



**ERZİNCAN OVASI TABANSUYU DÜZEYİ VE
TUZLULUK DEĞERLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMLERİ KULLANILARAK İZLEME VE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Şeyma ÖZGENEL

Yüksek Lisans Tezi

Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yasemin KUŞLU

2026

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANA BİLİM DALI

**ERZİNCAN OVASI TABANSUYU DÜZEYİ VE TUZLULUK DEĞERLERİNİN
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK İZLEME VE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

(Monitoring and Evaluation of Groundwater Level and Salinity Values in Erzincan Plain
Using Geographic Information Systems (GIS))

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şeyma ÖZGENEL

Danışman: Prof. Dr. Yasemin KUŞLU

Erzurum
Ocak, 2026



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Graduate School of Natural and
Applied Sciences

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü
TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI

**ERZİNCAN OVASI TABANSUYU DÜZEYİ VE TUZLULUK DEĞERLERİNİN
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK İZLEME VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Prof. Dr. Yasemin KUŞLU danışmanlığında, Şeyma ÖZGENEL tarafından hazırlanan bu çalışma, 23/01/2026 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Yapılar & Sulama Anabilim Dalı Tarımsal Yapılar & Sulama Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Fatih Mehmet KIZILOĞLU Atatürk Üniversitesi	Aslı ıslak imzalıdır
Danışman:	Prof. Dr. Yasemin KUŞLU Atatürk Üniversitesi	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Fatih TOSUNOĞLU Erzurum Teknik Üniversitesi	Aslı ıslak imzalıdır

Enstitü Yönetim
Kurulunun .../.../.... tarih
ve sayılı kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Alper NUHOĞLU
Enstitü Müdürü
Aslı ıslak imzalıdır

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

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ERZİNCAN OVASI TABANSUYU DÜZEYİ VE TUZLULUK DEĞERLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK İZLEME VE DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı çalışmanın tarafımdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını ve yararlandığım eserleri kaynakçada gösterdiğimi beyan ederim.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	14	30
Kaynak Özetleri	9	30
Materyal ve Yöntem	8	35
Araştırma Bulguları	1	20
Sonuçlar ve Öneriler	0	20
Tezin Geneli	8	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Şeyma ÖZGENEL	Prof. Dr. Yasemin KUŞLU
23.1.2026	23.1.2026
İmza: Aslı ıslak imzalıdır	İmza: Aslı ıslak imzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ'de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☒ Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimi süreci içerisinde ilgisini ve sabrını benden esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Yasemin KUŞLU ‘ya ve bu süreçte göstermiş oldukları destek ve sabırlarından dolayı sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

Şeyma ÖZGENEL



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERZİNCAN OVASI TABANSUYU DÜZEYİ VE TUZLULUK DEĞERLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK İZLEME VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Şeyma ÖZGENEL

Danışman: Prof. Dr. Yasemin KUŞLU

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Erzincan Ovasında sulama faaliyetleri sonucunda oluşan tabansuyu yükselmesi ve toprakta meydana gelen tuzluluk problemlerini alansal olarak tespit etmek, izlemek ve değerlendirmektir. Böylece sürdürülebilir sulama yönetimi için ilgili kurum ve kuruluşlara yol gösterilmesi hedeflenmiştir.

Yöntem: Araştırma alanı olarak Erzincan Ovasında Devlet Su İşleri (DSİ)'ne ait 116 adet tabansuyu gözlem kuyusunda çalışmalar yapılmıştır. 2024 su yılı boyunca aylık olarak kuyulardan tabansuyu derinliği ölçümleri alınmış ve bu kuyulardan elde edilen su örneklerinde elektriksel iletkenlik (EC) analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler NetCAD CBS yazılımına işlenerek eş derinlik ve eş tuzluluk haritaları oluşturulmuştur. Hazırlanan haritalar üzerinden alansal dağılım analizleri yapılmıştır.

Bulgular: Tabansuyu seviyesinin, özellikle sol sahil bölgesinde kritik seviyelere ulaştığı gözlemlenmiş olup bazı gözlem kuyularında su seviyesinin yılın çoğu ayında 0–0,5 m derinlikte olduğu tespit edilmiştir. Yüksek tabansuyu seviyesi nedeniyle toprakta tuz birikimi oluşan alanlar belirlenmiştir. Sulama tesislerinde yıllar içinde oluşan bozulmalar, sulama altyapılarının yetersiz kalması ve uygun olmayan sulama yöntemleri tabansuyu yükselmesinin başlıca nedenlerindendir.

Sonuçlar: Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nden destek alınarak yürütülen izleme ve değerlendirme çalışmaları, Erzincan Ovasındaki tarımsal alanlarda tabansuyu ve tuzluluk sorunlarının alansal olarak belirlenmesini sağlamıştır. Problemleri alanların haritalanması, drenaj sistemleri açısından alınması gereken önlemlerin belirlenmesi için bir kaynak sunmaktadır. Nihayetinde, bu çalışma ile gelecekte su stresi yaşanacağı beklenen ülkemiz adına, tarımsal sulama amaçlı kullanılan suyun verimli ve etkin yönetimi desteklenecektir.

Anahtar Kelimeler: Tabansuyu, Tuzluluk, Sulama Yönetimi, Erzincan Ovası, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS).

Ocak 2026, 72 Sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

MONITORING AND EVALUATION OF GROUNDWATER LEVEL AND SALINITY VALUES IN ERZINCAN PLAIN USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS)

Şeyma ÖZGENEL

Danışman: Prof. Dr. Yasemin KUŞLU

Purpose: The objective of this study is to spatially identify, monitor, and evaluate the rise in groundwater levels and the salinity problems occurring in the soil as a result of irrigation activities in the Erzincan Plain. In doing so, it aims to guide relevant institutions and organizations for sustainable irrigation management.

Method: The study was conducted at 116 groundwater observation wells belonging to the State Hydraulic Works (DSİ) in the Erzincan Plain. Throughout the 2024 water year, monthly groundwater depth measurements were taken from these wells, and electrical conductivity (EC) analyses were performed on the water samples obtained. The data were processed using the NetCAD GIS software to create equal-depth and equal-salinity maps. Spatial distribution analyses were then carried out based on these maps.

Findings: It was observed that groundwater levels reached critical levels, particularly in the left bank region, and in some observation wells, the water level remained at a depth of 0–0.5 meters for most months of the year. Areas with salt accumulation in the soil due to high groundwater levels were identified. The primary causes of groundwater rise include deterioration of irrigation facilities over the years, insufficient irrigation infrastructure, and the use of inappropriate irrigation methods.

Conclusions: Monitoring and evaluation activities supported by Geographic Information Systems (GIS) enabled the spatial identification of groundwater and salinity problems in agricultural areas of the Erzincan Plain. Mapping of problematic areas provides a basis for determining necessary drainage measures. Ultimately, this study supports the efficient and effective management of water used for agricultural irrigation in anticipation of future water stress in our country.

Keywords: Groundwater Table, Salinity, Irrigation Management, Erzincan Plain, Geographic Information Systems (GIS).

January 2026, 72 Pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	x
GİRİŞ.....	11
KAYNAK ÖZETLERİ.....	17
MATERYAL VE YÖNTEM	22
Materyal	22
Araştırma alanının konumu ve coğrafi özellikleri	22
Araştırma alanının iklim özellikleri	23
Araştırma alanının toprak özellikleri	24
Araştırma alanının su kaynakları	25
Araştırma alanının sulama ve drenaj tesisleri	25
Yöntem.....	30
Arazi çalışmaları	30
Büro Çalışmaları	34
Tabansuyuna ilişkin tematik haritalarının oluşturulması	34
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	38
Araştırma Alanında Gözlem ve Değerlendirmeler	38
Araştırma Alanına Ait Sulama Bilgileri ve Ürün Deseni	40
Tabansuyu Gözlem Kuyularının Ölçümlerinin ve Analizlerinin Değerlendirilmesi	41
Tabansuyu en yüksek eşderinlik eğrileri haritası	53
Tabansuyu en düşük eşderinlik eğrileri haritası.....	55
Sulamanın en yoğun olduğu ay eşderinlik eğrileri haritası	57
Tabansuyu eştuzluluk eğrileri haritası	59
Tabansuyu yüksekliği ve tuzluluğunun birlikte sorun olduğu alanlar haritası	62

SONUÇ ve ÖNERİLER	63
KAYNAKÇA	66
ÖZGEÇMİŞ.....	70



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Erzincan Meteoroloji İl Müdürlüğü Ortalama İklim Verileri (1995-2024).....	24
Tablo 2. Sulama Sularının Kalite Sınıflandırması	34
Tablo 3. Araştırma Alanında 2024 Yılı İçin Sulamaya Ait Bilgiler	40
Tablo 4. Araştırma Alanında 2024 Yılı İçin Bitki Deseni	41
Tablo 5. Araştırma Alanında Tabansuyu Gözlem Kuyuları Ölçümleri.....	42
Tablo 6. Araştırma Alanında Yapılan Ölçümlere Göre Oluşturulan Haritalar İçin Gerekli Parametreler	47
Tablo 7. Tabansuyu En Yüksek Eşderinlik Eğrileri Haritasına İlişkin Değerler.....	53
Tablo 8. Tabansuyu En Düşük Eşderinlik Eğrileri Haritasına İlişkin Değerler	55
Tablo 9. Sulamanın En Yoğun Olduğu Ay Eşderinlik Eğrileri Haritasına İlişkin Değerler....	57
Tablo 10. Tabansuyu Eştüzluluk Eğrileri Haritasına İlişkin Değerler.....	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Araştırma alanının Türkiye'deki konumu	23
Şekil 2. Araştırma alanının sulama şebekesi vaziyet planı	26
Şekil 3. Mertekli regülatörünün üstten görüntüsü	28
Şekil 4. Erzincan Barajı ve Çardaklı sulama alanı	28
Şekil 5. Sol sahil ana tahliye kanalı temizliği	29
Şekil 6. Nörkah ana tahliye kanalı temizliği	30
Şekil 7. Bazı burgu çeşitleri	31
Şekil 8. Tabansuyu gözlem kuyusu kesiti	31
Şekil 9. Kuyu koordinatlarının vaziyet planında(a) ve uydu haritasında(b) gösterimi	32
Şekil 10. Araştırma alanında tabansuyunu ölçen zil düzenli şeritmetre.....	32
Şekil 11. Araştırma alanında tabansuyu gözlem kuyusu.....	33
Şekil 12. Tabansuyu derinliğinin ölçüm prensibi ve formülü	33
Şekil 13. Kuyu noktalarında üçgen model oluşturma	37
Şekil 14. Mevcut sulama şebekesinden tahrip olmuş kanallar	38
Şekil 15. Hancıçiftliği Merasında yüzeye çıkan tabansuyu	39
Şekil 16. Saztepe Köyü tabansuyu varlığı.....	39
Şekil 17. Akyazı Köyü tabansuyu yüksekliğinin görüntüsü	40
Şekil 18. Tabansuyu en yüksek eşderinlik eğrileri haritası	54
Şekil 19. Tabansuyu en düşük eşderinlik eğrileri haritası.....	56
Şekil 20. Sulamanın en yoğun olduğu ay eşderinlik eğrileri haritası	58
Şekil 21. Tabansuyu eştuzluluk eğrileri haritası	61

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
°C	Derece
μS	Micromhos
cm	Santimetre
ha	Hektar
L/l	Litre
M	Metre
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
ml	Mililitre
mm	Milimetre (yağış, buharlaşma)

Kısaltmalar

C2S1	Orta tuzlu su sınıfı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DSİ	Devlet Su İşleri
EC	Elektiriksel iletkenlik
GD	Yeraltı su derinliği
ESP	Değişebilir sodyum yüzdesi
KML	Harita Veri Formatı
NCN	NetCAD Veri Formatı
P1	1. Pompaj
P2	2. Pompaj
P3	3. Pompaj
Ph	Asitlik derecesi

GİRİŞ

Su yönetimi, minimum günlük su tüketimi, su kaynaklarının planlanması ve yeraltı suyu tükenmesi, hızla büyüyen mega kentlerde kritik sorunlar arasında yer almakta olup, özellikle gelişmekte olan ülkelerde bu sorunların üstesinden gelmek daha zorlu bir görev haline gelmiştir. Dünya nüfusunun hızla şehirlerde yoğunlaşmasıyla, su talebinin gelecekte %55 oranında artması öngörülmektedir. Bu da su güvenliği, sürdürülebilir tüketim, eşitlik, su verimliliği gibi konularda mevcut zorlukların acilen ele alınmasını gerektirmektedir (Arfanuzzaman *et al.*, 2017).

Türkiye bilinenin aksine su zengini değil su fakiri olarak nitelendirilmektedir. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün (DSİ, 2024) verilerine göre, ülkemizde kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı yıllar içinde belirgin bir azalma göstermiştir. Kişi başına düşen su miktarı 2000 yılında 1652 m³ iken, 2009'da 1544 m³'e, 2020'de 1346 m³'e gerilemiştir. Türkiye'nin artan nüfus artışı ve küresel iklim krizinin olumsuz etkileriyle birlikte su baskısı yaşayacağı muhtemeldir. Buna göre Türkiye, bulundurduğu su potansiyelini, ekonomik ve optimum düzeyde kullanması gereken bir ülke konumundadır.

Bitkisel üretimin en önemli ve birbirini tamamlayıcı unsurları, toprak ve sulamadır. Sulama suyu, bitkilerin gelişimi için gereksinim duydukları suyun doğal yollarla karşılanamaması durumunda toprağa verilmesi gereken su miktarıdır (Kanber, 1999).

Sulama, bitkilerin gelişimi için gerekli olan suyun, doğal yağışın yetersiz olduğu veya düzensiz dağıldığı koşullarda, kontrollü bir şekilde toprağa uygulanması işlemidir. Sulamanın temel amacı, bitkinin ihtiyaç duyduğu suyu uygun zamanda ve yeterli miktarda sağlayarak verim ve ürün kalitesini artırmaktır. Aynı zamanda sulama, toprakta çözünmüş besin maddelerinin bitki kök bölgesine taşınmasını kolaylaştırmakta ve tarımsal üretimin sürekliliğini sağlamaktadır. Ancak sulama uygulamalarının yanlış planlanması ve aşırı su verilmesi, tabansuyu seviyesinin yükselmesine, drenaj sorunlarına ve toprak tuzluluğunun artmasına neden olabilmektedir (Ayers and Westcot, 1985).

Ülkemizde mevcut suyun %74'ü tarımsal sulamada kullanılmaktadır (TAGEM, 2021). Çiftçiler tarafından tercih edilen sulama yöntemleri içinde en çok su kaybı yüzeysel yapılan sulamalarda meydana gelmektedir. Çiftçilerin bilinçsiz olarak yaptıkları bu sulama yöntemi gereğinden fazla su kullanılmasına, tarım arazilerinin verimsizleşmesine, tabansuyu seviyesinin artmasına ve tuzlulaşmasına neden olmaktadır.

Tabansuyu, toprağın yüzeyi ile toprağın altında geçirimsiz bir tabaka arasında kalan suya doymun bir katmandır. Bu katmanın bitkiler için zararlı bir katman olduğu bilinmektedir (Tekinel ve Kanber, 1987).

Komşu arazilerde yapılan sulama uygulamaları, yüzey akış ve yüzey altı sızıntıları, taşkınlar ve artezyenik sular tabansuyunun yükselmesine neden olmaktadır (Gemalmaz, 1993).

Tabansuyu seviyesinin yükselmesi, doğal ve insan kaynaklı faktörlerin etkisiyle ortaya çıkmaktadır. Sulamaya açılan tarım alanlarında uygulanan aşırı ve kontrolsüz sulama, sulama suyunun bir kısmının bitki kök bölgesi tarafından kullanılamayarak derin katmanlara sızmasına ve yeraltısuyunu beslemesine neden olmaktadır. Bu durum, özellikle drenaj sistemlerinin yetersiz olduğu alanlarda tabansuyu seviyesinin zamanla yükselmesiyle sonuçlanmaktadır (Skaggs *et al.*, 1994).

Tabansuyu izleme ve değerlendirme çalışmaları; tarım arazilerinin korunması ve tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliği bakımından büyük önem taşımaktadır. Yüksek tabansuyunun ortaya çıkardığı temel problemlerden birincisi yüksek buharlaşma sonucunda kapilerite yoluyla yükselen suyun içeriğindeki tuzların toprağın yüzeye yakın katmanında birikerek bitki büyüme ve gelişmesini kısıtlaması, ikincisi ise; drenajı bozuk alanlarda tabansuyunun bitki kök bölgesi derinliğince yükselmesi sonucunda toprakta mevcut hava-su dengesinin hava yönünden bozulmasıdır. Tabansuyu seviyesindeki artış ve toprakta meydana gelen tuzluluk, tarım arazilerinin mineral içeriğini olumsuz yönde etkileyerek sulamanın sürdürülebilirliğini azaltmakta ve önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Demir ve Gözar, 2005).

Koç (2011)'a göre Dünya nüfusundaki hızlı artışa karşılık, gıda üretiminde önemli etkenler olan sulama ve drenaj olanaklarının önemini bilmek gerekmektedir. Hızla artan nüfusa yeterli gelecek gıda üretiminin sağlanması için yeni tarım alanları açılmalıdır. Ancak üretim alanları zaten son sınırına geldiği için tuzlanmadan etkilenmiş alanlardan yararlanma olanağı üstünde ciddi şekilde durulmalıdır.

