonunun sonuna gelinmesiyle ET_o değeri başlangıçtaki seviyesine gerilemiştir (Şekil 4.1).

Tam sulama koşulları ile Stz-PM ve Blaney-Criddle yöntemi kullanılarak yapılan sulama programlarında çalışma konusu olan bitkiler için verim kaybı hesaplanmamıştır. Buğday bitkisine Stz-PM yöntemi ile %25 ve %50 su kısıtları için hazırlanan sulama programlarında verim kaybı sırasıyla %3, %10 olarak hesaplanmıştır. Stz-PM yöntemi kullanılarak 2021 yılında sera koşullarında ve saksı içerisinde yürüt÷len bir çalışmada 7 makarnalık buğday çeşidine damla sulama yoluyla farklı oranlarda (%100, %25, %50, %75) su kısıtı uygulanmıştır. Uygulama sonucu tüm genotiplerde bitki tane veriminin ciddi seviyede düştüğü gör÷lmüştür. Tam sulamaya göre %25, %50 ve %75 kısıt uygulandığında tane veriminde sırasıyla %40.8, %76.6, %95.3 oranlarında düşüşün yaşandığı tespit edilmiştir (Akın ve ark., 2021). Aynı fiziksel şartlar altında buğday için yapılan başka bir çalışmada su stresinin olmadığı koşullarda %50 ve %75 su kısıtları karşılaştırıldığında bitkilerin tane veriminde sırasıyla %31.5 ve %53.3 oranlarında azalma gör÷lmüştür (Gülser ve Kızılkaya, 2020). Buğday için yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında verim kayıp oranları arasında farklılıklar gör÷ldüğü, bu farklılıkların çeşit, gübre ve toprak yapısından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu tez çalışmasında Blaney-Criddle yöntemi ile %25 ve %50 su kısıtları için hazırlanan programlarda verim kaybı sırasıyla %8, %20 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.1. Boğazlıyan iklim koşulları için farklı hesaplama yöntemlerinde referans bitki su tüketimleri

Mevcut bitki deseninde %20 ve alternatif bitki deseninde %5 oranında ekiliş alanı bulunan arpa bitki için %25 ve %50 su kısıtı koşullarında hazırlanan programları ile verim kaybı sırasıyla %1, %4 olarak hesaplanmıştır. Gökhöyük Tarım İşletmesinde arpa için Stz-PM yöntemiyle ve IRSIS yazılımı yardımıyla çeşitli kısıtlarda su uygulaması yapılan bir çalışmada, tam sulamaya kıyasla %10, %20 ve %50 kısıtlarda, sırasıyla %5, %13, %31 oranında verim kaybı tespit edildiği bildirilmiştir (Selenay, 2001). İki çalışmada benzer kısıtlar arasında verim kayıplarının farklı oranlarda olduğu görülmektedir. Bu farkların iklim, mevsim ve çeşit farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca konu hakkında saha çalışması yapılarak daha doğru sonuçlar elde edilebileceği değerlendirilmektedir. Blaney-Criddle yöntemi ile %25 ve %50 su kısıtları için hazırlanan programlarda verim kaybı sırasıyla %4, %13 olarak hesaplanmıştır.

Mevcut ve alternatif bitki desenlerinde sırasıyla %1, %5 oranlarında ekiliş alanı bulunan yonca bitkisine %25 ve %50 su kısıtları için Stz-PM yöntemi ile hazırlanan sulama programlarında verim kaybı sırasıyla %14, %34 olarak hesaplanmıştır. 2021 yılında Ankara’da yonca için yapılan bir çalışmada su kısıtı oranlarının yeşil ot veriminde önemli derecede etkili olduğu bildirilmiştir. Ankara Haymana İlçesinde yüzey altı damla sulama koşullarında yapılan bir araştırmada yoncaya tam sulamaya göre %20 kısıt uygulanması durumunda ortalama 349.6 mm sulama suyu ile kuru ot veriminde %10.9’luk bir verim kaybı meydana geldiği görülmüştür. Çalışma sonucunda yonca için su kısıtı uygulanması durumunda belirli bir oranda verim kaybının göze alınması gerektiği belirtilmiştir (Yeter, 2021). Çalışmalarda verim kayıp oranlarının birbirini destekler nitelikte olduğu görülmektedir. Az da olsa oluşan farklılıkların iklim, sulama yöntemi, toprak ve gübre uygulaması farklılıklarından oluşabileceği değerlendirilmektedir. Blaney-Criddle yöntemi ile %25 ve %50 su kısıtları için yapılan programlarda verim kaybı sırasıyla %16, %36 olarak hesaplanmıştır.

Çayır bitkisinde ise Stz-PM yöntemi ile %25 ve %50 su kısıtları için hazırlanan sulama programlarında verim kaybı sırasıyla %17, %36 olarak hesaplanmıştır. Blaney-Criddle yöntemi ile %25 ve %50 su kısıtları için hazırlanan programlarda ise verim kaybı sırasıyla %17, %37 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1. Çalışma konusunda bulunan bitkiler için hesaplanan net sulama suyu ihtiyaçları

Bitki	Net Sulama Suyu İhtiyacı (mm)					
	Stz-PM			Blaney-Criddle		
	Tam sulama	% 25 Kısıt	%50 Kısıt	Tam sulama	% 25 Kısıt	%50 Kısıt
Buğday	186.1	139.6	93.0	348.0	261.0	174.0
Arpa	184.2	138.1	92.1	345.8	259.4	172.9
Şeker Pancarı	623.1	467.3	311.5	686.1	514.6	343.1
Yonca	631.6	473.7	315.8	788.0	591.0	394.0
Çayır	732.5	549.4	366.3	823.3	617.5	411.7
Domates	542.6	406.9	271.3	570.4	427.8	285.2
Ayçiçeği	546.9	410.2	273.5	537.4	403.1	268.7
Mısır	446.1	334.6	223.0	511.3	383.5	255.6
Patates	524.7	393.6	262.4	522.5	391.9	261.3

Çizelge 4.2. Çalışma konusunda bulunan bitkiler için hesaplanan toplam sulama suyu ihtiyaçları

Bitki	Toplam Sulama Suyu İhtiyacı (mm)					
	Stz-PM			Blaney-Criddle		
	Tam sulama	% 25 Kısıt	%50 Kısıt	Tam sulama	% 25 Kısıt	%50 Kısıt
Buğday	248.1	186.1	124.1	463.9	348.0	232.0
Arpa	245.6	184.2	122.8	461.1	345.8	230.6
Şeker Pancarı	830.7	623.1	415.4	914.8	686.1	457.4
Yonca	842.2	631.6	421.1	1 050.7	788.0	525.4
Çayır	976.7	732.5	488.3	1 097.7	823.3	548.9
Domates	510.7	383.0	255.3	536.8	402.6	268.4
Ayçiçeği	729.2	546.1	364.6	716.6	537.4	358.3
Mısır	594.8	446.1	297.4	681.7	511.3	340.9
Patates	699.7	524.7	349.8	696.7	522.5	348.4

Çizelge 4.3. Boğazlıyan Sulama Birliği çalışma alanında bulunan mevcut bitki deseni için hesaplanan toplam hacimsel sulama suyu ihtiyacı

Bitki	Mevcut Bitki Deseni					
	Toplam Hacimsel Sulama Suyu İhtiyacı (m ³)					
	Stz-PM			Blaney-Criddle		
	Tam Sulama	%25 Kısıtlı Sulama	%50 Kısıtlı Sulama	Tam Sulama	%25 Kısıtlı Sulama	%50 Kısıtlı Sulama
Buğday	11 109 384.0	8 332 038.0	5 554 692.0	20 773 852.5	15 580 389.4	10 386 926.2
Arpa	3 547 446.4	2 660 584.8	1 773 723.2	6 660 486.1	4 995 364.5	3 330 243.0
Şeker Pancarı	5 399 649.2	4 049 736.9	2 699 824.6	5 946 225.2	4 459 668.9	2 973 112.6
Yonca	608 217.6	456 163.2	304 108.8	758 831.7	569 123.7	379 415.8
Çayır	4 232 227.1	3 174 170.4	2 116 113.6	4 756 758.5	3 567 568.8	2 378 379.2
Domates	737 621.3	553 216.0	368 810.6	775 354.2	581 515.6	387 677.1
TOPLAM	25 634 545.6	19 225 909.3	12 817 272.8	39 671 508.2	29 753 630.9	19 835 753.9

Çizelge 4.4. Çalışma konusu alternatif bitki deseni için hesaplanan toplam hacimsel sulama suyu ihtiyacı

Bitki	Alternatif Bitki Deseni					
	Toplam Hacimsel Sulama Suyu İhtiyacı (m ³)					
	Stz-PM			Blaney-Criddle		
	Tam Sulama	%25 Kısıtlı Sulama	%50 Kısıtlı Sulama	Tam Sulama	%25 Kısıtlı Sulama	%50 Kısıtlı Sulama
Buğday	2 508 570.6	1 881 427.9	1 254 285.3	4 690 703.4	3 518 027.6	2 345 351.7
Arpa	443 900.2	332 925.2	221 950.1	1 665 075.4	1 248 806.6	832 537.7
Şeker Pancarı	19 798 694.1	14 849 020.6	9 899 347.1	21 802 777.5	16 352 083.1	10 901 388.7
Yonca	3 041 088.1	2 280 816.1	1 520 544.1	3 794 158.3	2 845 618.7	1 897 079.1
Domates	1 582 799.2	1 187 099.4	553 216.0	1 736 669.9	1 302 502.4	868 335.0
Ayçiçeği	6 846 242.2	5 134 681.8	3 423 121.2	6 727 739.4	5 045 804.5	3 363 869.7
Mısır	4 295 616.6	3 221 712.5	2 147 808.3	4 923 377.6	3 692 533.2	2 461 688.8
Patates	8 590 066.8	6 442 550.1	4 295 033.4	8 553 933.8	6 415 450.4	4 276 966.9
TOPLAM	49 234 795.7	36 926 097.0	24 379 214.4	55 199 215.5	41 399 411.5	27 932 622.8

Alternatif bitki deseninde bulunan ayçiçeği için Stz-PM yöntemi ile %25 ve %50 oranında su kısıtı uygulanarak sulama programı yapılmıştır. Yapılan programda verim kaybının sırasıyla %19, %46 olarak hesaplanmıştır. Şanlıurfa iklim koşullarında yapılan başka bir çalışmada damla sulama yöntemi kullanılarak ayçiçeği için sulama programı hazırlanmıştır. Çalışmada ayçiçeğinin 5 farklı su seviyesindeki verim kayıpları karşılaştırılmıştır (%25, %50 kısıt, tam sulama ve %25, %50 fazla su uygulaması).

Yapılan karşılaştırmada tam sulamaya göre kısıtlarda sırasıyla %10, %14 ve fazla su uygulamalarında %9, %11 verim kaybı yaşandığı tespit edilmiştir. En yüksek verim su ihtiyacının tam karşılandığı koşulda alınmış ve onu tam sulamanın %25 fazlası su uygulandığı koşul izlemiştir. En düşük verim ise su kısıtının en çok olduğu %50 kısıt uygulamasında görülmüştür. Çalışma sonucunda suyun, verim artışında olumlu etki yaptığı ancak fazla suyun verimi olumsuz etkilediği kanaatine varılmıştır (Kaçan, 2016). Şanlıurfa'da yapılan çalışma sonuçları ile Boğazlıyan için TAGEM SUET ile hazırlanan sulama programı çıktıları karşılaştırılmıştır. Tam sulamaya göre %25 kısıt uygulandığındaki oluşan verim kaybı farklarının; iklim, sulama yöntemi ve toprak etkilerinden oluştuğu ve farkların kabul edilebilir boyutta olduğu söylenebilir. Ancak ayçiçeğine %50 kısıt uygulandığı koşulda oluşan verim kaybı farkının saha çalışması ile açıklanabileceği kanaatine varılmıştır. Ayrıca Boğazlıyan Sulama Birliği çalışma alanında yapılan bu tez çalışmasında Blaney-Criddle yöntemi %25 ve %50 su kısıtları için hazırlanan programlarda verim kaybı sırasıyla %12, %28 olarak hesaplanmıştır.