Son yüzyılda, dünya genelinde tuzluluk ve sodyumluk önemli bir çevresel tehdit haline gelmiştir. Sulama yapılan arazilerin büyük bir kısmının tuz birikimi nedeniyle verim kaybı yaşadığı ya da yakın gelecekte benzer bir riske maruz kalacağı öngörülmektedir. Bu sorunlar, dünya genelinde sulanan tarım alanlarının önemli bir bölümünü etkilemesi nedeniyle gıda güvenliği konusunda ciddi sorunlar oluşturacağı öngörülmektedir (Mohanavelu *et al.*, 2021).

Chen *et al* (2022), sığ taban suyunun toprak profilinde su ve tuz hareketini önemli ölçüde etkilediğini; özellikle kapiler yükselmeye tabansuyundaki çözünmüş tuzların üst toprak

katmanlarına taşındığını belirtmiştir. Araştırmada, sulama dönemlerinde sığ taban suyu koşullarının kök bölgesinde elektriksel iletkenlik (EC) değerlerini artırdığı, bunun sonucunda bitkilerin ozmotik stres altında kaldığı ve su alımının zorlaştığı vurgulanmıştır. Ayrıca, kök bölgesinde uzun süreli doyumluk koşullarının toprakta oksijen yetersizliğine neden olduğu ve bitki gelişimini baskıladığı ifade edilmiştir. Bu etkilerin özellikle drenaj sistemlerinin yetersiz olduğu sulama alanlarında daha belirgin hale geldiğini ve tabansuyu yönetiminin tarımsal sürdürülebilirlik açısından kritik bir unsur olduğunu ortaya koymuştur.

İklim değişikliği ile tatlısu akışlarının azalması, kıyıya yakın sulak alanlara tuzlu su girişini artırır. Bu durum tatlısu akiferlerinin yeniden dolumunu azaltarak yeraltı sularını etkiler. Özellikle kurak sezonlarda (Aralık-Mayıs) tuzlu su daha iç bölgelere ulaşabilir, böylece yüzey ve yeraltı su kaynaklarında tuzluluk seviyelerini artırarak ekosistem işlevlerini değiştirir (Mazzei *et al.*, 2018).

Gemalmaz (1993)'e göre genel anlamıyla drenaj; arazilerin insanlar için elverişliliğini artırmak ve fazla suyun toprak ve arazi yüzeyinden yapay yöntemlerle uzaklaştırılması olarak tanımlanabilir. Tarımsal açıdan ise; bitkisel üretimi artırmak, verimliliği sürekli kılmak veya üretim maliyetlerini düşürmek için (net kazancı artırmak için) toprak fiziki ve hidrolik ilkeleri uyarınca fazla suyun topraktan uzaklaştırılması amacıyla farklı mühendislik yapılarının planlanması, projelendirilmesi ve yapım çalışmalarının tamamına drenaj denir.

Sulama ve drenaj birbirlerini tamamlayan iki mühendislik dalıdır. Sulamayla, kuru veya kurak koşullarda verim artışı sağlanması hedeflenirken, drenajın sulamayla bağlantısı aynı ölçüde önemsenmediğinde sulu tarım alanlarında tuzluluk, alkalilik, yüksek tabansuyu gibi geri dönüşü güç durumlar ortaya çıkmaktadır (Kanber ve ark., 2005).

Terzi (2002)'ye göre drenaj; yağış havzasına yağmur, dolu ve kar şeklinde düşen ve doğal yataklardan akan veya çukur yerlerde biriken yüzeysel sularla; zemin arasında, boşluklarda akar ya da durgun halde bulunan yeraltı sularının çevreye zarar vermeyecek şekilde kontrol altına alınarak uzaklaştırılmasıdır. Drenaj sistemleri iki farklı kısımda incelenerek dizayn edilir. Bunlar yer altı drenaj ve yüzeysel drenajdır. Yüzeysel drenaj toprak yüzeyinden suyun uzaklaştırılmasıdır. Aynı zamanda bu sayede bu su yeraltı suyuna karışmaz. Yeraltı drenajı ise yerçekimi etkisi ile akan serbest su, kılcalık sebebi ile oluşan kapiler su ve nemden dolayı oluşan su buharı varlığından meydana gelebilecek problemlerle ilgilenir.

Drenaj sorunun görülmesinde asıl neden sulama uygulamalarıdır. Sulamayla toprağa temas ederek derinlere sızan suların bir şekilde topraktan uzaklaştırılması gerekmektedir. Eğer arazi topoğrafyası uygunsa doğal yollarla; uygun değilse yapay drenaj sistemleriyle fazla suyun uzaklaştırılması mümkün kılınmalıdır. Drenaj sistemlerinin yetersiz olduğu veya hiç olmadığı

durumlarda, drenaj hacminin üstüne çıkan su miktarı, toprakta yaşlık ve drenaj sorununu ortaya çıkarmaktadır. Yukarıda sözü edilen sorun doğal durumla yani çukurlara çevre vadi ve yüksek kesimlerden sızarak gelen sular tarafından da oluşabilir. Doğal drenajın yetersiz olduğu nemli alanlarda drenaj sorununun kaynağı yağışlardır. Sulanan arazilerde ise drenaj sorunu çiftçilerin aşırı su kullanma eğilimlerinden olduğu bilinmektedir (Kanber ve ark., 2005).

Verimli ve ekonomik bir sulama ve drenaj projesi, sulama suyunun gerektiği kadar kullanılması ve arazide neden su biriktiğiyle ilgili doğru tespitlere bağlıdır. Drenaj sorunlarının ana sebebi ise, kontrolsüz ve aşırı yapılan sulamalar sonucunda tabansuyunda meydana gelen artışlardır. Bu nedenle sulamaya açılan alanlarda tabansuyu seviyesi ve niteliğinin sürekli izlenmesi, projelerde öngörülen tabansuyu seviyesinin istenilen düzeyde tutulması gereklidir. (Korukçu ve ark. 2004).

Tabansuyu seviyelerinde kriterler, sulama sezonunda bitkinin havalanma ihtiyacına, sonbahar döneminde ise yeraltı suyunun yağışlarla yükselmesiyle oluşturacağı tuzlulaşmanın önlenmesine bağlıdır. Sulama sezonunda tarla bitkileri için tabansuyunun en az 1,0 – 1,2 m arasında, meyve ağaçları için 1,2 – 1,6 m arasında derinlikleri olmalıdır. Sonbaharda oluşabilecek tuzlulaşma tehlikesine karşı tabansuyu kumlu-killi topraklar için 1,4 m'nin altında, siltli topraklar için ise 1,7 m'nin altında olması sağlanmalıdır (van Hoorn and van Alphen 1994).

Tabansuyunun neden olduğu olumsuzluklarla karşı karşıya kalmamak için, tabansuyu derinliği ve bu derinliğin kalitesinin zamansal değişiminin nasıl olduğunun bilinmesi, izlenmesi ve elde edilen sonuçlara göre önlemler alınması gereklidir (Akbaş ve ark., 2008).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), teknolojisinin sulama sahalarında tabansuyu izleme ve değerlendirme çalışmalarında kullanımı, tabansuyu derinliğinin ve tuzluluğun zamansal ve konumsal değişiminin izlenmesini hızlı, güvenli ve etkin tabansuyu model analizlerinin gerçekleştirilmesini mümkün kılmaktadır (İskenderoğlu ve ark., 2015).

CBS, sulama alanlarında tabansuyu seviyesinin mekânsal ve zamansal değişiminin izlenmesinde etkin bir araç olarak kullanılmaktadır. Tabansuyu gözlem kuyularından elde edilen ölçümler CBS ortamında değerlendirilerek, tabansuyunun yüzeye yakın olduğu alanlar belirlenebilmekte ve drenaj açısından riskli bölgeler haritalanabilmektedir. Bu yaklaşım, sulama projelerinde tabansuyu kaynaklı sorunların belirlenmesi ve yönetilmesine önemli katkılar sağlamaktadır (Arslan ve Demir, 2011).

CBS altyapısı kullanılarak sulama alanlarında tabansuyu derinliği ve tuzluluk değerlerindeki mekânsal dağılım izlenebilmekte, analiz edilebilmekte ve uzun dönemli

değişimler karşılaştırmalı olarak değerlendirilebilmektedir. CBS; coğrafi verilerin toplanması, sayısallaştırılması, depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi ve sunulmasını sağlayan donanım, yazılım, veri ve yöntem bileşenlerinden oluşan bütünleşik bir sistem olup, sayısal akıllı haritalar ve sorgulanabilir veri tabanları aracılığıyla istatistiksel analizlere ve bilgilerin sınıflandırılmasına imkân tanımaktadır (Yomralıoğlu, 2000; Başçiftçi ve ark., 2013).

Ülkemizde su ve toprak kaynaklarının durumunun izlenmesi, geliştirilmesi ve yönetilmesi konusunda öncü kuruluş olan Devlet Su İşleri (DSİ) çeşitli sulama alanlarında inşa etmiş olduğu tabansuyu gözlem kuyuları ile izleme çalışmaları yapmakta olup ihtiyaçları belirleyerek sulama ve drenaj alanında çalışmalar yapılmasını sağlamaktadır.

Tabansuyu İzleme Rehberi (DSİ, 2005) temel alınarak hazırlanan tabansuyu değerlendirme raporlarında, sulama projelerinin kapsadığı alanlarda yürütülen izleme faaliyetleri; projenin özgün tasarımında belirlenen tabansuyu derinliği kriterleri ile mevcut tabansuyu koşullarının uyumunu ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, referans tabansuyu derinliği değerleri esas alınarak işletme sürecindeki tabansuyu seviyeleri izlenmekte, kritik alanlarda oluşan ya da oluşabilecek sorunlar analiz edilmekte ve gerekli müdahale stratejilerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Her bir sulama projesi için tabansuyu derinliği ve tuzluluk durumunu ortaya koyan tematik tabansuyu haritaları hazırlanmakta olup, bu çalışmaların yürütülmesinde genellikle 1/25000 ölçekli, sulama şebekesi büyüklüğünün 10000 hektarı aşması durumunda ise 1/50000 ölçekli genel vaziyet planları kullanılmaktadır.

Tabansuyu izleme çalışmalarının yürütülmesine ilişkin yetki ve sorumluluklar, izleme faaliyetlerinin uygulanma yöntemleri, tabansuyu haritalarının hazırlanması ile tabansuyu raporlarının düzenlenmesine dair esaslar ve bu süreçlerde ihtiyaç duyulabilecek tamamlayıcı bilgiler bu kapsamda ele alınmaktadır (Demir ve Gözar, 2005).

Sonuç olarak, tabansuyu tuzluluğu, sulama sisteminin izlenmesi ve değerlendirilmesinde önemli bir parametredir. Tabansuyu tuzluluğunun yıllık alansal değişiminin belirlenmesi için, çok yıllık incelenmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Böylece, tekrarlı ve potansiyel problemlili alanların belirlenmesinden sonra istenilen veriler ortaya çıkacaktır. Elde edilen bu verilerin sürdürülebilir sulama yönetimi için kritik olduğu ve bu değişimlerin CBS gibi araçlarla ortaya konulması gerektiği bilimsel olarak da belirtilmiştir (Öztürk, 1994; Anğın ve Çatalkaya, 2019)

Bu çalışmalar sayesinde tabansuyu seviyesinin alansal olarak izlenmesi sağlanarak su kaynaklarının sürdürülebilir yönetilmesi amaçlanmıştır. Bu hareketler bağlamında değerlendirmeler yapılarak sulama hizmeti sağlayan kurum/kuruluşlar için doğru ve etkin bir sulama planlaması yapılması için esas teşkil edecektir.

Bu çalışma kapsamında, Erzincan Ovasında sulama uygulamalarına bağlı olarak oluşan tabansuyu yükselmesi ve buna bağlı olarak gerçekleşen tuzluluk problemleri, 2024 su yılı verileri esas alınarak CBS yöntemiyle izlenmiş ve değerlendirilmiştir.



KAYNAK ÖZETLERİ

Ülkemizde tabansuyu hareketlerinin izlenmesi bakımından çeşitli bölgelerde, özellikle sulu tarım yapılan alanlarda, birçok çalışma vardır (Demirören ve Köse, 1980; Cemek ve ark., 2006; Başçiftçi ve ark., 2013).

Akbaş ve ark. (2008), Tokat ili, Kazova ilçesini çalışma alanı seçmiş ve DSI tarafından açılan gözlem kuyularında 2006 yılı Temmuz ve Eylül ayları için ölçümler yapmışlardır. Yapılan ölçümler sonucu, ArcGIS programı ile tabansuyu eş derinlik ve tuzluluk haritalarını hazırlayarak değerlendirmeler yapmışlardır.

Çetin ve ark. (2021) yoğun sulama uygulamalarının yapıldığı, Aşağı Seyhan Ovasında bir araştırma yapmışlardır. Araştırmanın sonucunda tarla içi drenaj sistemlerinin yetersizliği ile ovada tuzlulaşma, drenaj ve tabansuyu tuzluluğu gibi sorunlar oluştuğunu; zaman ve mekan boyutundaki tabansuyu gözlemlerinin sürdürülebilirlik açısından önemli olacağını vurgulamışlardır.

Çatalkaya'nın (2013) Şanlıurfa ili, Harran Ovasında yaptığı araştırmada sulu tarım uygulamalarının başladığı 1995 yılından itibaren, sulama konusunda deneyim ve bilgisi yetersiz olan çiftçilerin aşırı ve bilinçsiz sulama yatırımları belirlenmiştir. Bunun sonucunda toprak özellikleri, ovanın topoğrafik yapısı, iklim koşulları ve yetersiz drenaj koşullarına bağlı olarak, Harran Ovasının orta ve güney kesimlerinde, sulama öncesinde mevcut olan tuzluluk ve yüksek tabansuyu sorunlarında ciddi bir artış gözlenmiştir. Harran Ovası IV. Kısım Kapalı Drenaj Projesinin performansının gözlenmesi için sistem kurulmadan önce mevcut 280 adet kuyu ve proje sahasına açılmış olan 10 adet gözlem kuyusundan ölçümler yapılarak tabansuyu statik seviyeleri ölçülmüştür. Drenaj sistemi kurulmadan önce ve kurulduktan sonra yapılan tabansuyu seviyesi ve tabansuyu tuzluluk değerleri ölçümleri karşılaştırıldığında, bu değerlerin düştüğü görülmüştür. Sonuç olarak drenaj sisteminin başarılı bir şekilde çalıştığı anlaşılmıştır.

Aras (2010) yürütmüş olduğu çalışmada, Aksu Ovasında bulunan Antalya Devlet Su İşleri XIII. Bölge Müdürlüğü tarafından inşa edilmiş 107 adet tabansuyu gözlem kuyusunu 2008 yılı için her ay ölçerek elde ettiği verileri ArcGIS programına işlemiştir. Böylece tabansuyunun konumuna ve dağılımına yönelik hazırlanan eş derinlik ve tuzluluk haritalarına göre ovada bazı alanlarda drenaj problemi ve tabansuyunda tuzluluk tespit edilmiş olup, su dağıtım planlaması ve çiftçilerin sulama alışkanlıklarının iyileştirilmesi gerektiğinin önemini vurgulamıştır.

Özbuldu ve ark. (2018) Hatay ili, Kırıkhan İlçesinde DSİ tarafından açılmış 60 adet tabansuyu gözlem kuyusunda 2004, 2008, 2012, 2016 yıllarında yapılan ölçümler baz alınarak sulamanın en yoğun olduğu ay olan Temmuz ayı için tabansuyu eş derinlik haritaları ve tabansuyu derinliklerinde meydana gelen değişimler ILWIS CBS ile incelemişlerdir. Tabansuyu derinliklerinde gözlemlenen değişimlerin şebekeye alınan sulama suyu miktarları ile karşılaştırması yapılmıştır. Sonuç olarak tabansuyu derinliklerinde şebekeye alınan sulama suyu miktarı arasında önemli bir bağlantı olduğu sonucuna varmışlardır.

Çetin ve Diker (2003), Aşağı Seyhan Ovasında 8494 hektarlık bir alanı çalışma alanı olarak seçmiş ve tabansuyu derinliklerinde meydana gelen değişimlerin alansal dağılımı ile drenaj problemi görülen alanların belirlenmesi amacıyla bir CBS yazılımı olan ArcView 3.0a kullanılmıştır. Çalışmada 85 adet tabansuyu gözlem kuyusundan seviye ve EC değerleri elde edilmiştir. Farklı dönemlerde elde edilen ölçümler, ters mesafe ağırlıklı (IDW) mekânsal enterpolasyon yöntemi ile değerlendirilerek tabansuyu derinliği ve tuzluluk haritaları üretilmiştir. Elde edilen bulgular, tabansuyu seviyesinin yüzeye yaklaştığı alanlarda tuzluluk değerlerinin arttığını ve bu durumun özellikle drenaj koşullarının yetersiz olduğu ve yoğun sulama uygulamalarının yapıldığı alanlarda yoğunlaştığını ortaya koymuştur. Araştırma sonuçlarına göre, çalışma alanının %99,8'inde drenaj problemi bulunduğu belirlenmiş; bu durumun başlıca nedenleri aşırı sulama uygulamaları ile drenaj kanallarında biriken rusubat nedeniyle sistemlerin işlevini yeterince yerine getirememesi olarak ifade edilmiştir. Çalışma sonunda, alanın büyük bir bölümünde sürdürülebilir tarımsal üretimin sağlanabilmesi için yeraltı (borulu) drenaj sistemlerinin gerekli olduğu vurgulanmıştır.

Özer (2007), Mersin ili Mezitli ilçesi ile Berdan Çayı arasında kalan alanda, yerüstü ve yeraltı sularının kalite özelliklerindeki değişimlerin incelenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla CBS kullanmıştır. Çalışmada su kalitesinin belirlenmesine yönelik EC, sertlik, nitrit ve nitrat gibi su kalite parametreleri değerlendirilmiştir. İncelenen bu parametrelerdeki zamansal ve mekânsal değişimlerin izlenmesi amacıyla CBS tabanlı modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda çözüm önerileri geliştirilmiştir.