Alternatif bitki deseninde bulunan mısır için Stz-PM yöntemi ile %25 ve %50 oranlarında uygulanan su kısıtları ile hazırlanan sulama programlarında verim kaybı sırasıyla %16, %38 olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde, Ankara bölgesinde yüzey altı damla sulama yöntemiyle yapılan bir çalışmada mısır için tam sulamaya göre %30 kısıtlı su kullanımında verimde %12'lik bir azalma, %60 kısıtlı su kullanımında ise verimde %36'lık bir azalma tespit edilmiştir (Karaca Bilgen, 2020). Bu çalışmada verim kaybının fazla hesaplanmasının nedenleri arasında; sulama programı kurgusunun yağmurlama sulama yöntemi ile yapılması, bitki çeşidinin tane verim kabiliyetinin değişkenliği, toprak ve iklim özelliklerinin verim üzerindeki etkileri olduğu değerlendirilmektedir. Bu tez çalışmasında Blaney-Criddle yöntemi ile %25 ve %50 su kısıtları için hazırlanan programlarda verim kaybı sırasıyla %16, %38 olarak hesaplanmıştır.

Alternatif bitki desenindeki başka bir bitki olan patates için Stz-PM yöntemi ile %25 ve %50 su kısıtları uygulanarak hazırlanan sulama programlarında verim kaybı sırasıyla %16, %37 hesaplanmıştır. Isparta koşullarında patatesin farklı sulama suyu düzeylerindeki gelişimi üzerine yürütülmüş bir çalışmada %0 ile %90 oranı aralığında su

kısıtlaması ve %20 oranında fazla su uygulaması yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda %20 oranında fazla su uygulanan grup ile sulamanın kısıtlandığı grupların (%0, %30, %60 ve %90) pazarlanabilir patates verimi karşılaştırılmıştır. Sulamanın kısıtlandığı gruplarda pazarlanabilir patates veriminin %20 oranında, fazla su uygulanan gruba göre %32-456 oranları arasında düştüğü tespit edilmiştir (Şahin, 2023). Blaney-Criddle yöntemi ile %25 ve %50 su kısıtları için hazırlanan programlarda verim kaybı sırasıyla %16, %33 olarak hesaplanmıştır.

Çalışmadaki iki bitki deseninde de bulunan domates için Stz-PM yöntemi kullanılarak %25 ve %50 su kısıtlarıyla hazırlanan sulama programlarında verim kaybı sırasıyla %15, %35 olarak hesaplanmıştır. Çanakkale bölgesinde su stresinin domates üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada su kısıtlamasının şiddeti oranında verim kaybını arttığı tespit edilmiştir. %25, %50, %75 su kısıtları için sırasıyla %23, %39 ve %69 verim kaybı olduğu bulunmuştur (Çamoğlu ve ark., 2019). Bu tez çalışmasında verim kaybının daha düşük seviyelerde olduğu görülmüştür. Oluşan bu farklılığın Çanakkale ve Yozgat'ın farklı iklim bölgelerinde olması, toprak bünye sınıflarının farklı olması ve taban suyu seviyelerinin değişkenlik göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmamızın teorik olduğu düşünülecek olursa daha doğru sonuçların saha çalışmalarıyla elde edilebileceği sonucuna varılmıştır. Blaney-Criddle yöntemi ile %25 ve %50 su kısıtları için hazırlanan programlarda verim kaybı sırasıyla %16, %35 olarak hesaplanmıştır.

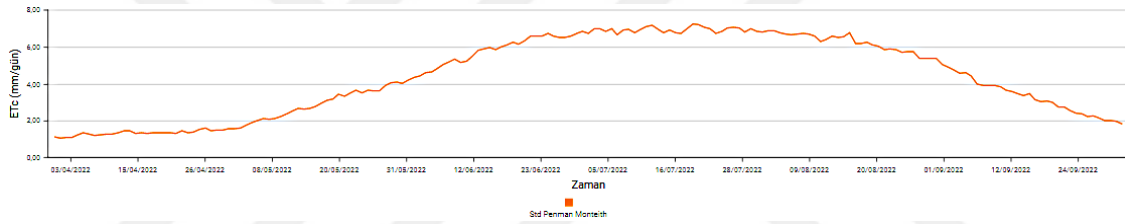
4.2. Boğazlıyan Sulama Birliği Çalışma Alanı İçin Stz-PM Yöntemi ile Hazırlanan Şeker Pancarı Sulama Programı

Bu kısımda, her iki bitki deseninde yer alan şeker pancarı için Stz-PM yöntemi ile yapılan sulama programları örnek olarak incelenmiştir. Tekrar olmaması için diğer bitkilere ait bilgiler yukarıda toplu olarak verilmiştir. Çalışma alanındaki bitki büyüme sezonu 185 gün kabul edilerek büyüme sezonu dört döneme ayrılmıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Şeker pancarı bitkisi için Stz-PM ile hazırlanan sulama programı girdileri

	I. Dönem	II. Dönem	III. Dönem	IV. Dönem
Gün	30	50	70	35
K _c	0.44	-	1.22	0.7
Başlangıçta Sulamaya Esas Kök Derinliği (m)	0.15			
Mevsimlik K _y	1.1			

Stz-PM yöntemi ile hazırlanan sulama programında bitkinin ekilmesiyle başlayan üretim sezonu içerisinde ET_c en düşük 1.1 mm/gün ile nisan ayında ve en yüksek ET_c 7.2 mm/gün ile temmuz ayında hesaplanmıştır (Şekil 4.2).



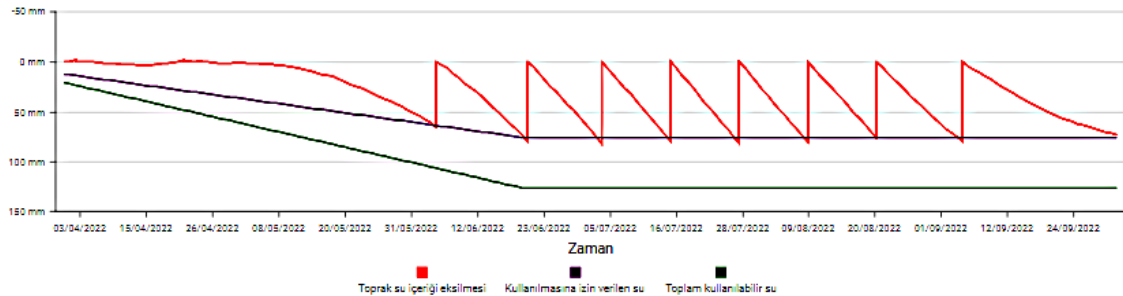
Şekil 4.2. Stz-PM yöntemi ile elde edilen şeker pancarı bitkisi su tüketimi

Ankara koşullarında tava sulama yöntemiyle 2004 ve 2005 yıllarında yapılan bir çalışmada şeker pancarının kök ve arıtılmış şeker verimlerinin farklı kısıtlardaki verim değerleri tespit edilmiştir. Çalışmada 7 farklı kısıt uygulanmıştır. Kullanılmasına izin verilen su miktarının %50'si tüketildiğinde sulama yapılarak mevcut nemin tarla kapasitesine tamamlandığı grup (tam sulama), %100 su uygulaması olarak kabul edilmiş olup 2004 yılı için; %25 ve %50 oranlarında su kısıtı uygulandığı koşulda sırasıyla %5.5, %18.8 kök verimi kaybı ile aynı oranlarda uygulanan kısıtlarda arıtılmış şeker verimi ise yine sırasıyla %7.3, %18.1'lik verim kaybı meydana geldiği belirtilmiştir. 2005 yılı için; %25 ve %50 oranlarında su kısıtı uygulandığı koşulda sırasıyla %6.9, %14.6 kök verimi kaybı ile aynı oranlarda uygulanan kısıtlarda arıtılmış şeker verimi ise yine sırasıyla %8.6, %14.6'lık verim kaybı meydana geldiği belirtilmiştir. Yapılan çalışmaya göre şeker pancarının susuz koşullarda yetiştirilemeyeceği ve %50'ye kadar uygulanan su kısıtlarında, bitkinin fizyolojik yapısında tam sulamaya göre ciddi farklar oluşturmadığı

kanaatine varılmıştır. Ancak arıtılmış şeker verimi dikkate alındığında en yüksek verimin alınabilmesi için tam su uygulaması yapılması gerektiğinin altı çizilmiştir (Köksal, 2006). Yapılan karşılaştırmada Boğazlıyan Sulama Birliği sulama programında verim kayıp oranlarının daha yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Ancak çalışma alındaki iklim koşulları, sulama yöntemi, toprak yapısı, bitki çeşidi ve kültürel uygulamaların farklılığı verimi doğrudan etkileyebilmektedir. Çalışmanın sulama programı kurgusu olduğu göz önünde bulundurulduğunda bölgede yapılacak saha çalışmalarıyla daha doğru sonuçlara ulaşılabilecektir.

Tez çalışmasında Stz-PM yöntemi ile hazırlanan şeker pancarı programında verim kaybı yaşanmamıştır. %25 ve %50 kısıtlarda sırasıyla %16 ve %37 verim kaybı olacağı öngörülmüştür.

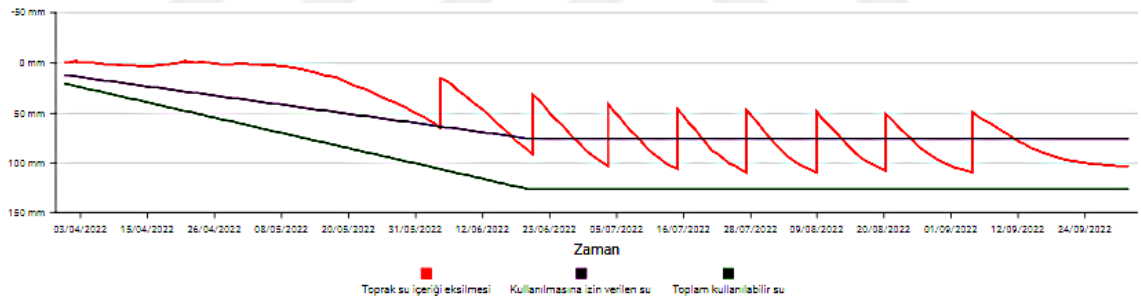
Stz-PM yöntemi ile su kısıtı olmadan hazırlanan sulama programında nisan ayının başında ekimin yapılmasıyla birlikte su tüketiminin başladığı görülmektedir. Devam eden süreçte ilkbahar son yağmurlarının etkisiyle topraktaki mevcut nem mayıs ayının başlarına kadar korunmaktadır. Sıcaklıkların artması ve bitki vejetatif aksamının gelişmesiyle doğru orantılı olarak topraktaki nem kaybı artarak haziran ayının başlarında toprakta bulunan mevcut suyun kullanılmasına izin verilen su miktarı seviyesine düştüğü görülmektedir. Tam sulama koşullarında şeker pancarı bitkisine toplam 8 su uygulaması yapılmış ve uygulamaya topraktaki su miktarının kullanılmasına izin verilen seviyesine geldiğinde başlanmıştır (Şekil 4.3).



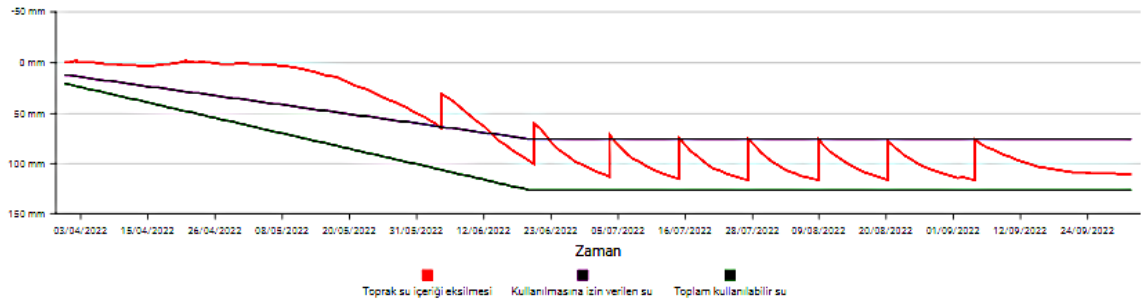
Şekil 4.3. Tam sulama suyu uygulamasında şeker pancarı bitkisi için Stz-PM yöntemi ile hazırlanan sulama programı

Şeker pancarı için %25 kısıt ile hazırlanan sulama programında ilk sulama hariç tüm sulamalarda mevcut nemin kullanılmasına izin verilen kısmının altına düştüğü gözlemlenmektedir. Şekil 4.4'den de anlaşılacağı gibi bu durum bitkide verim kaybına sebep olmuştur; ancak su kullanımının da azalmasını sağlamıştır.