Gündoğdu (2004), Kuzeybatı Anadolu'da bulunan 15500 hektarlık Mustafa Kemal Paşa sulama alanını ele almıştır. Bu çalışmada proje alanında bulunan 200 adet tabansuyu gözlem kuyusunda 2002 yılı Temmuz ayına ait tabansuyu derinlikleri kullanılmıştır. Tabansuyu derinlik değerlerinin yersel dağılımı çeşitli jeostatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir.

Demirtaş (2008), Doğu Anadolu Bölgesinde iklimi bir alanda bulunmasından dolayı önemli bir tarım potansiyeline sahip olan Iğdır Ovasında çiftçilerin, tarımsal sulamada kullanılan suların ve diğer atık suların tahliye edildiği drenaj kanallarındaki suların yeniden

tarımsal sulamada kullanılmasına değinerek bu suların kalitesini incelemiştir. Sonuç olarak; suyun bazı parametreleri normal olsa da, tuzluluk ve alkalilik açısından tarımsal sulama için III. sınıf su olarak sınıflandırılmış ve özel önlemlerin alınması gerektiği anlaşılmıştır. Bu nedenle tuza dayanıklı bitkiler yetiştirilmesi ve özel toprak işleme yöntemlerinin uygulanması önerilmiştir.

Çetin ve arkadaşları (2021) tarafından yürütülen çalışmada, tarımsal sulama uygulamalarının tabansuyu kalitesi ve derinlikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada, gözlem kuyularından alınan su örnekleri laboratuvar analizlerine tabi tutulmuştur. Özellikle, su örneklerinin sızdırmaz kapaklı numune şişelerine alındığı ve soğuk zincirle aynı gün içerisinde laboratuvara ulaştırıldığı belirtilmiştir. Bu yöntem, örneklerin taşınması sırasında oluşabilecek kimyasal değişiklikleri en aza indirmeyi amaçlamaktadır.

Harran Ovasında yürütülmüş bir çalışmada, CBS kullanılarak statik ve dinamik su seviyeleri ile kuyu verim değerleri sınıflandırılmış ve tematik haritalar oluşturulmuştur. Bu haritalar, hidrojeolojik değerlendirmelerde önemli bir rol oynamıştır (Çelik ve Ark., 2017).

Tuzluluk, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde görülen önemli bir toprak sorunudur. Yetersiz yağış, yüksek buharlaşma ve hatalı sulama uygulamaları tuzluluk probleminin başlıca nedenleri arasında gösterilir. Yüksek tabansuyu seviyeleri, çözünabilir tuzların kapilerite yoluyla toprak yüzeyine taşınmasına ve buharlaşma sonucu yüzeyde birikmesine neden olur. Tuzlu topraklarda en yaygın anyonlar klorür (Cl^-) ve sülfat (SO_4^{2-}), katyonlar ise sodyum (Na^+), kalsiyum (Ca^{2+}) ve magnezyum (Mg^{2+})'dur. Tuzluluk; toprak verimliliğini düşürür, bitki gelişimini sınırlar ve ekonomik kayıplara yol açar. Tuzlulukla mücadelede başlıca yöntemler uygun drenaj sistemlerinin kurulması, düşük tuz içeriğine sahip suyla kontrollü sulama yapılması, toprak yıkama işlemleri ve bitkisel üretim için tuza dayanıklı bitkilerin tercih edilmesidir. Ayrıca, tuzlu toprakların teşhisinde elektriksel iletkenlik (EC), pH ve değişebilir sodyum oranı (ESP) gibi parametreler kullanılır. Bu yöntemler sayesinde tuzlu topraklar ekonomik olarak üretime kazandırılabilir (Akgül, 2003).

Bafra Ovasında yapılan bir çalışmada, toprak tuzluluğu ve sodikliliğinin mekânsal ve zamansal değişimi jeostatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir. Farklı derinliklerden alınan toprak örneklerinde pH, EC ve ESP gibi parametreler değerlendirilmiş ve bu veriler doğrultusunda tuzluluk ve sodiklilik haritaları oluşturulmuştur. Araştırma sonucunda, özellikle EC ve ESP değerlerinin yüksek değişkenlik gösterdiği, bu nedenle toprak yönetiminde bölgesel planlamaya gidilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Çalışma, sürdürülebilir sulama uygulamalarının geliştirilmesi açısından önemli bilgiler sunmaktadır (Taşan ve Demir, 2019).

Apan (2010) Erzincan Ovasında su kaynakları, toprak varlığı ve toprak-su ilişkilerini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre, Erzincan Ovasında; sulama randımanının düşük olduğu, çiftçilerin sulama bilgisinin yetersiz olduğu, toprakların tınlı olduğu ve su tutma kapasitesinin yüksek olduğu, bölgede drenaj problemi olan yerlerde tabansuyunun yükseldiği ve tarımsal üretimin olumsuz etkilendiği görülmüştür.

Menemen Sol Sahil sulama alanı üzerine yapılan bir çalışmada, tabansuyu seviyesinin ve kalitesinin mekansal ve zamansal değişimleri incelenmiştir. Öneriler kısmında, mevcut tarla içi drenaj sistemlerinin kontrol edilerek çalışmayanların bakım ve onarımının yapılması, olmayan alanlara ise yeni sistemlerin kurulması gerektiği belirtilmiştir (Korkmaz ve ark., 2016).

Tabansuyunun tuzsuz olması durumunda drenaj suyu, sulama suyu olarak kullanılabilir. Drenaj suyunun marjinal araziler üzerinde kullanılması ile ek bir sulama suyu kaynağı oluşturularak, drenaj suyunun hacmi de azaltılabilecektir. Böylece tatlı su kaynaklarına olan talebi azaltarak bu kaynakların verimli kullanılmasına katkı sağlayacaktır (Oster and Grattan, 2002).

Tanji and Kielen (2002), drenaj sularının uygun drenaj sistemleri ile kullanılması ve tuzluluğun kontrol edilmesi halinde toprak verimliliği üzerinde olumsuz bir etki oluşturmada sulamada kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Toprak tuzluluğunun azaltılması ve kontrol altına alınması, özellikle sulama yapılan alanlarda, 21. yüzyıl tarımının en önemli zorluklarından biridir. Bu zorluğun üstesinden gelebilmek için toprak tuzluluğunu doğru, hızlı ve etkin bir şekilde ölçmek, envanterini çıkarmak, haritalamak ve izlemek gerekir (Amezket, 2006).

Sulama alanlarında tabansuyu düzeyi ve tuzluluk değişimlerinin izlenmesi ve değerlendirilmesine yönelik yapılan CBS tabanlı çalışmalar, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği, toprak ve su kaynaklarının korunması ile sulama–drenaj yönetiminin etkinliğinin artırılması açısından çok önemlidir. Bu tür çalışmalar sayesinde tabansuyunun zamansal ve mekânsal durumu ortaya konulabilmekte, riskli alanlar önceden belirlenerek gerekli önlemlerin alınması mümkün olmaktadır. CBS ve jeoistatistiksel analizlerin kullanımı sayesinde yalnızca mevcut durumun belirlenmesi değil, aynı zamanda uzun vadeli planlama, izleme ve karar verme süreçlerinin bilimsel temellere dayandırılmasını sağlamaktadır (Yomralıoğlu, 2000).

Sulama alanlarında yeraltı suyu derinliği (GD) ve EC değerlerinin mekânsal ve zamansal değişimlerinin CBS ve jeoistatistiksel yöntemlerle izlenmesi, su kaynaklarının etkin

yönetimi açısından büyük önem göstermektedir. Köprüçay Sulama Sistemini ele alan çalışmada, GD ve EC değerlerinde belirgin mekânsal farklılıklar ve zamansal eğilimler tespit edilmiş; özellikle GD açısından riskli alanların yaygın olduğu, EC bakımından ise riskli alanların daha sınırlı olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, bölgeye özgü sulama ve drenaj yönetim stratejilerinin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır (Karatas ve ark., 2025).



MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

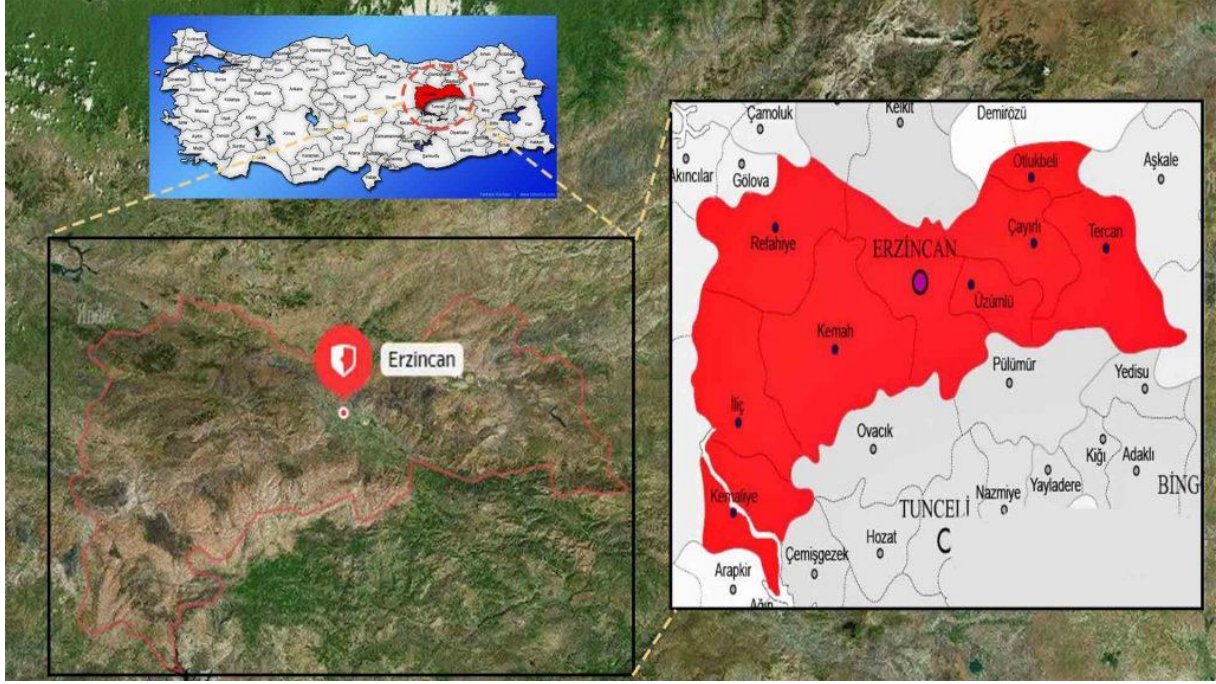
Çalışma alanı olarak Erzincan ilinde DSİ tarafından 1964 yılında kademeli olarak işletmeye açılan Erzincan Ova sulaması drenaj şebekesi belirlenmiştir (Şekil 1). DSİ’ce sulama amaçlı inşa edilmiş tesisler kapsamında cazibe, pompaj ve yer altı suları takviye kuyuları yer almaktadır. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Erzincan Ovası sulama sahasında, tabansuyu izleme çalışmalarına 1976 yılında başlamıştır. Bu izleme çalışmaları, tabansuyundaki değişimlerin kontrolü ve drenaj alanında ki ihtiyaçların tespiti, geçmiş yıllarda yapılan raporlara ek olarak sulama alanındaki drenaj durumuna ışık tutması ve bakım-onarım faaliyetlerinin saptanabilmesi için yapılmaktadır.

Araştırma alanının konumu ve coğrafi özellikleri

Çalışma alanı olan, Erzincan İli, 11903 km² yüz ölçümüne sahiptir. Erzincan İli, Doğu Anadolu Bölgesi, Yukarı Fırat Bölümü’nde yer almakta olup 39° 02'-40° 05' kuzey enlemleri ile 38° 16'- 40° 45' doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Şehir, deniz seviyesinden yaklaşık 1185 metre yükseklikte bulunur. Erzincan Ovası yaklaşık 570 km² alana sahiptir. Erzincan Ovası kuzey-güney yönünde uzunluğu 20 km uzunluğa sahipken doğu-batı yönünde uzunluğu 40 km ‘dir. Çalışma alanının ana yer şekillerini dağlar, platolar, ovalar ve etek düzlükleri oluşturmaktadır. Erzincan Ovası çevresinde Türkiye ‘de başka hiçbir ovada görülmeyecek şekilde nispi yüksekliğe sahip dağlık alanlar vardır (Akkan, 1963). Erzincan, özellikle Doğu Anadolu Bölgesi başta olmak üzere Türkiye’nin diğer illeriyle karşılaştırıldığında hem doğal hem de beşeri coğrafya özellikleri açısından dikkat çekici farklılıklar sergileyen idari birimlerden biridir. İl toprakları, Türkiye ortalama yüksekliği olan 1132 metrenin oldukça üzerinde, yaklaşık 1812 metre yükseltidedir. Bu özelliğiyle Erzincan, Türkiye’nin en yüksek yerleşim alanlarından biri olma niteliği taşır. İl sınırları içerisindeki alanın %72,6’sı 1500 metrenin üzerinde konumlanmışken, en geniş yüzeyi kaplayan yükselti basamağı ise %31 oranıyla 2000 metrenin üzerindeki sahalardır (Özşahin ve ark., 2016).

Ova tabanının oldukça düz yapıda olan şeklini kuzeybatıda Otlukbeli, kuzeydoğuda Esence dağları, güneyde ise Munzur (Mercan) dağları bozmaktadır (Ardos, 1985). Otlukbeli Dağları, Erzincan Ovası’nın kuzeybatısında yer alarak Kelkit Çayı Havzası ile Fırat Havzası’nı birbirinden ayıran bir su bölümü çizgisi oluşturur. Karadağ (2832 m), Çimen (2790 m), Kazdağı

(2662 m), Ahi (2989 m) ve Spikör (2390 m) gibi önemli dağları barındırır ve doğu-batı yönünde uzanır. Kuzeyde, Otlukbeli Dağları'nın güneydoğuya doğru uzantısı olan Esence Dağları (Keşiş Tepe, 3537 m ve Urla Tepe, 3518 m), Çayırli Ovası ile Erzincan Ovası arasında bir su bölümü oluşturur. Batıda Karadağ (2846 m) ve Köhnem (3045 m) Dağları, güneyde ise Güneydoğu Toroslar'ın kuzeye uzanan Munzur-Mercan Dağları (Kazankaya, 2531 m; Ergan, 3256 m; Bakıl, 2820 m; Hel, 3345 m; Akbaba Tepe, 3462 m) bu coğrafyada yer alır (Polat ve Altınbilek, 2021).



Şekil 1. Araştırma alanının Türkiye'deki konumu

Araştırma alanının iklim özellikleri

Doğu Anadolu Bölgesi, Türkiye'nin en yüksek ve dağlık bölgesi olması nedeniyle, diğer bölgelerden çok farklı iklim özellikleri taşır. Karasal iklimin yoğun etkisi altında olan bu bölgede, geniş sahalarda homojen iklim karakterleri yerine, dar alanlarda büyük farklılıklar gözlemlenir. Erzincan Ovası, bu yüksek dağ sıraları arasında yer aldığı için morfolojik yapısına bağlı olarak çevresine kıyasla farklı bir iklim karakteri sergiler (Akkan 1963).

Erzincan'da kış ayları oldukça soğuk geçmekte olup sıcaklıklar -2°C ile 0°C civarında seyretmektedir. Yaz ayları ise belirgin sıcaklık artışı gösterir ve özellikle Temmuz–Ağustos dönemlerinde $24-25^{\circ}\text{C}$ seviyelerine ulaşır. Yıllık ortalama sıcaklık yaklaşık 12°C civarındadır. Yağış miktarı yıl içerisinde büyük farklılıklar gösterir. İlkbahar ve kış aylarında yağış artarken, yaz aylarında belirgin düşüş görülür. En yağışlı aylar Mart–Nisan, en kurak aylar ise Temmuz–Ağustos dönemidir. Kar örtüsü özellikle Aralık–Mart döneminde etkili olup en yüksek değerler Ocak ve Şubat aylarında görülür. İlkbahar ile birlikte kar örtüsü hızla azalır. Erzincan,

güneşlenme süresi açısından zengin bir bölgedir. Özellikle Haziran–Temmuz–Ağustos dönemlerinde güneşlenme süresi maksimuma ulaşır. Kış aylarında ise bulutluluk artışına bağlı olarak süreler azalır. Bu iklim özellikleri birlikte değerlendirildiğinde Erzincan, karasal iklimin karakteristik özelliklerini taşıyan, yazları sıcak – kışları soğuk, yağış dağılımı düzensiz bir yerleşim alanıdır.