Şeker pancarı için %50 kısıt ile hazırlanan sulama programında toprak bünyesinde bulunan mevcut su diğer kısıtlarda olduğu gibi tohumların ekilmesiyle başlayan su tüketimi ilkbahar son yağmurlarının etkisiyle sabit çizgisini korumuştur. Sürecin devamında bitkinin gelişmesi ve sıcaklık artışlarıyla beraber toprak nem kaybetmiştir. Sonuç olarak sistem ilk sulamayı yapmıştır. Ancak %50 kısıtlı sulamadan kaynaklı toprak tarla kapasitesine ulaşamamıştır. Bu da sezon boyunca yapılan diğer sulamalarda toprakta bulunan mevcut suyun kullanılmasına izin verilen sınırın altında kalmasına sebep olmuştur. Çizelge 4.5 incelendiğinde %50 su kısıtının şeker pancarı bitkisinin gelişiminde ciddi gerilemeye sebep olacağını tahmin edilebilmektedir.



Şekil 4.4. Şeker pancarında Stz-PM yöntemine göre %25 kısıtlı sulama suyu uygulanması için hazırlanan sulama programı



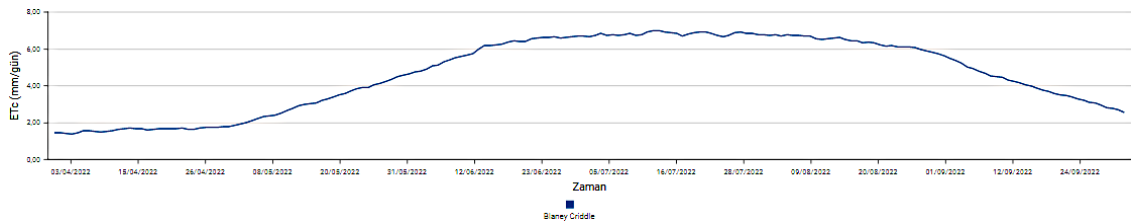
Şekil 4.5. Şeker pancarında Stz-PM yöntemine göre %50 kısıtlı sulama suyu uygulanması için hazırlanan sulama programı

4.3. Boğazlıyan Sulama Birliği İçin Blaney-Criddle Yöntemi ile Hazırlanan Şeker Pancarı Sulama Programı

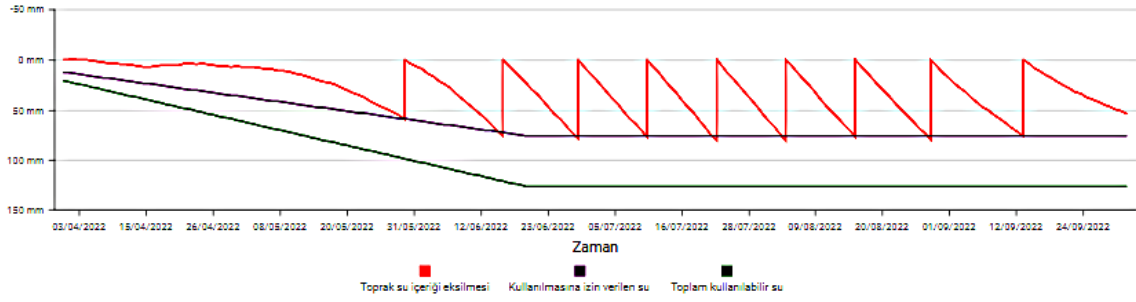
Bu kısımda şeker pancarı için Blaney-Criddle yöntemi ile yapılan sulama programları örnek olarak incelenmiştir.

Blaney-Criddle yöntemi ile hazırlanan sulama programında nisan ayı başlarında bitkinin ekilmesiyle başlayan üretim sezonu içerisinde ET_c en düşük 1.4 mm/gün'e kadar düşmüştür. En yüksek ET_c 7.0 mm/gün ile temmuz ayında görülmüştür (Şekil 4.6).

Şeker pancarı bitkisi için Blaney-Criddle yöntemi ile hazırlanan sulama programında Stz-PM yöntemiyle aynı şekilde verim kaybı yaşanmamıştır. Bununla birlikte %25 ve %50 kısıtlarda benzer şekilde sırasıyla %16, %37 verim kaybı yaşanmıştır. Blaney-Criddle yöntemi ile su kısıtı olmadan hazırlanan sulama programında şeker pancarı bitkisine toplam 9 sulama öngörülmüştür. Sulamalar topraktaki su miktarının kullanılmasına izin verilen seviyesine geldiğinde başlatılmış ve tarla kapasitesi seviyesine ulaştığında tamamlanmıştır. TAGEM SUET ile Blaney-Criddle yöntemi kullanılarak şeker pancarı bitkisi için yapılan Tam sulama ve %25, %50 su kısıtı uygulaması çıktıları Çizelge 4.7'de verilmiştir.



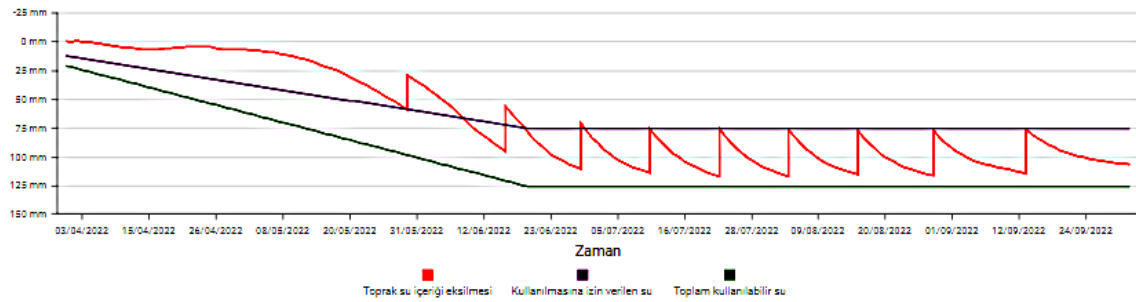
Şekil 4.6. Blaney-Criddle yöntemi ile hesaplanan şeker pancarı bitkisi su tüketimi



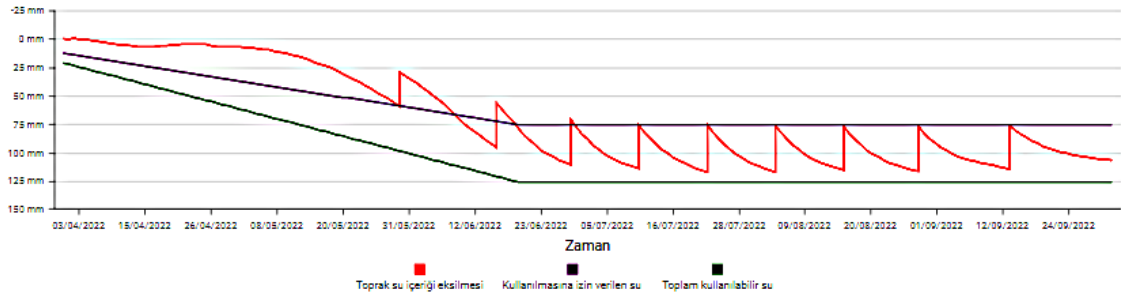
Şekil 4.7. Tam sulama suyu uygulamasında şeker pancarı bitkisi için Blaney-Criddle yöntemi ile hazırlanan sulama programı

Blaney-Criddle yöntemi ile şeker pancarı için %25 kısıt ile hazırlanan sulama programında ilk iki sulama hariç tüm sulamalarda mevcut nemin kullanılmasına izin verilen kısmının altına düştüğü gözlemlenmektedir. Şekil 4.8’den anlaşılabileceği gibi bu durum bitkide verim kaybına sebep olmuştur; ancak su kullanımının da azalmasını sağlamıştır.

Blaney-Criddle yöntemi ile şeker pancarı için %50 kısıtlı sulamada toprak tarla kapasitesi seviyesine ulaşamamıştır. Yapılan su uygulamalarında verim kaybının oluşacağı düşünülmektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.8. Şeker pancarında Blaney-Criddle yöntemine göre %25 kısıtlı sulama suyu uygulanması için hazırlanan sulama programı



Şekil 4.9. Şeker pancarında Blaney-Criddle yöntemine göre %50 kısıntılı sulama suyu uygulanması için hazırlanan sulama programı

4.4. Boğazlıyan Sulama Birliği Çalışma Alanının Sulama Modülü ve Sezonluk Toplam Sulama Suyu İhtiyacı

Bu çalışmada TAGEM SUET sisteminden faydalanarak Boğazlıyan Sulama Birliği sulama modülü Stz-PM ve Blaney-Criddle yöntemleri ile hesaplanmıştır. Hesaplamalar mevcut ve alternatif olmak üzere iki bitki deseni için yapılmıştır.

Sonuçlar karşılaştırıldığında Boğazlıyan-Uzunlu-Sulaması Yenileme Projesi modülünün 0.51 l/s/ha hesaplanmasına karşın bu çalışmada kullanılan iki bitki deseni için hesaplanan sulama modülleri 0.63 ve 1.13 l/s/ha arasındadır. Modüller arasında oluşan bu farklılık günlük sulama sürenin Boğazlıyan Uzunlu Sulaması Yenileme Projesinde 24 saat olacağı ön görülmüşken bu çalışmada 20 saat olacağının ön görülmesinden kaynaklanmıştır.

Boğazlıyan Uzunlu Sulaması Yenileme Projesi'nde sağ ve sol sahil kanal kapasiteleri sırasıyla 3 900 l/s, 2 160 l/s olarak hesaplanmıştır. Çalışmada mevcut desende hesaplanan en yüksek debi 1 605.8 l/s ile 3 348.9 l/s arasında değişkenlik göstermiştir. Alternatif bitki deseninde sağ sahil sulama sahasının en yüksek debisi 5 273.3 l/s ve 5 156.6 l/s olarak hesaplanmıştır. Sol Sahil sulama sahasında ise en yüksek debi 2 866.0 l/s ve 2 802.6 l/s olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü üzere Boğazlıyan Uzunlu Sulaması Yenileme Projesinin sağ ve sol sahil kanal kapasitesinin mevcut bitki deseninin tamamını karşılamıştır. Ancak Boğazlıyan-Uzunlu Sulaması Yenileme Projesi kanal kapasitelerinin, alternatif bitki deseni için karşılanamadığı görülmüştür (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Boğazlıyan Sulama Birliği çalışma alanının sulama modülü ve sezonluk toplam sulama suyu ihtiyacı

Sistem Çıktıları	Bitki Deseni	Sağ Sahil		Sol Sahil	
		Stz-PM	Blaney-Criddle	Stz-PM	Blaney-Criddle
En Yüksek Sulama Modülü, q (l/s/ha)	Mevcut	0.63	0.72	0.63	0.72
	Alternatif	1.13	1.10	1.13	1.10
En Yüksek Debi, Q (l/s)	Mevcut	2 954.60	3 348.90	1 605.80	1 827.50
	Alternatif	5 273.30	5 156.60	2 866.00	2 802.60
Sezonluk Toplam Su İhtiyacı (1 000 m ³)	Mevcut	18 066.90	22 629.20	9 819.20	12 694.10
	Alternatif	32 820.10	34 952.90	17 837.40	18 996.60

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bitkilerin gelişimi suya ulaşabilmeleri ile doğru orantılıdır. Buna bağlı olarak bitkinin gelişme dönemleri içerisinde ihtiyaç duyduğu su miktarı da değişiklik göstermektedir. İhtiyaç duyduğu suyun belirli bir kısmını yağışlardan almakla beraber bu eksikliği tamamlayamadığı dönemler de bulunmaktadır. Bu dönemlerdeki su açığını sulama yoluyla kapatılması gerektiği, aksi takdirde bitki gelişiminde gerileme ve verim kayıplarına sebep olacağı bilinmektedir. Gereğinden fazla miktarda yapılan sulamanın bitkide ve toprakta olumsuz etkiler yaratacağı gibi su kaynaklarının tükenmesine de neden olabileceği bilinmektedir. Suyun randımanlı olarak kullanılabilmesi için sulama zaman planlaması yapılması tavsiye edilmektedir. Sulama programı, mevcut su kaynağının korunmasını ve çiftçiler arasında adil su dağılımının yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Bu tez çalışmasında, Yozgat ili Boğazlıyan ilçesi Boğazlıyan Sulama Birliği sulama sahasında TAGEM (Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü)'in hazırlamış olduğu TAGEM SUET (Sulama Yönetimi ve Bitki Su Tüketimi Hesaplama Sistemi) ile mevcut ve alternatif bitki desenleri için tam sulama, %25, %50 su kısıtları için Stz-PM ve Blaney-Criddle yöntemlerine göre sulama programı hazırlanarak sulama modülleri ve sulama suyu ihtiyaçları hesaplanmıştır. En yüksek sulama modülüne göre sağ sahil ve sol sahil kanal kapasiteleri hesaplanmıştır. Toplam sulama suyu ihtiyaçları ve kanal kapasiteleri, 2019 yılında hazırlanan Türkiye Sulama Modernizasyon Projesinin alt projesi olan Yozgat-Boğazlıyan-Uzunlu Sulaması Yenileme Projesinde öngörülen değerlerle karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada mevcut bitki deseni için sağ ve sol sahil ana kanal kapasitesini karşıladığı, ancak alternatif bitki deseni için kanal kapasitelerinin yetersiz kaldığı görülmektedir. Mevcut bitki deseni ile alternatif bitki desenin modülleri karşılaştırıldığında alternatif bitki deseni için sulama modülünün daha yüksek olduğu görülmektedir.