Tablo 1. Erzincan Meteoroloji İl Müdürlüğü Ortalama İklim Verileri (1995-2024)

Erzincan	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Sıcaklık (°C)	-1,5	0,5	5,5	11,3	15,9	20,8	24,5	24,9	19,8	13,1	6,1	0,9	11,8
Yağış (mm)	27,7	26,1	49,9	55,4	56,8	27,5	15,4	6,8	18,3	39,4	35,5	25,6	32,0
Bağıl Nem (%)	71,1	67,3	60,9	55,8	55,8	49,7	45,1	44,2	47,9	60,7	66,8	72,0	58,1
Rüzgâr Hızı (m/s)	1,0	1,2	1,5	1,5	1,3	1,4	1,5	1,4	1,1	0,9	0,9	1,0	1,2
Kar Yüksekliği (cm)	5,7	5,7	2,3	0,9	–	–	–	–	4,0	3,7	2,9	–	3,6
Güneşlenme (saat/gün)	3,2	4,5	4,7	5,6	6,8	8,9	9,6	8,9	7,7	6,1	4,6	3,1	6,1

Araştırma alanının toprak özellikleri

Araştırma alanının kuzey ve kuzeydoğusundaki topraklar alüviyal ana materyalden oluşmuş olup, orta ağır ve ağır bünyelidir. Geçirgenlikleri düşük olduğundan havalanma sorunları yaşanabilir. Güney kısmındaki topraklar ise alüviyal ve kollüviyal kökenli olup geçirgenlikleri ise orta-yavaş arasındadır. Genel olarak orta derinlikte olan toprakların organik madde ve potasyum içerikleri yüksektir, ancak fosfor içerikleri düşüktür. Hafif alkalilik gösteren bölgelerde pH genellikle 7,5-8,5 arasındadır ve bu değerler çoğunlukla tarım için uygun sayılabilir (Fayrap, 2010).

Erzincan ili, hâkim iklim koşullarının etkisiyle zengin bir bitki örtüsüne sahip değildir. Sürekli ve geniş alanlara yayılmış ormanlar bulunmamakla birlikte uygun yağış ve sıcaklık koşulları sonucunda yükselti ve korunaklı alanlarda yer alan parçalı ormanlık bölgeler gelişim göstermektedir. İl genelindeki doğal örtüde step formasyonları belirgin şekilde egemen durumdadır ve geniş ağaçsız alanlar yer almaktadır. Mevcut orman alanları ise genellikle bozuk yapılı, seyrek görünümlü ve baltalık nitelik taşımaktadır. Yükselti, bakı ve diğer topoğrafik özelliklerin iklim karakterine olan etkileri doğrultusunda Erzincan arazisi üzerinde toprak çeşitliliği dikkat çekmektedir. Bölgede dokuz farklı ana toprak grubu tespit edilmiştir: alüviyal topraklar, kolüviyal topraklar, kahverengi orman toprakları, kireçsiz kahverengi orman toprakları, kırmızı-kahverengi topraklar, kestane renkli topraklar, kahverengi topraklar,

kalkersiz kahverengi topraklar ve bazaltik topraklar. Bu gruplar arasında kırmızı-kahverengi topraklar en geniş yayılım gösteren grup olup, il genelinde yaklaşık 2313 hektarlık bir alanı kaplamaktadır (Atabay ve Ayaşlıgil, 2005).

Erzincan Ovası, Doğu Anadolunun en geniş ve en verimli alüviyal ovalarından biridir. Fırat Nehrinin kollarıyla beslenen verimli alüviyal topraklara sahip olan Erzincan Ovası kumlu-tınlı, organik maddece zengin toprakları ve bölge ortalamalarına göre elverişli iklim şartları sayesinde tarımsal potansiyeli yüksek bir yerdir. Erzincan Ovasında yetiştirilen başlıca tarımsal ürünler; Şeker Pancarı, Buğday, Arpa, Mısır, Meyve, Sebze olarak sayılabilir.

Araştırma alanının su kaynakları

Erzincan Ovasının iklimi ve tarımsal faaliyet potansiyeli göz önüne alındığında tarımsal sulamada kullanılan su kaynakları büyük önem taşımaktadır. Erzincan Ovasında tarımsal sulamada başlıca ve en önemli su kaynağı Fırat Nehrinin Karasu koludur.

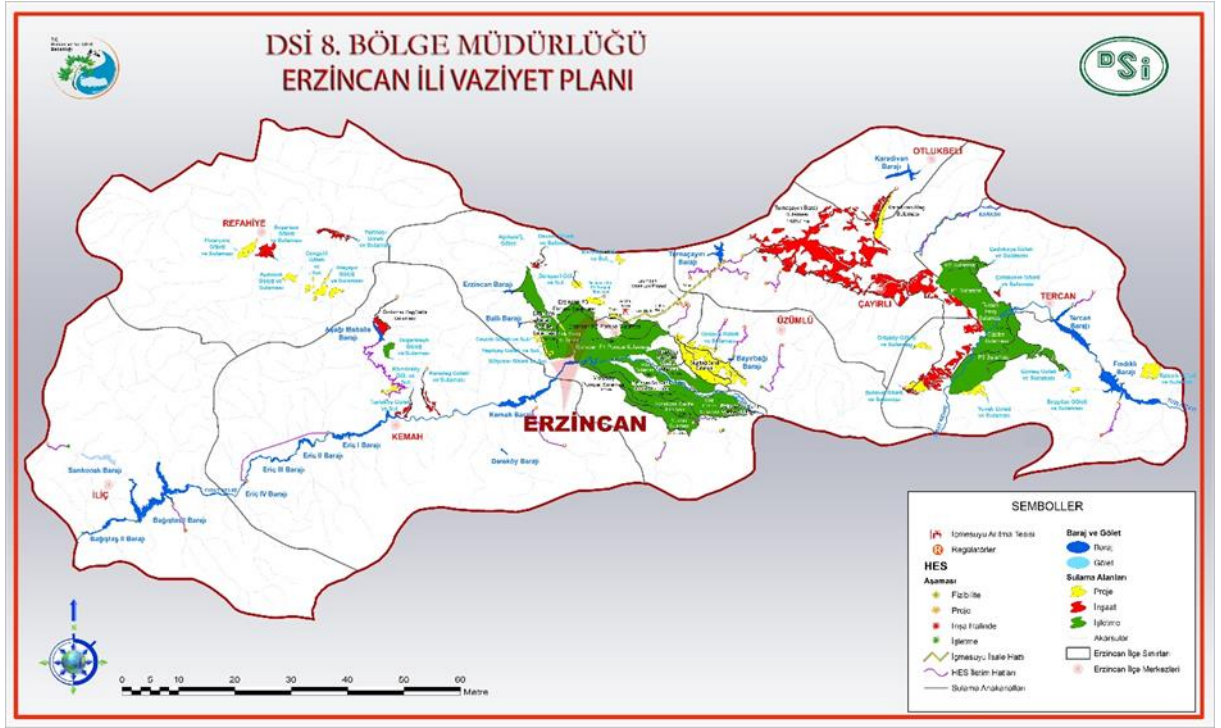
Mercan, Kom, Cimin, Pahnik ve Sürperen suları ile Çardaklı Deresi Karasu koluna birleşerek Fırat Nehrini beslemektedir. Bölgedeki akarsuların büyük çoğunluğu sel karakterli olup, özellikle ilkbaharda karların erimesi ve yağışlarla birlikte kabarak taşkınlara sebep olabilmektedir. Erzincan Ovasında büyük ölçekli göl bulunmamaktadır (Erzincan Valiliği, 2025).

Araştırma alanının sulama ve drenaj tesisleri

İklim ve toprak şartları göz önüne alınarak maksimum fayda gözetilerek tarımsal faaliyetlerin yürütülmesi maksadıyla araştırma alanında, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 1958 yılında başladığı ‘Erzincan Ovası Sulama Şebekesi’ inşaatını kademeli olarak tamamlayarak kırsal kalkınmaya destekte bulunmuştur.

Erzincan Ovasında toplam 29112 hektarlık tarım arazisi sulamaya açılmıştır. İnşa edilen sulama tesisleri Ovanın topoğrafik koşullarına göre hem cazibe (yerçekimiyle) hem de pompaj (basıncılı sistem) sulaması ile gerçekleştirilmektedir. Bölgenin en önemli yüzey suyu kaynağı olan Fırat (Karasu) Nehri üzerine kurulu regülatör ve sulama tesisleri, ovanın farklı bölgelerine su iletimi sağlamaktadır.

Erzincan Ovası Sulama Projesi kapsamında DSİ tarafından inşa edilmiş tesisler; Erzincan Sol Sahil Cazibe ve Pompaj Sulama Tesisleri, Erzincan Sağ Sahil Cazibe ve Pompaj Sulama Tesisleri, Ada ve Altınbaşak Sulama Tesisleri olmak üzere üç kısım olarak ele alınmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Araştırma alanının sulama şebekesi vaziyet planı (DSİ 82. Şube Müdürlüğü)

1951 yılında hizmete alınan Erzincan Sol Sahil Cazibe Sulaması ile birlikte 4600 hektarlık alan sulanabilir hale gelmiştir. Bu sisteme ek olarak Konakbaşı Cazibe Sulaması ile 1860 hektar, Şıhlı Cazibe Sulaması ile 1520 hektar, Mercan Sulaması ile 1950 hektar alan sulanmakta, 1985 yılında devreye giren Mollaköy Pompaj Sulaması ile de 1100 hektarlık alanda sulama yapılabilmektedir. Böylece toplamda 11030 hektarlık alan bu sistemlerden faydalanmaktadır. Sulama şebekesi, Fırat (Karasu) Nehrinin sol yakasında yer almakta ve su temini Gökburun, Girlevik ve Mercan Deresi, Şıhlı (Karasu) regülatörleriyle sağlanmaktadır.

1985 yılında işletmeye açılan Erzincan Sağ Sahil Cazibe ve Pompaj Sulama Tesisi, cazibeli sistemle 4847 hektar, pompajlı sistemle ise 9635 hektar olmak üzere toplam 14482 hektarlık alanı sulamaktadır. Sulama şebekesi, Erzincan Merkez Ovasının sağ sahilinde konumlanmakta olup, sulama suyu kaynağı ise Erzincan Barajı, Mertekli, Çardaklı ve Çarhanek regülatörlerinden sağlanmaktadır.

1951 yılında sulamaya açılan ve 1997 yılında resmi olarak kurulan Ada ve Altınbaşak sulama tesisleri ile toplam 3600 hektar alan sulanmaktadır. Bu alanın 2300 hektarı sağ sahilde, 1300 hektarı ise sol sahilde yer almaktadır. Sulama suyu Mertekli Regülatöründen sağlanmakta ve sulama şebekesi Erzincan Merkez Ovasının her iki yakasına hizmet vermektedir (Şekil 3).

Mertekli Regülatörü, Mertekli İsale Kanalı ile P1, P2 ve P3 pompalarına su temini sağlamaktadır. Aynı isale kanalından Altınbaşak Varyant Kanalı aracılığıyla Altınbaşak ve Ada sulamalarına da su takviyesi yapılmaktadır. Altınbaşak Varyantı ile Mertekli İsale Kanalından

alınan su, cazibe ile Altınbaşak sulamasına, Fırat Nehrinden geçen sifon yapısı aracılığıyla ise karşı tarafa geçerek Ada sulamasına ulaştırılmaktadır. Bu şekilde Balıbey, Mahmutlu ve Güllüce köylerinin sulaması sağlanmaktadır. P1, P2 ve P3 sulama sahalarında ise Buğdaylı, Başpınar, Aydoğdu, Beşsaray ve Keklikkayası köyleri arasında kalan alanlar faydalanmaktadır.

Erzincan sağ sahilde yer alan Erzincan Çardaklı Projesi ve Erzincan Baraj Sulaması ile doğuda Yalnızbağ, kuzeyde Hacıali Palangası ve güneyde Çatalarmut köyleri arasında kalan alanlar sulanmaktadır (Şekil 4).

Gökburun Regülatöründen alınan su, Sol Sahil Cazibe Ana Kanalı vasıtasıyla Soğukoluk ve Pınarönü köyleri arasında kalan alanları sulamaktadır. Ayrıca bu kanaldan gelen su, Mollaköy Pompa İstasyonundan terfi ettirilerek Gölpınar ve Mollaköy beldesi arasındaki alanlara ulaştırılmaktadır.

Erzincan, Merkez, Kalecik ve Girlevik köyleri içinden geçen Akpınar ve Geli derelerinden gelen su, Girlevik-1 HES tesisinde enerjisi alındıktan sonra Girlevik İletim Kanalına aktarılmaktadır. Mercan Deresinden alınan su ise Mercan Sağ Sahil Ana Kanalı üzerinden Girlevik-2 ve Mercan HES tesislerinde enerji üretiminden geçirildikten sonra Konakbaşı Ana Kanalına verilmektedir. Bu kanal aracılığıyla Karatuş ile Türkmenoğlu köyleri arasında kalan alanlar sulanmaktadır.

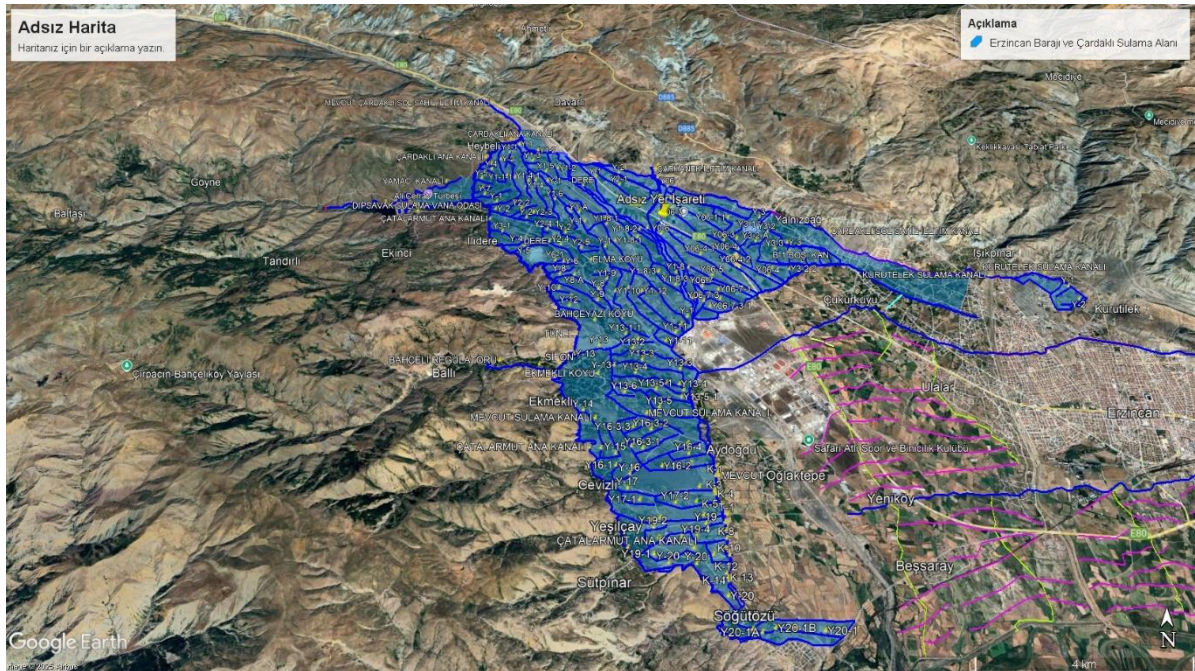
Mercan Deresinden alınan su, Mercan Regülatörü ile Mercan Sağ Sahil ve Sol Sahil Ana Kanalları üzerinden Günbaşı ve Yaylabaşı köyleri arasında kalan alanların sulanmasını sağlamaktadır.

Şıhlı (Karasu) Regülatörü, sol sahil cazibe sulamasından dönen sular ve yüzey akış sularının birleşmesiyle oluşan akımı toplayarak Uluköy ile Sazlıpınar arasında kalan alanlara sulama suyu sağlamaktadır.



Şekil 3. Mertekli regülatörünün üstten görüntüsü (DSİ Genel Müdürlüğü)

Ayrıca Erzincan Ovasında yürütülen sulama faaliyetlerinde, mevcut ana sulama şebekesi haricinde, çevredeki dağlık alanlardan ovaya doğru inen ve genellikle düşük debili akışa sahip olan küçük derelerden de yararlanılmaktadır. Tatlısu, Kalecik, Bahçeli ve Üzümlü gibi dereler, yıllık ortalama 0,4–0,8 m³/s arasında değişen debileriyle sulama açısından sınırlı kaynak niteliğindedir. Bu akarsuların önemli bir kısmı yaz aylarında akışını tamamen yitirmekte ve Fırat (Karasu) Nehrine ulaşmadan kurumaktadır. Bu küçük çaplı yüzey suları, çevrelerinde yer alan sınırlı büyüklükteki tarım arazilerinin sulanmasında yardımcı nitelikte kullanılmaktadır (Hayli, 2002).



Şekil 4. Erzincan Barajı ve Çardaklı sulama alanı (DSİ 82. Şube Müdürlüğü)

Araştırma alanında drenaj sistemleri en etkin şekilde sol sahil kısmında yer almakta olup, burada kurulu olan açık drenaj şebekesi; ana boşaltım kanalı, bu kanala bağlı toplayıcı ve tersiyer drenaj kanalları ile yüzey boşaltım kanallarından oluşmaktadır. Sol sahil ana boşaltım kanalı 22062 metre uzunluğundadır ve doğrudan Fırat Nehrine bağlanmaktadır. Bu kanalın memba kısmında Sarısu ve Karasu adlı doğal boşaltım kanalları yer almakta olup, bunlara bağlı olarak toplayıcı drenaj sistemleri de bulunmaktadır. Ayrıca ana boşaltım kanalına çeşitli yan dereler de boşalmaktadır. Mansap kısmında ana boşaltım kanalının derinliği 2,50 ile 3,00 metre arasında değişmekte, toplayıcı ve tersiyer boşaltım kanallarının derinlikleri ise 1,20 ile 1,50 metre arasında farklılık göstermektedir. Sulama şebekesi işletmeye açıldıktan sonra ihtiyaç duyulan bölgelerde tersiyer sulama kanallarına paralel olarak yüzeysel drenaj kanalları da açılmıştır. Bu açık drenaj sistemlerine ek olarak, Hacı Fevzi Bükü yöresinde 4 kilometre uzunluğunda, herhangi bir boşaltım kanalına bağlı olmayan ve suyunu doğrudan Fırat Nehrine ileten bir açık kurutma kanalı bulunmaktadır. Ayrıca bölgede üreticilerin kendi olanaklarıyla açtıkları ve tarla sınırlarından geçen gelişigüzel açık drenaj kanalları da gözlenmiştir. Araştırma alanındaki 20 yerleşim biriminden Yalınca, Değirmenköy, Küçük Kadoğan, Soğukoluk, Sazlıpınar, Çatalören köyleri ile Mollaköy Beldesi arazilerine, Köy Hizmetleri X. Bölge Müdürlüğü tarafından kapalı (yüzeyaltı) drenaj şebekesi yapılmıştır. Bu kapalı drenaj sistemleri, yüzey altına döşenmiş beton borulardan oluşmakta ve belirli bölgelerde yüzey suyunun kontrollü bir şekilde tahliyesini sağlamaktadır (Fayrap, 2002).