Bu durumda, katma değeri daha yüksek ve bölgede yetiştiriciliği yapılabilecek bitkilerden oluşturulan alternatif bitki deseni için kanal kapasitelerinin yetersiz kaldığı

görülmektedir. Alternatif bitki deseni için Boğazlıyan-Uzunlu Sulaması Yenileme Projesinin alt yapısı kullanılması durumunda, kanal kapasitesinin yeterli geleceği bir alanın sulamaya açılması ya da bitki deseni oluşturulurken, su kaynağının arttırılması mümkün olmadığından su tüketimi düşük ve kuraklığa dayanıklı olan hububatların ekiliş alanlarının arttırılması yolu tercih edilmelidir.

Su kısıtı uygulamaları için verim kaybı göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, birlik üyelerinin sulama alışkanlığının damla sulama yöntemi yönünde değişmesi için teşvik edilmelidir. Sulama suyunun etkin kullanımı için toprak analizleri yapılmalı ve bitki besleme programları oluşturulmalıdır. Toprak analizleri sayesinde toprağın besin elementleri düzeyi belirlenerek bitkilerin ihtiyaçlarına uygun gübreleme yapılabilir. Bu da bitki verimliliğini artırarak su tüketimini optimize edebilir. Bu sayede su tasarrufu sağlanabilir ve sulama verimliliği artırılabilir.

Çalışmada kullanılan TAGEM SUET sistemi, sulama programı ve modül hesaplamalarında büyük kolaylık sağlamıştır. Sistem, kullanıcının temel sulama bilgisiyle sulama programı hesaplayabilmesinin önünü açmıştır. Çiftçilerin ortalama iklim verileri ile yetiştiricilik yaptıkları bölge için hangi bitkinin ne kadar suya ihtiyaç duyacağını tahmin edebilmeleri, bölgedeki bitki deseninin çeşitlenmesine katkı sağlayacaktır. Sistemi kullanan sulama birlikleri, kaynak ve su ihtiyacı dengesini daha kolay sağlayabileceklerdir.

KAYNAKLAR

- Akın, B., Bayhan M., Özkan R. ve Akıncı C., 2021. Bazı Makarnalık Buğday Genotiplerinde (*Triticum durum* L.) Artan Su Stresinde Morfolojik ve Fizyolojik Tepkilerin İncelenmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(2), 265-278.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. ve Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration, FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, 300 p, Rome-Italy.
- Anonim, 2005. The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation. Environmental and Water Resources Institute of the American Society of Civil Engineers (ASCE-EWRI) Task Committee Final Report, 2005, 59 pp.
- Anonim, 2016. Hububat Hastalık ve Zararlıları ile Mücadele. Tarım ve Orman Bakanlığı Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü. Bitki Sağlığı ve Karantina Daire Başkanlığı, Ankara.
- Anonim, 2017. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketimleri. DSİ, TAGEM, Ankara.
- Anonim, 2019a. Türkiye Sulama Modernizasyonu Projesi, Yozgat-Boğazlıyan-Uzunlu Sulaması Yenileme Projesi DSİ 12 Bölge Müdürlüğü Kayseri Temmuz 2019.
- Anonim, 2019b. Uzunlu Sulaması. T C Yozgat İli Boğazlıyan İlçesi Boğazlıyan Sulama Birliği Başkanlığı 2019.
- Anonim, 2021. Sulama Yönetimi ve Bitki Su Tüketimi Hesaplama Sistemi (SUET) Üye Kullanıcı Kılavuzu V 1.0, Türkiye.
- Bölük, E., 2016. Köppen İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Cavero, J., Farre, I., Debaeke, P. ve Faci, T.M., 2000. Simulation of maize yield under water stress with EPICphase and CROPWAT models. Agron. J., 92 (4), 679- 690.
- Çamoğlu, G., Demirel, K., Akçal, A. ve Genç, L., 2019. Su Stresinin Sofralık Domatesin Verimi ve Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkileri. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33(1), s. 15-29.
- Çetin, Ö. ve Akalp, E., 2019. Efficient use of water and fertilizers in irrigated agriculture: Drip irrigation and fertigation. Acta Horticulturae et Regiotecturae, 22(2), 97-102.
- Doorenbos, J. ve Pruitt, W.O., 1977. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper 24, Food and Agriculture organization of the United Nations, 144 p, Rome.
- Doorenbos, J. ve Kassam, A.K., 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drain Paper 33, 193 p, Rome.
- English, M. J., Musich, J. T. ve Murty, V. V. N., 1990. Deficit Irrigation. In: Hoffman, G. J., Howell, T. A. and Solomon, K. H., Eds., Management of Farm Irrigation Systems, ASAE, St. Joseph, MI.
- English, M. ve Raja, S. N., 1996. Perspectives on Deficit Irrigation. Agricultural Water Management, 32 (1), 1-14.
- Ekiz, H. ve Sancak, C., 2018. Tarla Bitkileri II. T.C. Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi, Yayın No: 1251, Ders Kitabı: 174-191 s, Eskişehir.
- Er, C. ve Başalma, D., 2018. Tarla Bitkileri II. T.C. Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi, Yayın No: 1251, Ders Kitabı: 48-124 s, Eskişehir.