Şekil 5. Sol sahil ana tahliye kanalı temizliği (Özgün, Şeyma ÖZGENEL)



Şekil 6. Nörkah ana tahliye kanalı temizliği (DSİ Genel Müdürlüğü)

Çalışma alanında araştırma yılı kapsamında, Sol Sahil Ana Tahliye Kanalında yaklaşık 14 km, Nörkah Ana Tahliye Kanalı ise yaklaşık 3 km uzunluğundaki kesimde rüsubat temizliği çalışmaları yürütülmüştür (Şekil 5;6).

Yöntem

Arazi çalışmaları

Bu aşamada, araştırma kapsamında sahada gerçekleştirilen uygulamalar ve gözlemler açıklanarak ele alınmıştır.

Çalışma alanında tabansuyu gözlem kuyuları ve ölçümleri

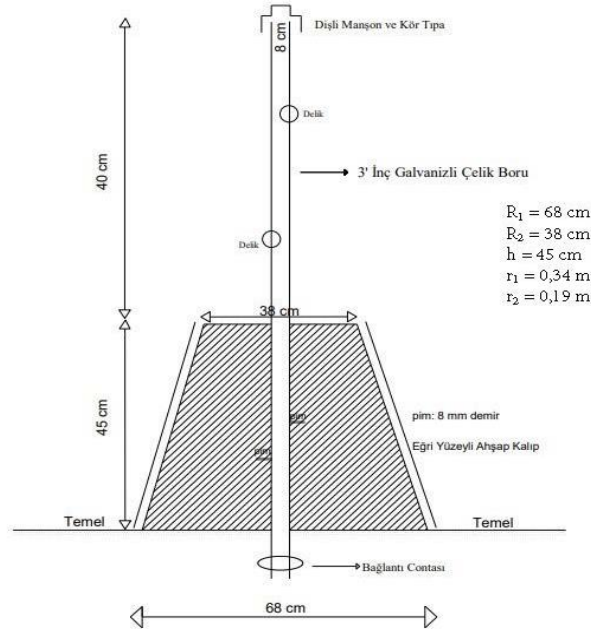
Erzincan Ovasında, yeraltı su seviyelerinin izlenmesi ve tarımsal sulama yönetiminin etkinleştirilmesi amacıyla DSİ tarafından açılan 116 adet tabansuyu gözlem kuyusunun 84 adedinde araştırma yürütülmüştür. Gözlem kuyularının sahadaki konumlarını belirlemek amacıyla ihtiyaç duyulan koordinatlar, UTM koordinat sistemi ve WGS84 datumuna göre GPS cihazı kullanılarak tespit edilmiş ve arazi çalışmaları yapılırken yerlerinin bulunmasında fayda sağlamıştır.

Gözlem kuyularının yeri seçilirken bazı kriterler dikkate alınmıştır. Kuyuların her biri 100 hektarlık alanı temsil edebilecek şekilde, sulama alanının genel topoğrafyasına uygun ve ortalama yükseklikte yer alan, tarla sınırlarından ve yol kenarlarından uzakta olacak şekilde seçilmiştir ve çok eğimli alanlar tercih edilmemiştir.

Kuyular, toprağın yapısı ve geçirimsiz tabaka dikkate alınarak, burgu yardımıyla 8-10 cm çapında açılmıştır (Şekil 7). İçlerine delikli PVC borular yerleştirilmiş ve boruların etrafı ise kum ve çakıl gibi filtre malzemeleriyle doldurularak tıkanmalar önlenmeye çalışılmıştır. Kuyunun üst kısmı dış etkenlerden korunması amacıyla demir borularla kapatılmış ve çevresi betonla sabitlenerek üstüne kuyu numarası yazılmıştır (Şekil 8).

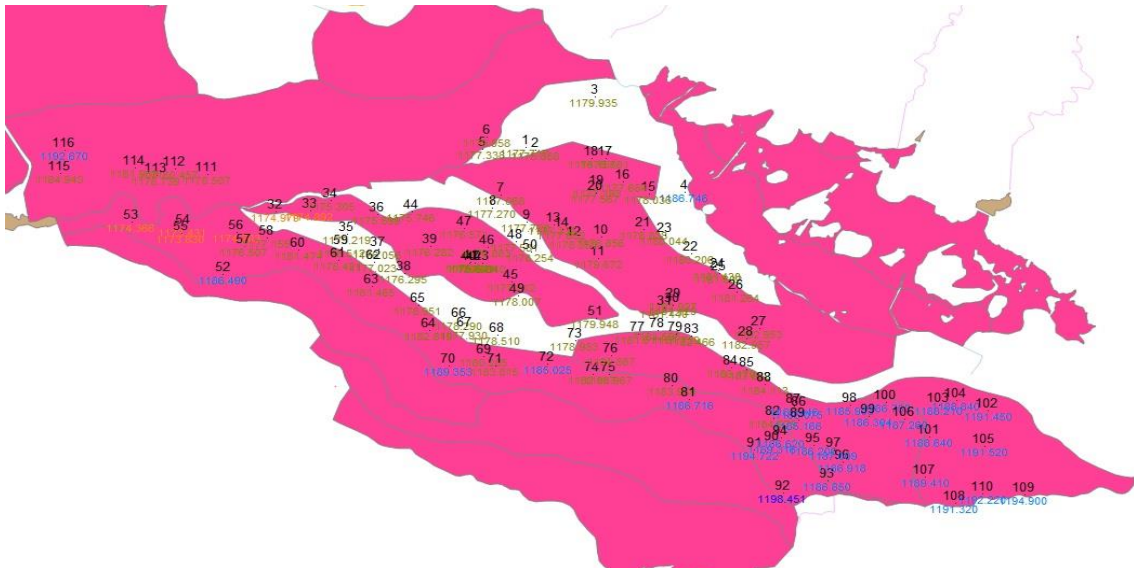


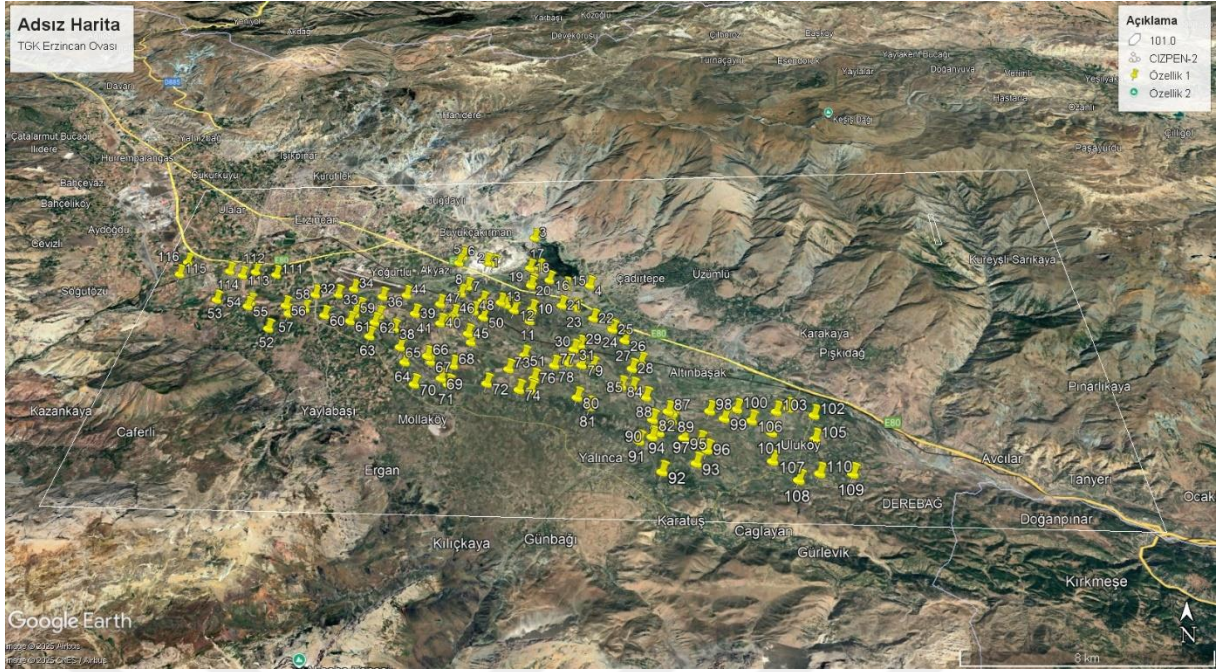
Şekil 7. Bazı burgu çeşitleri (DSİ, Tabansuyu İzleme Rehberi)



Şekil 8. Tabansuyu gözlem kuyusu kesiti (Özgün, Şeyma ÖZGENEL)

Açılan kuyuların kotları ölçülerek eşdüzey eğrilerinin çizilmesine olanak sağlanmıştır. Bu işlem tamamlandıktan sonra tüm kuyular, “Tabansuyu Gözlem Kuyuları Vaziyet Planı” adı verilen bir harita üzerinde gösterilmiştir.





Şekil 9. Kuyu koordinatlarının vaziyet planında(a) ve uydu haritasında(b) gösterimi (Özgün, Şeyma ÖZGENEL)

Çalışma alanında bulunan 116 adet tabansuyu gözlem kuyusunun ölçümleri, DSI tarafından hazırlanan ‘Tabansuyu İzleme Rehberi’ne uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

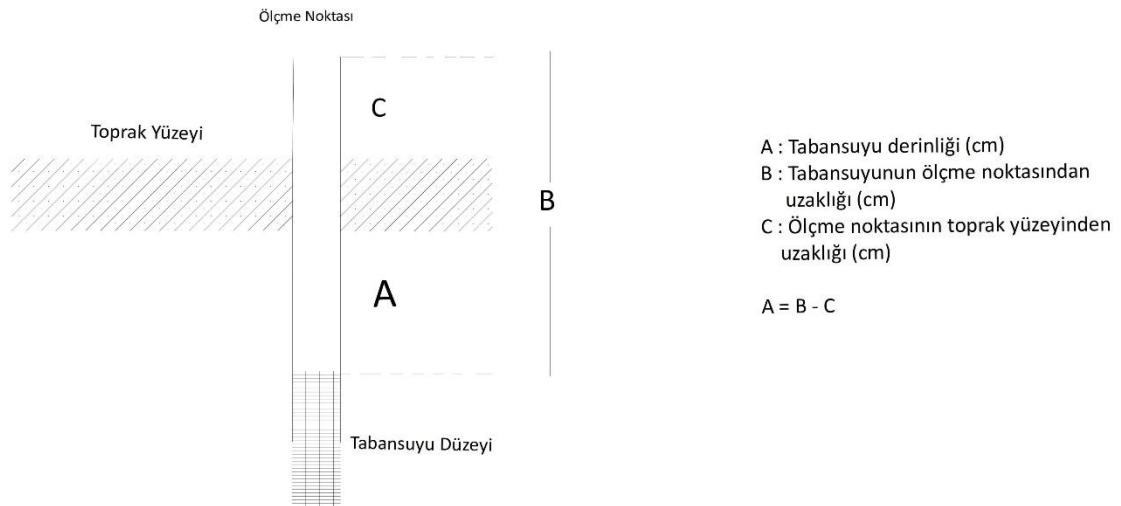
Tabansuyu yüksekliğinin (A) tespiti için, ölçüm noktalarında gerekli ölçümler; şeritmetre veya zil ve voltmetre düzenli kutu kullanılarak yapılmıştır. Yapılan ölçüm sonucu elde edilen değerden (B), ölçme noktasının toprak yüzeyine olan mesafesi (C) çıkarılmış ve bu işlem sonucunda tabansuyu yüksekliği (A) bulunmuştur. Elde edilen bu değerler, düzenli olarak aylık ölçüm formlarına kaydedilmiştir. Şekil 10’da araştırma alanında kullanılan ölçüm cihazı gösterilmekte olup Şekil 11’de araştırma alanında yer alan bir tabansuyu gözlem kuyusu ve Şekil 12’de ise ölçüm değeri bulunurken esas alınan formül sunulmaktadır.



Şekil 10. Araştırma alanında tabansuyunu ölçen zil düzenli şeritmetre (Özgün, Şeyma ÖZGENEL)



Şekil 11. Araştırma alanında tabansuyu gözlem kuyusu (Özgün, Şeyma ÖZGENEL)



Şekil 12. Tabansuyu derinliğinin ölçüm prensibi ve formülü (Özgün, Şeyma ÖZGENEL)

Su örneklerinin alınması

Drenaj çalışmalarında tabansuyu kalitesinin tespiti çok önemlidir. Suyun tuzluluk düzeyi (Elektriksel iletkenlik, EC) belirlenmesi gerekmektedir. Yüksek EC, kök bölgesinde tuz birikmesine neden olmaktadır. Bu veriler neticesinde fazla suyun drenaj şebekeleri ile topraktan uzaklaştırılması ile elde edilen drenaj suyunun sulamada kullanılabilirliği tespit edilmiş olur.

Bu bilgilere dayanarak araştırma alanında bulunan tabansuyu gözlem kuyularından ve tahliye kanallarından alınan su numuneleri DSİ 8. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğüne gönderilmiş ve DSİ’ce hazırlanan ‘Tabansuyu İzleme Rehberi’ esas alınarak analizleri yapılmıştır.

Erzincan Ovasındaki tabansuyunun niteliğini belirlemek amacıyla, tabansuyu örnekleri Ağustos ayında, sulamanın en yoğun olduğu dönemde alınmıştır. Örnekleme için 5-6 cm çapında, 25 cm boyunda, hafif ve sağlam malzemeden yapılmış silindirik kovalar kullanılmıştır. Bunların alt kısımlarında suyun girebilmesi için delik ve klape üst kısmında ise suyun istenilen derinlikten alınmasını sağlayan boru yuvası bulunur.

Araştırma alanından alınan örnekler, Etüd ve Plan Dairesi, Su ve Toprak laboratuvarından sağlanan standart şişelere alınmıştır. Su örnekleri alınmadan önce şişeler, saf suyla suyla çalkalanarak temizlenmiş ve doldurulduktan sonra hava almayacak şekilde kapatılmıştır. Numune şişeleri alındığı noktaya göre etiketlenmiştir.

Tabansuyu örnekleme zamanı, yöntemi ve numune alma esasları, DSİ tarafından yayımlanan ‘Tabansuyu İzleme Rehberi’nde belirtilen teknik kriterler doğrultusunda belirlenmiştir (DSİ, 2005).

Sulama sularının analiz çalışmalarında dikkate alınan kalite sınıflandırması, ABD Tuzluluk Laboratuvarı tarafından geliştirilen yöntemle göre yapılmış ve değerlendirmede elektriksel iletkenlik ve sodyum adsorpsiyon oranı esas alınmıştır (Arslan, 2005). Bu değerlendirme DSİ’ce hazırlanan ‘Tabansuyu İzleme Rehberi’nde de kullanılmaktadır.

Tablo 2. Sulama Sularının Kalite Sınıflandırması

Tuzluluk Sınıfı (C)	EC ($\mu\text{mhos/cm}$)	Sodyum Sınıfı (S)	SAR	Genel Değerlendirme
C1	0 – 250	S1	0 – 10	Çok iyi – Her koşulda kullanılabilir
C2	250 – 750	S2	10 – 18	İyi – Hafif önlem gerekir
C3	750 – 2250	S3	18 – 26	Riskli – Drenaj ve yıkama şart
C4	> 2250	S4	> 26	Çok riskli – Genel olarak uygun değildir

Büro Çalışmaları

Bu aşamada ise araştırma konusuna ilişkin olarak saha çalışmalarında elde edilen verilerin büro ortamında değerlendirilmesi yapılmış ve analiz çalışmaları incelenmiştir.

Tabansuyuna ilişkin tematik haritalarının oluşturulması

Araştırma alanında, tabansuyunun nerede, ne zaman, hangi düzeyde ve hangi tuzluluk sınıfında bulunduğunu belirleyebilmek amacıyla tabansuyu haritaları oluşturulmuştur.

Tabansuyu en yüksek eş derinlik eğrileri haritası oluşturulurken; araştırma alanında yapılan bir yıllık gözlemler sonucunda, her gözlem kuyusunda ölçülen en yüksek tabansuyu seviyelerine bakılmıştır. Bu harita sulama sahasında tabansuyunun yıl içerisinde ulaştığı en yüksek seviyeleri göstermiştir. Her gözlem kuyusunun önceden belirlenmiş X ve Y koordinatlarına, ölçüm dönemi boyunca kaydedilen en düşük (yani tabansuyunun yüzeye en yakın olduğu) derinlik değeri Z koordinatı olarak eklenmiştir. Ardından bu üç boyutlu nokta kümeleri harita üzerinde konumlandırılarak tabansuyu en yüksek eş derinlik eğrileri haritası çizilmiştir.

Tabansuyu en düşük eş derinlik eğrileri haritasında ise, her gözlem kuyusunda kaydedilen en düşük (yani tabansuyunun yüzeye en uzak olduğu) tabansuyu seviyeleri baz alınmıştır. Bu harita, sulama alanındaki tabansuyunun yıl boyunca en fazla hangi seviyeye kadar gerilediğini görselleştirmiştir.

Araştırma alanında sulamanın en yoğun olduğu Ağustos ayı esas alınarak, gözlem kuyularında ölçülen tabansuyu seviye değerleri kullanılmış ve en yoğun sulama ayına ait eşderinlik eğrileri haritası hazırlanmıştır. Bu harita, sulama faaliyetlerinin tabansuyu seviyesi üzerindeki etkisini ortaya koymak amacıyla oluşturulmuştur.

Araştırma kapsamında, sulamanın en yoğun olduğu Ağustos ayında kuyulardan alınan su numuneleriyle tabansuyunun EC değerleri belirlenmiş ve bu veriler kullanılarak eştuzluluk haritası çizilmiştir. Oluşturulan eştuzluluk eğrileri haritası, tabansuyundaki tuzluluk değerlerinin harita üzerinde mekânsal dağılımının belirlenmesini sağlamıştır. Bu sayede tuzlanma riskinin yayılma yönü ve hızı erken aşamada saptanmış; drenaj sistemlerinin konumu, biçimi ve kapasitesi tuzluluk verilerine göre belirlenmiştir. DSİ tarafından hazırlanan ‘Tabansuyu İzleme Rehberi’ne göre Tabansuyu eştuzluluk eğrileri haritalarında, elektriksel iletkenliği 5000 $\mu\text{mhos/cm}$ ’den yüksek olan alanlar, yetiştirilecek bitki türüne bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle tabansuyu tuzluluk problemi yaşanan bölgeler olarak kabul edilmiştir.

Son yıllarda, tabansuyu izleme çalışmalarında gelişen teknolojilerden yararlanılarak daha kapsamlı izleme ve değerlendirme çalışmaları yapılmaktadır. Bu kapsamda, Erzincan Ovası sulama sahasında bulunan tabansuyu gözlem kuyularından alınan ölçümler değerlendirilerek haritaların çiziminde bir CBS yazılımı olan NetCAD programı kullanılmıştır.

Su yılı; yağışlı dönemin başlangıç tarihinden başlanarak hidrolojik süreçlerin mevsimsel döngüsünün değerlendirilmesi amacıyla bilinen takvim yılından farklı bir zaman dilimidir (Meteoroloji Mühendisleri Odası, 2024). Tabansuyu haritalarının oluşturulduğu 2024 su yılına (2023 Ekim-2024 Eylül) ait her ay yapılan ölçümler tamamlandıktan sonra, elde edilen

tabansuyu tuzluluk verileri ile tabansuyu derinlik verileri değerlendirilmiştir. Bu veriler doğrultusunda, tabansuyunun tuzluluk durumunu ve derinlik dağılımını gösteren haritaların hazırlanma süreci aşağıda sıralanan aşamalardan oluşturulmuştur;

1- Veri Toplama ve Ön İşleme

Araştırma alanındaki tüm kuyulardan, 2024 su yılı için her ay düzenli olarak tabansuyu derinlik (m) ve Ağustos ayında EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değerleri ölçülmüştür. Elde edilen ham veriler Microsoft Excel ortamında tablo hâline getirilmiş, her bir parametre (derinlik ve tuzluluk) ayrı çalışma sayfalarında düzenlenmiştir.

2- NCN Formatına Dönüştürme

Hazırlanan Excel dosyalarındaki X, Y koordinatları ile Z (derinlik/EC) bilgileri, NetCAD'in veri tabanında tanımlanabilecek şekilde olarak “.ncn” formatına dönüştürülerek her parametre için ayrı veri kümesi olarak kaydedilmiştir.

3- Veri Aktarımı ve Koordinatlandırma

Oluşturulan NCN dosyaları Netcad projesine yüklenmiş; proje özelliklerinde koordinat sistemi (UTM 3°, Dilim No: 39, ED50 datum) kullanılarak nokta verilerinin doğru araştırma alanına göre konumlandırılması sağlanmıştır. Noktalar NetCAD arayüzüne atıldıktan sonra altlık olarak KML dosyası şeklinde Erzincan Ovası Vaziyet Planı açılmıştır. Şebekede ana drenaj kanalı veya ana drenaj kanalı görevini üstlenen doğal dere yataklarının her iki kıyısında yer alan kuyu noktaları iptal edilmiştir.

4- Üçgensel Model (TIN) Oluşturma

Koordinatlandırılmış noktalar, NetCAD'in Netsurf Modülünde yer alan ‘üçgen oluştur’ seçeneği ile üçgen modeller oluşturulmuş yani “Triangulated Irregular Network” (TIN) modeline dönüştürülmüştür. Bu işlem sonucunda, tabansuyu derinlik ve tuzluluk değerlerini içeren sürekli yüzeyler elde edilmiştir (Şekil 14).



Şekil 13. Kuyu noktalarında üçgen model oluşturma (Özgün, Şeyma ÖZGENEL)

5- Eş Derinlik ve Eş Tuzluluk Eğrilerinin Türetimi

Oluşturulan TIN yüzeylerinden, Yine Netsurf Modülünde ‘eğri geçir’ seçeneği ile belirlenen aralıklarla (örneğin her 0,5 m veya 1 m derinlik ile her 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ EC artışında) eş derinlik ve eş tuzluluk eğrileri geçirilmiştir.

6- Alan Dağılım Analizi

Daha sonra geçirilen eğriler, aynı seçenek içinde olan ‘Eğrilere Kot Yaz’ seçeneği ile eğrilerin kotları görünür yapılmıştır. Üstünde kot değerleri belirtilmiş eğriler hangi derinliği temsil ediyorsa poligonlar otomatik olarak kapatılmış ve derinliklerine göre sınıflandırılarak tematik haritalar oluşturulmuştur. Renklendirilen alanların renk sınıflarına göre alan hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Böylece tabansuyu derinliklerine ve tuzluluk değerlerine göre sahada hangi derinlik/tuzluluk aralıklarında ne kadar alan bulunduğu niceliksel olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmalar neticesinde, ölçüm verilerinin sistematik bir şekilde toplanmasından başlayarak, CBS tabanlı yüzey modellemesi, belirlenen kot aralıklarına göre eş derinlik eğrilerinin oluşturulması ve bu eğriler arasında kalan alanların sınıflandırılarak analiz edilmesine kadar bütüncül bir haritalama süreci gerçekleştirilmiştir. Elde edilen haritalar, sulama yönetimi ve drenaj planlaması gibi tarımsal su yönetimi uygulamaları için önemli veri kaynakları sağlamaktadır.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Araştırma Alanında Gözlem ve Değerlendirmeler

2024 su yılı için yapılan araştırmada, 2023 Ekim ile 2024 Eylül dönemi arasında 84 adet tabansuyu gözlem kuyusu için ölçümler gerçekleştirilmiştir. Tabansuyu gözlem çalışmaları 8936,63 hektarlık bir alanı kapsamaktadır.

Sahada yapılan gözlem çalışmalarında, Erzincan Ovası Sulama Projesi kapsamında inşa edilen sulama kanalları, zaman içinde doğal aşınma ve kullanım koşulları nedeniyle tahrip olmuş, bazı beton kanalların işlevini yitirmesiyle suyun doğrudan toprağa sızmasına neden olmuştur. Bu durumun, bölgedeki tabansuyu seviyesinin yükselmesine yol açan önemli etkenlerden biri olduğu tespit edilmiştir (Şekil 14).

Özellikle yöre çiftçilerinin bazı bölgelerde beton kanalları kırarak arazilerine su yönlendirmesi, sulama alışkanlıklarıyla birleşerek tabansuyu seviyesini artırmaktadır. Çiftçilerin salma sulama ile sulama yapması, suyun kontrolsüz biçimde yayılmasına ve toprak tarafından emilmesine neden olarak drenaj sistemi ihtiyacının ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.



Şekil 14. Mevcut sulama şebekesinden tahrip olmuş kanallar (Özgün, Şeyma ÖZGENEL)

Araştırma alanının Sol Sahil kesiminde; Çağlayan, Karatuş, Sazlıpınar, Küçükadağ, Değirmenköy, Soğukoluk, Mollaköy, Çatalören ile Türkmenoğlu yerleşimlerinin bir kısmı ve Gölpınar köyü etrafında tabansuyu seviyeleri kritik düzeye yükselmektedir. Bu yükselmenin başlıca nedeni, Fırat (Karasu) Nehrinin baskısı ile yan derelerin Sol Sahil Ana Tahliye Kanalına deşarjıdır. Sağ Sahil kesimindeki Saztepe, Denizdamı, Hancıçiftliği, Karadığın ve Ganiefendi Çiftliği yerleşimleri çevresindeki alanlarda tabansuyu daha yoğundur; bu alanda biriken sular ise Nörkah Ana Tahliye Kanalı aracılığıyla bölgeden uzaklaştırılır (Şekil 15; 16; 17).



Şekil 15. Hancıçiftliği Merasında yüzeye çıkan tabansuyu (Özgün, Şeyma ÖZGENEL)



Şekil 16. Saztepe Köyü tabansuyu varlığı (Özgün, Şeyma ÖZGENEL)



Şekil 17. Akyazı Köyü tabansuyu yüksekliğinin görüntüsü (Özgün, Şeyma ÖZGENEL)

Araştırma Alanına Ait Sulama Bilgileri ve Ürün Deseni

Araştırma alanında 2024 yılına ait sulamaya ait bilgiler Tablo 3'te, bitki deseni ise Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3. Araştırma Alanında 2024 Yılı İçin Sulamaya Ait Bilgiler

Tabansuyu Rasatı Yapılan Sulamaya Ait Bilgiler	
Brüt Sulama Alanı (ha.)	34089
Net Sulama Alanı (ha.)	29112
Tabansuyu Net İzleme Alanı (ha.)	8936,63
Fiilen Sulanan Alan (ha.)	16967
Sulama Oranı (%)	58
Şebekeye Alınan Su Miktarı (hm ³)	175,11
Tahliye Edilen Su Miktarı (hm ³)	---
Fiilen Sul. Alanın BRÜT Su İhtiyacı (hm ³)	109,13
Fiilen Sul. Alanın NET Su İhtiyacı (hm ³)	55,66
Sulama Randımanı (%)	32
Sulamanın En Yoğun Yapıldığı Ay	Ağustos
Sulama Suyu Niteliği	C2 S1
Toplam Gözlem Kuyu Sayısı (Adet)	116
Tahrip Edilen Gözlem Kuyu Sayısı (Adet)	32

Tablo 4. Araştırma Alanında 2024 Yılı İçin Bitki Deseni

Bitki Deseni %	
Bitki Adı	%
Her Çeşit Hububat	52,40
Şeker Pancarı	22,34
Yem Bitkileri (Yonca v.b.)	7,58
Her Çeşit Meyve, Fidan, Kavak	6,63
Mısır (Slaj, Dane)	5,87
Her Çeşit Sebze	1,56
Bakliyat (Dane Fasulye)	2,59
Bostan	0,16
Bağ-Omca	0,06
Çayır - Mer'a	0,03
Ayçiçeği	0,63
Soğan, Sarımsak (Kuru-Kelle)	0,08
Patates	0,07
Toplam	100

Tablo 3'te görüldüğü gibi araştırma alanının net sulanabilir miktarı 29112 ha iken fiili sulanan miktarı 16967 ha olarak gerçekleşmiştir. Bu fark, sulama alanının bir bölümünde imar çalışmalarının olması, yöre çiftçisinin sulama alışkanlıkları ve bazı bölgelerde topraktaki yüksek su tutma kapasitesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, alanda sulama oranı %58 olarak gerçekleşmiştir. Sulamanın en yoğun olduğu ay Ağustos ayı olup bu dönem şebekeye en fazla su saptırılan dönemdir.

Erzincan Ova sulamasının büyük ölçüde kaynağı olan Karasu Irmağı (Fırat başı) sulama suyunun C2S1 sınıfında yer alması, havzanın doğal ve yüksek rakımlı koşullarda beslenmesi ile ilişkilidir. Yapılan ölçümlerde sulama suyunun EC değerinin 569 micromhos/cm olarak belirlenmesi, suyun orta düzeyde tuzluluk içerdiğini, buna karşın sodyumluluk açısından düşük riskli bir nitelik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 4'den anlaşılabacağı üzere ovada en büyük üretim alanı hububat olup, bunu şeker pancarı ve yem bitkileri takip etmektedir.

Tabansuyu Gözlem Kuyularının Ölçümlerinin ve Analizlerinin Değerlendirilmesi

Araştırma alanı için 2024 su yılı tabansuyu gözlem kuyularında yapılan seviye ölçümleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Araştırma Alanında Tabansuyu Gözlem Kuyuları Ölçümleri

AYLARA GÖRE TABANSUYU YÜKSEKLİĞİ (cm)												
KUYU NO	2023 EKİM	2023 KASIM	2023 ARALIK	2024 OCAK	2024 ŞUBAT	2024 MART	2024 NİSAN	2024 MAYIS	2024 HAZİRAN	2024 TEMMUZ	2024 AĞUSTOS	2024 EYLÜL
1-sağ	237	238	241	248	224	226	208	207	223	225	236	240
2-sağ	119	120	122	128	124	96	134	128	129	154	161	139
4-sağ	208	218	216	220	177	235	211	165	129	121	153	156
5-sağ	150	151	151	151	151	151	148	148	147	145	150	142
6-sağ	45	21	26	33	36	40	39	41	66	98	110	8
7-sağ	128	136	115	151	170	180	133	110	135	139	116	106
8-sağ	147	142	243	350	348	350	228	216	240	261	246	243
9-sağ	155	167	157	154	166	171	158	131	144	146	87	116
10-sağ	101	101	101	101	101	101	98	98	98	97	100	100
11-sağ	208	206	209	217	223	232	186	181	156	175	171	171
12-sağ	203	213	198	206	199	207	184	164	161	171	162	175
13-sağ	91	102	82	94	99	117	75	60	85	89	72	67
14-sağ	97	120	101	112	114	124	98	87	110	95	99	76
15-sağ	168	163	160	168	147	135	52	87	113	157	177	179
16-sağ	129	123	122	130	133	129	122	101	116	121	108	115
20-sağ	191	191	191	182	193	179	185	109	147	105	134	151
21-sağ	100	98	101	91	94	97	84	85	89	97	92	94
22-sağ	198	223	188	188	183	193	133	93	104	153	164	171
23-sağ	186	201	215	217	211	193	180	151	108	134	125	149
24-sağ	177	177	159	164	81	161	126	120	153	181	171	178
25-sağ	149	146	121	126	127	135	95	104	133	143	131	142
26-sağ	117	116	97	100	110	111	75	80	79	84	63	65
27-sağ	119	128	92	100	109	110	66	72	57	59	65	71
28-sağ	145	154	133	141	142	132	77	102	123	143	141	136

Tablo 5. (devamı)

29-sağ	158	169	158	165	169	167	131	126	135	152	143	123
32-ada	200	200	200	200	209	200	208	197	184	182	174	145
33-ada	117	112	103	126	156	169	106	105	141	160	146	60
34-ada	154	153	130	169	172	158	145	106	104	125	122	127
36-ada	160	153	149	163	166	154	129	96	106	135	113	131
37-ada	200	179	170	177	190	174	136	135	152	169	118	89
38-ada	142	147	136	151	170	168	130	68	66	50	33	60
39-ada	126	113	106	80	89	128	122	120	125	124	122	94
45-ada	145	157	137	145	150	150	132	121	139	151	100	105
47-ada	105	113	102	122	130	151	106	117	86	118	117	108
48-ada	207	220	212	222	228	185	150	129	122	134	174	189
49-ada	150	135	133	142	144	116	103	80	111	139	116	125
52-sol	62	65	62	96	108	110	90	87	104	124	95	66
53-sol	107	107	107	107	107	107	104	104	104	104	104	104
54-sol	114	111	136	157	161	163	165	104	94	102	74	81
56-sol	127	87	85	22	19	22	47	66	101	130	157	150
57-sol	53	50	50	53	60	61	52	52	48	55	79	86
60-sol	55	56	66	82	105	114	115	103	73	57	54	49
61-sol	39	43	41	44	49	52	51	43	42	49	40	40
62-sol	229	229	229	229	229	229	123	143	181	199	173	180
63-sol	97	122	128	136	149	149	148	143	123	106	110	106
64-sol	174	179	175	187	199	208	216	201	156	167	157	155
65-sol	88	78	70	92	100	99	103	94	53	63	54	13
66-sol	205	205	205	205	205	205	210	130	199	213	218	215
67-sol	172	172	172	172	172	172	162	155	163	169	172	170
68-sol	101	101	101	101	101	101	94	92	112	92	137	99
69-sol	50	119	55	60	52	55	62	80	107	129	127	122

Tablo 5. (devamı)