- Gençel, B., 2009. İkinci Ürün Mısır Bitkisinde Bitki Su Stresi İndeksini (CWSI) Kullanarak Uygulanacak Sulama Suyu Miktarının Kestirimi (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Gülser, C. ve Kızılkaya, R., 2020. Farklı sulama miktarlarında yetiştirilen buğday bitkisinin su kullanma randımanı ile verimlilik parametreleri arasındaki ilişkiler. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 8(1) 46 – 52.
- Güngör, Y., Erözel, A. Z. ve Yıldırım, O., 2018. Sulama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Yayın No: 1592, Ders Kitabı: 544, 291 s, Ankara.
- Gürgülü, H., 2007. Akçay Sol Sahil Sulama Birliği Bünyesinde Yetiştirilen Bitkiler İçin En Uygun Sulama Zaman Planlaması. (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Gürgülü, H. ve Ul, M. A., 2017. İzmir’de Yetiştirilen Bazı Bitkiler İçin Bitki Su Tüketimi Değerleri ve Sulama Programları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 54 (3), 311-317.
- Kaçan, H., 2016. Yarı Kurak İklim Koşullarında Farklı Sulama Düzeylerinin II. Ürün Ayçiçeğinde (*Helianthus annuus* L.) Verim ve Verim Bileşenlerine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Kara, M., 2011. Sulama ve Sulama Tesisleri. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Selçuk Üniversitesi Basımevi, 264 s, Konya.
- Kara, N. ve Sebahattin, Ü., 2012. Yem bitkileri yetiştiriciliği. Ankara: Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Eğitim Yayın ve Yayınlar Dairesi Başkanlığı.
- Karaca Bilgen, G., 2020. Su Kısıtı Koşullarında Yüzeyaltı Damla Sulama ile Sulanan Dane Mısırın Verim ve Su Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kartal, S., Bozkurt Çolak, Y., Gönen, E. ve Özfidaner, M., 2019. Tarsus Bölgesinde Patlıcan Bitkisinin Sulama Programının CROPWAT 8.0 Programı Kullanarak Oluşturulması. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6 (2), 332-342.
- Kaya, S., 2010. Büyüme-Derece-Günlere Dayalı Bitki Katsayıları Kullanılarak Erzurum Koşullarında Patatesin Sulama Planlaması. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 2, 11-16.
- Kendirli, B., 2001. Harran Ovası Sulama Birliklerinde Antepfıstığının Sulama Planlaması. Tarım Bilimleri Dergisi, 7 (4), 114-120.
- Koçak Tahmaz, P., 2006. Asartepe Sulama Birliği Alanında Planlı Su Dağıtım Esaslarının Belirlenmesi. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kodal S. ve Ahi, Y., 2018. Tarımda Sulama Verimliliği. Ankara Üniversitesi Su Yönetimi Enstitüsü Anahtar Dergisi, 30-37, Ankara.
- Köksal, E.S, 2006. Sulama suyu düzeylerinin şekerpancarının verim, kalite ve fizyolojik özellikleri üzerindeki etkisinin, infrared termometre ve spektrometre ile belirlenmesi. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Köksal, E. S., ve Yıldırım, Y.E., 2011. Şeker pancarı sulama zamanının belirlenmesinde bitki su stres indeksinin kullanılma olanakları. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 26 (1), 57-62.

- Kumlay, A. M. ve Eryiğit T., 2011. Bitkilerde büyüme ve gelişmeyi düzenleyici maddeler: Bitki hormonları. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 1(2): 47-56.
- Sarwar, A. ve Perry, C., 2002. Increasing water productivity through deficit irrigation: Evidence from the Indus Plains of Pakistan. Irrigation and Drainage, 51 (1), 87-92.
- Selenay, M. S., 2001. Amasya Gökhöyük Tarım İşletmesinde Yetiştirilen Bitkilerde Mevsimlik yada Mevsim İçi Sulama Suyu Kısıtlarının Verim Üzerindeki Etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 7 (4) 141-147.
- Simone, E., Dukes, M., Hochmuth, R., Studstill, D., Avezou, G. ve Jarry, D., 2006. Scheduling drip irrigation for bell pepper grown with plasticulture. J. Plant Nutr. 29(11): 1729-1739.
- Şahin, Y. B., 2023. Isparta Ekolojik Koşullarında Farklı Sulama Suyu Düzeylerinin Patates (*Solanum tuberosum* L.) Bitkisinin Yumru Gelişimi ve Kalitesi Üzerine Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta.
- Şahin, Ü. ve Hanay, A., 1996. Erzurum Daphan Ovasında Yetiştirilmesi Planlanan Bitkilerde Pratik Sulamanın Bilgisayar Programı ile Belirlenmesi. Journal of Agriculture and Forestry, (20), 415 – 423, Ankara.
- Trimmer, W. L., 1990. Partial irrigation in Pakistan. J. Irrigation and Drainage Division, ASCE, 16 (3), 342-353.
- Tuylu, G. İ. ve Ul, M. A., 2015. Gediz Havzası Sarıkız Sulama Birliği'nde Mısır ve Bağ Bitkileri için Kısıntılı Sulama Zaman Planlaması. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi 19 (4), 187-198.
- Uçar, Y., 2010. Isparta Koşullarında IRSIS Bilgisayar Yazılımı ile Elmanın Sulama Zaman Planlaması. Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi 24 (4), 76-81.
- Yeter, T., 2021. Su Kısıtı Koşullarında Yüzeyaltı Damla Sulama İle Sulanan Yoncanın Verim Ve Su Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yıldırım, O., 2022. Sulama Sistemlerinin Tasarımı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Yayın No:1594, Ders Kitabı: 546, 367 s, Ankara.
- Yıldırım, Y.E., 1993. Ankara Koşullarında Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yüce, İ. ve Kökten, K., 2023. Şeker Pancarında Toprak ve İklim İsteği. Şeker Pancarı (*Beta vulgaris* L.), İksad Yayınevi, (ss. 29-42).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Hakkı ERGENE
Kişisel Bilgiler	Uyruğu: T.C. Doğum Tarihi ve Yeri:
İletişim Bilgileri	E-posta: hakkiergene@gmail.com
Öğrenim Bilgileri	Lise: 2005–2008 2000 Evler Anadolu Lisesi, 2008-2009 Gülşehir Anadolu Lisesi Lisans: 2009-2013 Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Yüksek Lisans: Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
İş Deneyimi	2022-halen: Tarım ve Orman Bakanlığı Çorum-Laçın İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Ziraat Mühendisi 2018-2022: Tarım ve Orman Bakanlığı Yozgat-Aydıncık İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Ziraat Mühendisi 2017-2018: Tarım ve Orman Bakanlığı Yozgat-Boğazlıyan İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Ziraat Mühendisi