70-sol	100	64	84	114	123	121	119	92	109	104	91	88
71-sol	39	55	69	74	68	70	68	58	51	49	48	36
73-sol	95	88	71	84	63	66	24	18	64	102	121	115
74-sol	34	28	30	40	38	48	46	44	58	69	69	52
75-sol	39	34	35	43	40	40	45	40	56	71	76	60
76-sol	146	173	149	158	161	68	134	148	155	158	110	144
78-sol	139	170	164	166	174	174	136	121	121	138	107	108
79-sol	135	140	136	141	156	138	123	116	129	92	115	105
81-sol	10	47	71	71	71	71	67	55	38	24	26	21
82-sol	185	163	158	168	170	174	153	165	192	199	183	197
83-sol	177	184	177	184	182	187	168	158	151	131	152	151
84-sol	169	161	150	155	162	166	102	90	149	185	196	172
86-sol	242	242	232	235	235	235	229	179	144	184	150	194
87-sol	223	253	260	268	278	282	242	171	131	156	153	159
90-sol	67	77	63	69	46	71	81	84	94	102	104	91
91-sol	237	135	135	135	135	135	277	277	254	240	200	203
92-sol	291	291	291	291	291	291	288	288	233	245	242	237
94-sol	150	128	84	89	92	92	79	106	126	138	156	124
98-sol	161	165	161	173	169	179	137	141	163	156	185	183
99-sol	92	51	49	64	59	78	46	48	118	126	137	85
100-sol	133	129	112	127	131	114	97	64	38	37	67	59
101-sol	159	136	110	139	142	147	118	111	54	114	87	100
103-sol	124	126	99	103	132	131	90	101	112	117	111	103
104-sol	129	132	103	109	114	114	97	100	95	120	117	106
105-sol	159	161	156	166	170	171	144	139	147	141	145	148
106-sol	67	65	63	66	68	68	78	15	-6	2	22	8
107-sol	116	121	92	113	113	117	95	99	109	116	124	96

Tablo 5. (devamı)

108-sol	147	147	147	147	147	147	140	130	113	128	141	134
110-sol	68	69	68	70	70	70	57	42	52	49	57	61
111-sağ	104	99	97	98	102	113	105	94	123	124	107	103
112-sağ	63	50	49	60	66	72	65	36	85	76	76	72
113-sağ	69	49	31	34	53	78	49	33	83	104	140	86
114-sağ	115	44	32	41	56	77	58	63	117	145	157	142

Araştırma alanındaki 84 adet tabansuyu gözlem kuyusundan, 90-60-69-65 Nolu kuyularda 1 ay, 110-100-73-38 Nolu kuyularda 2 ay, 114-112-57-112 Nolu kuyularda 3 ay, 56-99 Nolu kuyularda 4 ay, 113-106-71 Nolu kuyularda 5 ay, 81 Nolu kuyuda 6 ay, 6-74-75 Nolu kuyularda 8 ay, 61 Nolu kuyuda 10 ay 0-0,5 m arasında tabansuyu seviyesi kayıt edilmiştir. Bitki büyüme ve gelişimi için en kritik aralık olan 0-0,5 m aralığında olan alanlar, elde edilen bulgulara göre belirlenerek en dikkat edilmesi gereken alanlar olarak saptanmıştır. Benzer şekilde, Arslan (2005) tarafından Bafra Ovası sağı sahil sulama alanında yapılan çalışmada, tabansuyu derinliğinin 0-0,5 m aralığında olduğu alanlarda bitki kök bölgesinin sürekli suya doygun kaldığı, bunun sonucunda kök bölgesinde oksijen yetersizliğı, bitki gelişiminde gerileme ve drenaj gereksiniminin arttığı ifade edilmiştir.

Araştırma alanında, kuyuların ölçüm yılı boyunca; en düşük su kotu, en yüksek su kotu, sulamanın en yoğun olduğu aydaki su kotu ve analiz sonuçlarına göre EC değerleri Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Araştırma Alanında Yapılan Ölçümlere Göre Oluşturulan Haritalar İçin Gerekli Parametreler

Kuyu No	En Düşük Su Kotu (cm)	En Yüksek Su Kotu (cm)	Sulamanın En Yoğun Yapıldığı Ay(Ağustos) Su Kotu (cm)	Elektiriksel İletkilik $E_c \times 10^{-6}$ (micromhos/cm)
1-sağ	248	207	236	4080
2-sağ	161	96	161	6080
4-sağ	235	121	153	2050
5-sağ	151	142	150	520
6-sağ	110	21	110	1540
7-sağ	180	106	116	2350
8-sağ	350	142	246	2225
9-sağ	171	87	87	1183
10-sağ	101	97	100	546
11-sağ	232	156	171	1008
12-sağ	213	161	162	1565
13-sağ	117	60	72	1880
14-sağ	124	76	99	2890
15-sağ	179	52	177	1566
16-sağ	133	101	108	2050
20-sağ	193	105	134	597
21-sağ	101	84	92	821
22-sağ	223	93	164	1241
23-sağ	217	108	125	1565
24-sağ	181	81	171	5400
25-sağ	149	95	131	2046

Tablo 6. (devamı)

26-sağ	117	63	63	3690
27-sağ	128	57	65	797
28-sağ	154	77	141	4850
29-sağ	169	123	143	3450
32-ada	209	145	174	668
33-ada	169	60	146	2020
34-ada	172	104	122	1596
36-ada	166	96	113	2720
37-ada	200	89	118	3010
38-ada	170	33	33	2790
39-ada	128	80	122	567
45-ada	157	100	100	1279
47-ada	151	86	117	3990
48-ada	228	122	174	1019
49-ada	150	80	116	824
52-sol	124	62	95	1381
53-sol	107	104	104	554
54-sol	165	74	74	1828
56-sol	157	19	157	3640
57-sol	86	48	79	1086
60-sol	115	49	54	1053
61-sol	52	39	40	1011
62-sol	229	123	173	2270

Tablo 6. (devamı)

63-sol	149	97	110	543
64-sol	216	155	157	779
65-sol	103	13	54	2360
66-sol	218	130	218	908
67-sol	172	155	172	594
68-sol	137	92	137	587
69-sol	129	50	127	971
70-sol	123	64	91	1517
71-sol	74	36	48	774
73-sol	121	18	121	1113
74-sol	69	28	69	1087
75-sol	76	34	76	733
76-sol	173	68	110	731
78-sol	174	107	107	1233
79-sol	156	92	115	1460
81-sol	71	10	26	2900
82-sol	199	153	183	4770
83-sol	187	131	152	564
84-sol	196	90	196	1183
86-sol	242	144	150	872
87-sol	282	131	153	693
90-sol	104	46	104	935
91-sol	277	135	200	508
92-sol	291	233	242	536

Tablo 6. (devamı)

94-sol	156	79	156	544
98-sol	185	137	185	2660
99-sol	137	46	137	2480
100-sol	133	37	67	826
101-sol	159	54	87	2350
103-sol	132	90	111	620
104-sol	132	95	117	874
105-sol	171	139	145	2189
106-sol	78	-6	22	613
107-sol	124	92	124	2630
108-sol	147	113	141	959
110-sol	70	42	57	752
111-sağ	124	94	107	1269
112-sağ	85	36	76	2036
113-sağ	140	31	140	2860
114-sağ	157	32	157	1733

Tablo 5 ve Tablo 6'da yer alan tabansuyu seviye değerleri incelendiğinde, tabansuyunun yüzeye en yakın olarak en yaş koşulların görüldüğü alanın 106-sol numaralı kuyunun bulunduğu bölge olduğu belirlenmiştir. Veriler bu kuyuda tabansuyu seviyesinin yıl içerisinde -6 cm değerine kadar ulaştığını yani tabansuyunun yüzeye kadar çıktığını göstermektedir. Bunun nedeni olarak, 106-sol numaralı tabansuyu gözlem kuyusunun bulunduğu alanın Fırat (Karasu) Nehrine oldukça yakın bir konumda yer alması gösterilebilir. Diğer yönden tabansuyunun yüzeye en uzak olduğu, yani en kuru koşulların hâkim olduğu alanın 8-sağ numaralı kuyunun bulunduğu bölge olduğu ve bu kuyuda tabansuyu seviyesinin 350 cm'ye kadar düştüğü tespit edilmiştir.

Tabansuyu tuzluluğu açısından yapılan değerlendirmede, 2-sağ numaralı kuyunun 6080 µmhos/cm EC değeri ile araştırma alanındaki en tuzlu tabansuyu koşullarını temsil ettiği belirlenmiştir. En yüksek tuzluluk koşullarının gözlemlendiği bu alanın, ova tabanına yakın konumda bulunması ve drenaj eğiminin düşük olması nedeniyle, özellikle yaz aylarında artan buharlaşma etkisiyle tabansuyundaki çözünmüş tuzların yüzeyde biriktiği; bu sürecin söz konusu alandaki aşırı tuzluluğun başlıca nedeni olduğu değerlendirilmektedir. Elde edilen bu bulgular, sığ tabansuyu, yetersiz drenaj ve buharlaşma koşullarının bir arada bulunduğu alanlarda yüksek tuzluluk değerlerinin ortaya çıkabileceğini ortaya koymaktadır (Ritzema *et al.*, 2008; Ren *et al.*, 2018).

Tabansuyu seviye ölçümlerinin aylık ortalamaları incelendiğinde, Mart ayında tabansuyu derinliğinin yaklaşık 139 cm, Mayıs ayında ise yaklaşık 110 cm olarak belirlenmesi, Marttan Mayıs ayına doğru tabansuyunun yüzeye yaklaştığını göstermektedir. Mart ayında kar erimeleri henüz başlangıç aşamasında olduğundan, eriyen suların tabansuyunu besleme etkisi sınırlı düzeydedir. Buna karşılık, yeraltı suyunun baskın beslenme kaynaklarından biri olan kar erimeleri, eriyen suların toprak profiline sızması yoluyla tabansuyu seviyelerinin yükselmesine neden olmaktadır. Ayrıca kar erimeleri, ilkbahar ve yaz aylarında akarsu akımlarına da önemli katkılar sağlamaktadır (Berghuijs *et al.*, 2014). Mayıs ayına gelindiğinde ise kar erimelerinin büyük ölçüde tamamlandığı ve eriyen suların toprak profiline sızarak tabansuyuna ek beslenme sağladığı görülmektedir.

Erzincan Ovası, Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan, doğu-batı doğrultusunda uzanan, düşük eğimli ve kalın alüvyal dolgularla kaplı bir çöküntü ovasıdır. Ovanın çevresinde yüksek dağlar olup, bu da yeraltı suyunun doğal akım yönünün ova kenarlarından merkeze doğru olmasına neden olmaktadır. Bu bölgesel konum, tabansuyu derinliği ve tuzluluk dağılımında belirleyici bir faktör oluşturmaktadır.

Araştırma alanında gerçekleştirilen ölçümlere göre ‘Tabansuyu İzleme Rehberi’ doğrultusunda çeşitli haritalar hazırlanmıştır.

Bu alışma kapsamında, tabansuyunun en yüksek seviyelerini gösteren eş derinlik eğrileri haritası (şekil 18), en düşük seviyelerini gösteren eş derinlik eğrileri haritası (şekil 19), sulamanın en yoğun olduğu döneme ait eş derinlik eğrileri haritası (şekil 20) ve tabansuyunun tuzluluk seviyelerini belirleyen eştuzluluk eğrileri haritası (şekil 21) oluşturulmuştur.



Tabansuyu en yüksek eşderinlik eğrileri haritası

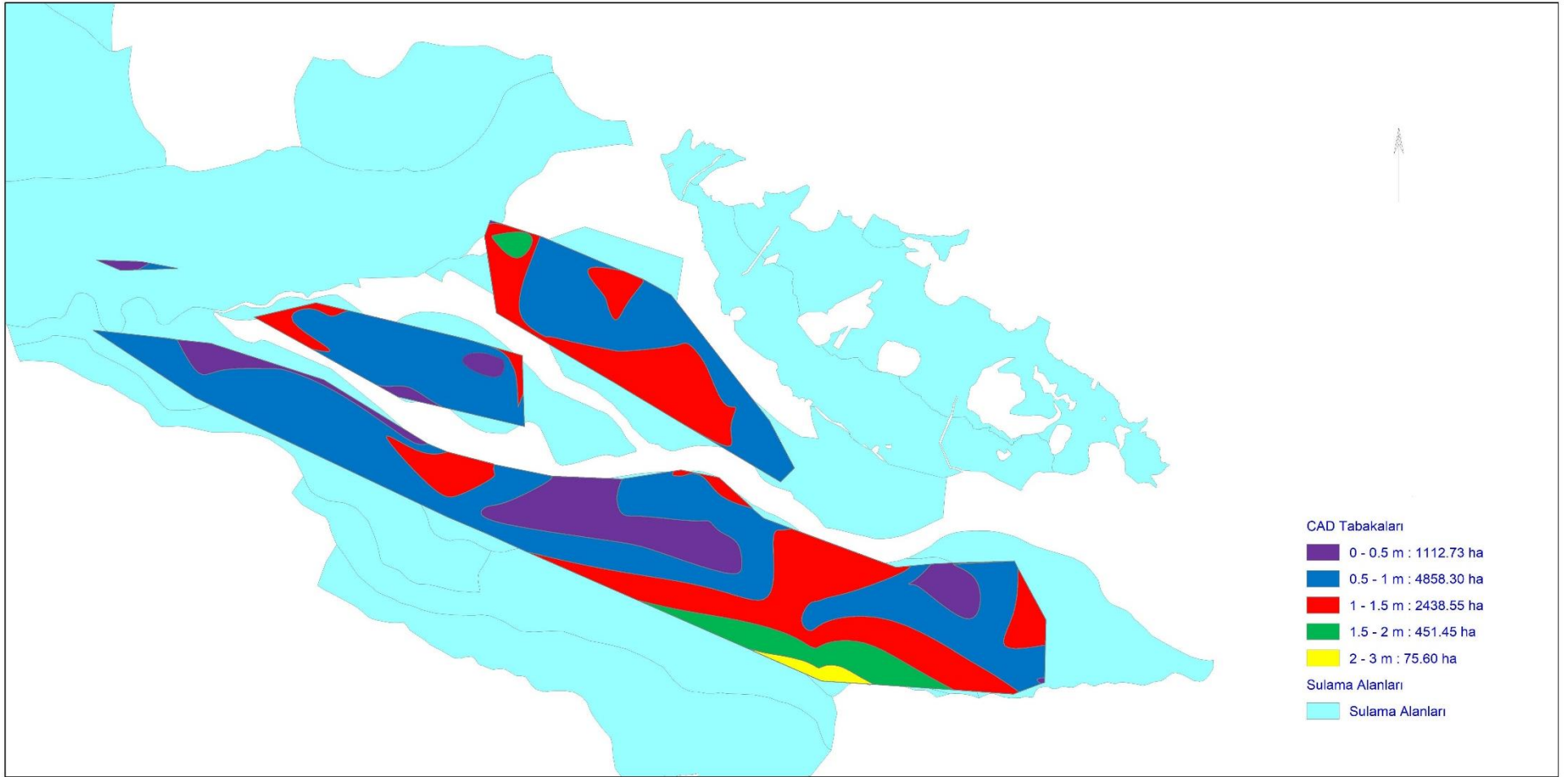
Şekil 18’de yer alan tabansuyu en yüksek eşderinlik eğrileri haritasından elde edilen verilere göre, çalışma alanının %12,5’inde tabansuyu derinliği 0-0,5 m, %54,4’ünde ise 0,5-1 m aralığında bulunmaktadır. Buna göre 0-1 m derinlik aralığındaki alanlar toplam alanın %66,9’unu oluşturmaktadır. Tabansuyu derinliğinin 1-1,5 m arasında değiştiği alanlar %27,3’lük bir paya sahipken, daha derin tabansuyu seviyeleri oldukça sınırlı kalmakta; 1,5-2 m aralığı %5,1 2-3 m aralığı ise yalnızca %0,8 oranında temsil edilmektedir (Tablo 7).

Tablo 7. Tabansuyu En Yüksek Eşderinlik Eğrileri Haritasına İlişkin Değerler

Tabansuyu Derinliği (m)	Alan (ha)	Yüzde (%)
0-0,5	1112,73	12,5
0,5-1	4858,30	54,4
1-1,5	2438,55	27,3
1,5-2	451,45	5,1
2-3	75,60	0,8
Toplam	8936,63	100

Araştırma alanında tabansuyu en yüksek ölçüm verilerine göre hazırlanan ve Şekil 18’de yer alan harita incelendiğinde mor ve mavi renkteki alanlar, tabansuyuna bağlı problemlerin en çok bu bölgede görüldüğü anlamına gelmektedir. Bu alanların Fırat (Karasu) Nehrine yakın olması ve bölgenin düz yapısından dolayı doğal drenaj imkanlarının kısıtlı olması tabansuyu yüksekliğinin görülmesine neden olmuştur. Winter *et al.*, (1998), akarsuya yakın alanlarda yeraltı suyu–yüzey suyu etkileşimi nedeniyle su tablasının yükseldiğini ve buna bağlı olarak tabansuyu seviyelerinin yüzeye yaklaştığını ifade etmiştir. Haritada kırmızı renkteki alanların temsil ettiği yerler ise görece uygun koşulların olduğu yerleri işaret etmektedir. Sarı ve yeşil renkteki alanlarda, tabansuyunun daha düşük seyrettiği görülmekte olup bu bölgelerin geçirgen toprak yapısında ve kenar kesimlerde olduğu anlaşılmaktadır.

Elde edilen bulgular, sulama dönemlerinde tabansuyunun çalışma alanının büyük bir bölümünde bitki kök bölgesine oldukça yakın seviyelere yükseldiğini ve bu durumun drenaj yetersizliği ile toprak tuzluluğu riski açısından dikkatle değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bafra Ovasında yapılan bir çalışmada, tabansuyu derinliğinin özellikle sulama dönemlerinde geniş alanlarda yüzeye yakın seviyelerde bulunduğu belirlenmiştir (Arslan ve Demir, 2011). Bu bulgular, Erzincan Ovasında elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Erzincan Ovasında 0-1 m tabansuyu derinliğine sahip alan oranının %66,9 olması, Bafra Ovasına kıyasla yüzeye yakın tabansuyunun daha yaygın olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 18. Tabansuyu en yüksek eşderinlik eğrileri haritası

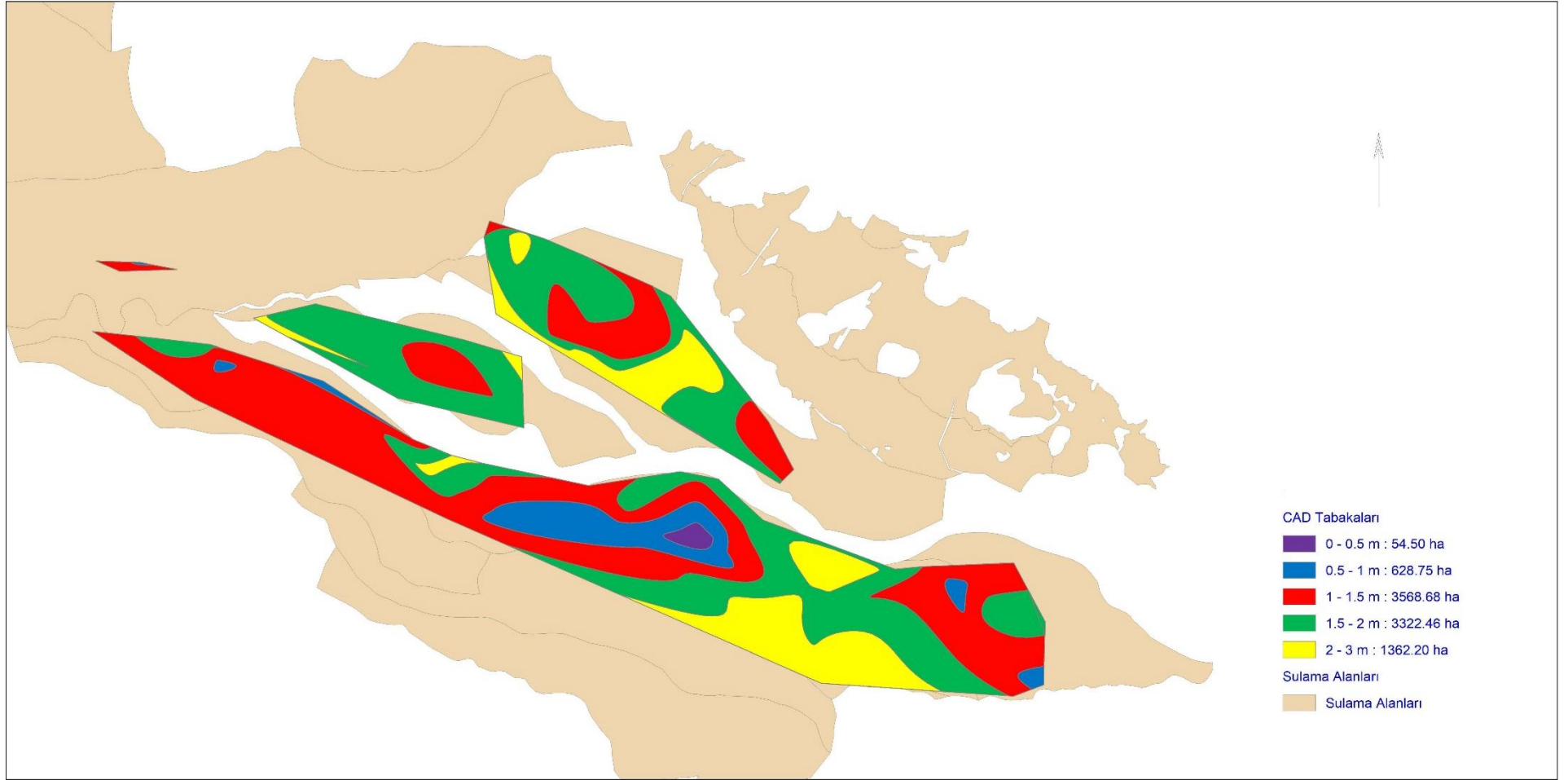
Tabansuyu en düşük eşderinlik eğrileri haritası

En düşük tabansuyu eşderinlik eğrileri haritasından (Şekil 19) yola çıkılarak Tablo 8 hazırlanmıştır. Buna göre, tabansuyunun ağırlıklı olarak 1-2 m derinlik aralığında yoğunlaştığı görülmektedir. Çalışma alanının %0,6'sında tabansuyu derinliği 0-0,5 m, %7,0'sinde 0,5-1 m, %39,9'unda 1-1,5 m, %37,2'sinde 1,5-2 m ve %15,3'ünde ise 2-3 m aralığında belirlenmiştir. Buna göre, araştırma alanının yaklaşık %77,1'inde tabansuyu derinliği 1-2 m aralığında bulunmakta olup, özellikle 0-1 m derinlik aralığında yer alan alanlar tabansuyunun yıl boyunca bitki kök bölgesinde kaldığını göstermektedir.

Tablo 8. Tabansuyu En Düşük Eşderinlik Eğrileri Haritasına İlişkin Değerler

Tabansuyu Derinliği (m)	Alan (ha)	Yüzde (%)
0-0,5	54,50	0,6
0,5-1	628,75	7,0
1-1,5	3568,68	39,9
1,5-2	3322,46	37,2
2-3	1362,20	15,3
Toplam	8936,63	100

Elde edilen haritaya göre mor ve mavi renkler ile gösterilen alanlar tabansuyunun 0-1 m arasında kaldığı alanları ifade etmektedir. Bu duruma göre bu alanlarda tabansuyunun en düşük seviyelerinde dahi genel olarak bitki kök bölgesinin alt sınırına yakın seyrettiğini, dolayısıyla kurak dönemlerde bitki su temini açısından avantajlı olduğunu göstermektedir. Ancak yoğun sulama dönemlerinde tabansuyunun hızla yükselerek drenaj gereksiniminin arttığını ortaya koymaktadır. Yumuşak, (2024) çalışmasında kritik eşik olarak değerlendirilen 0-1 m aralığındaki artışın; çalışma alanında ürün deseninde meydana gelen değişimler ve sulama uygulamalarındaki artış dikkate alındığında, sınırlı düzeyde kaldığını tespit etmiştir. Bu durum, mevcut drenaj sistemlerinin genel olarak işlevini yerine getirdiği şartlarda yoğun sulama uygulamaları ve yüzeye yakın tabansuyu koşullarının, tabansuyu seviyesini dengede tuttuğunu göstermektedir.



Şekil 19. Tabansuyu en düşük eşderinlik eğrileri haritası

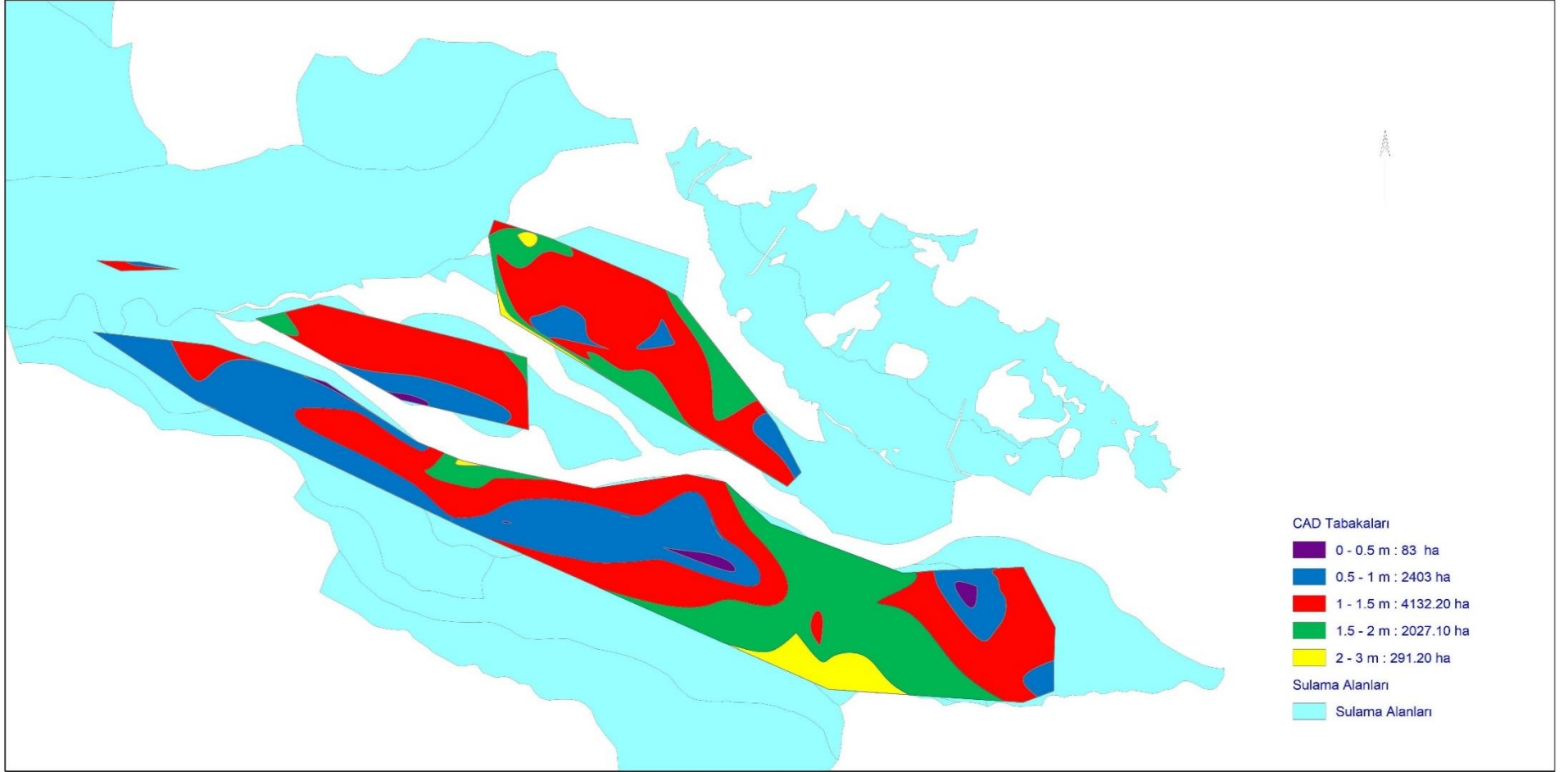
Sulamanın en yoğun olduğu ay eşderinlik eğrileri haritası

Araştırma alanında, sulamanın en yoğun olduğu aya ait tabansuyu derinliği dağılımı (Tablo 9) incelendiğinde, tabansuyu seviyesinin büyük ölçüde 0,5-2,0 m derinlik aralığında yoğunlaştığı belirlenmiştir. Çalışma alanının %46,21’inde tabansuyu derinliği 1,0-1,5 m aralığında yer almakta olup, bu aralık en geniş yayılımı oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla %26,90 ile 0,5-1,0 m ve %22,67 ile 1,5-2,0 m derinlik aralıkları izlemektedir. Daha sık tabansuyu seviyelerini temsil eden 0-0,5 m aralığı toplam alanın yalnızca %0,94’ünü oluştururken, daha derin seviyeleri ifade eden 2,0-3,0 m aralığı ise %3,29 oranında olduğu belirlenmiştir.

Tablo 9. Sulamanın En Yoğun Olduğu Ay Eşderinlik Eğrileri Haritasına İlişkin Değerler

Tabansuyu Derinliği(m)	Yüzölçümü (ha)	Yüzde (%)
0-0,5	83	0,94
0,5-1	2403	26,90
1-1,5	4132,20	46,21
1,5-2	2027,10	22,67
2-3	291,20	3,29
Toplam	8936,63	100

Şekil 20’de verilen haritadaki mavi ve mor renk ile gösterilen alanlar, tabansuyu seviyesi açısından sulamanın etkisini ortaya koymaktadır. Bu alanlar için bitki kök bölgesinde, suya doymuş koşulların hakim olduğu sınırlı alanları ifade etmektedir. Kırmızı renk alanlar ise ovada daha geniş bir yayılıma sahip olup, bu alanlarda tabansuyu tarımsal üretimi etkileyecek sınırdadır. Sulamanın en yoğun yapıldığı dönemde bile sarı ve yeşil alanlarda tabansuyunun düşük seviyelerde görülmesi bu alanların yüksek kotlarda olduğunu göstermektedir. Tabansuyunun yeraltına sızarak eğim doğrultusunda düşük kotlu yerlere doğru hareket etmesi, düşük kotlu yerlerde tabansuyu seviyesinin yüksek görülmesini açıklar niteliktedir. Tabansuyu derinliği ve tuzluluk değerlendirmelerinde, sulamanın en yoğun olduğu ayın esas alınmasının, sulamanın tabansuyu üzerindeki etkilerinin daha sağlıklı bir şekilde ortaya konulmasını sağladığı ifade edilmektedir. Özbülü ve ark. (2018) Hatay ili, Kırıkhan ilçesinde DSI tarafından açılmış 60 adet tabansuyu gözlem kuyusunda sulamanın en yoğun olduğu ay olan Temmuz ayı için tabansuyu düzeylerini incelemişlerdir.



Şekil 20. Sulamanın en yoğun olduğu ay eşderinlik eğrileri haritası

Tabansuyu eştuzluluk eğrileri haritası

Eştuzluluk eğrileri haritaları, yeraltı suyu örneklerinden analiz edilerek belirlenen elektriksel iletkenlik ($EC \times 10^{-6}$ $25^{\circ}C$) değerlerine göre oluşturulmuştur (Şekil 21).

Şekil 21’de yer alan tabansuyu eştuzluluk eğrileri haritasına ilişkin veriler Tablo 10’da ifade edilmiştir.

Tablo 10. Tabansuyu Eştuzluluk Eğrileri Haritasına İlişkin Değerler

Tuzluluk Sınıfları($\mu S/cm$)	Yüzölçümü (ha)	Yüzde (%)
0-3000	8122	90,97
3000-5000	782,15	8,7
5000-7500	32,66	0,31
7500-10000	0	0
10000 <	0	0
Toplam	8936,63	100

Elde edilen bulgulara göre, araştırma alanının büyük bir bölümü 8122 ha ile tabansuyu tuzluluk değeri 0-3000 $\mu S/cm$ aralığında yer almakta olup, bu alan toplam alanın %90,97’sini oluşturmaktadır. 3000-5000 $\mu S/cm$ aralığında belirlenen alanlar 782,15 ha ile toplam alanın %8,7’sini kapsamakta ve orta düzey tuzluluk riski taşıyan bölgeleri temsil etmektedir. Daha yüksek tuzluluk sınıfını ifade eden 5000-7500 $\mu S/cm$ aralığı ise yalnızca 32,66 ha ile toplam alanın %0,31’ini oluşturmaktadır.

Şekil 21’de gösterilen harita incelendiğinde ova da kahverengi alanların hakim olduğu görülmektedir. Kahverengi alanlar 0–3000 $\mu S/cm$ tuzluluk sınıfını temsil etmekte olup bu sınıf tuzluluk açısından herhangi bir risk oluşturmamaktadır. Erzincan Ovasında tabansuyunun düşük tuzlulukta olması yüksek kesimlerden gelen suyun kaliteli ve ova da bulunan yeraltı suyunun sürekli bir hareket içinde olduğunu göstermektedir. Sarı ve yeşil renkli alanların temsil ettiği sınırlı alanlarda buharlaşmanın daha fazla olduğu ve sulama uygulamalarının daha fazla yapıldığı anlaşılmaktadır. Konya-Çumra sulama sahasında yapılan bir çalışmada, sulama uygulamalarının yoğun olduğu alanlarda tabansuyunun yüzeye yakınlaştığı ve kapiler yükselme ile birlikte buharlaşma etkisinin artarak yüksek ve tuzlu tabansuyu koşullarının ortaya çıktığı bildirilmiştir; bu durumun sulama programının normalden farklı planlanmasını gerektirdiği vurgulanmıştır (Konukcu ve Akbuğa, 2006).

Haritanın bütününe bakıldığında Erzincan Ovasında yaygın olarak şiddetli bir tuzluluk probleminin görülmediği tespit edilmiştir. Çullu ve ark., (2005) tarafından Harran Ovasında gerçekleştirilen çalışmada, yüksek tuzluluk riskinin temel nedenleri arasında yoğun ve

kontROLSÜZ sulama uygulamaları, yetersiz yüzeyaltı drenaj sistemi, çok düşük topoğrafik eğim, ağır bünyeli toprak yapısı ve tabansuyunun uzun süre yüzeye yakın seviyelerde kalması gösterilmiştir. Harran Ovasındaki yüksek tuzluluk, esas olarak drenaj yetersizliği ve aşırı sulama kaynaklı olup, Erzincan Ovasında daha dengeli tabansuyu koşulları ve drenaj imkânları sayesinde benzer bir riskin oluşmadığı görülmüştür.





Şekil 21. Tabansuyu eştuzluluk eğrileri haritası

Tabansuyu yüksekliği ve tuzluluğunun birlikte sorun olduğu alanlar haritası

Araştırma alanında sulamanın en yoğun olduğu ay eşderinlik eğrileri haritası ile tabansuyu eştuzluluk eğrileri haritası incelendiğinde; tabansuyu derinliğinin 0-1,5 m ve tuzluluğun 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den fazla olduğu bir alan tespit edilmediğinden bu içerikte bir harita hazırlanmamıştır.



SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, araştırma alanında aktif durumda olan 84 adet gözlem kuysunda gerçekleştirilen ölçümler doğrultusunda, tabansuyu seviyelerindeki 2024 su yılındaki zamansal değişimler ile tabansuyunun EC değerleri incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, araştırma alanında ki tabansuyu seviyeleri ve tuzluluk durumuna ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır.

Elde edilen bulgular doğrultusunda hazırlanan haritalar birlikte incelendiğinde tabansuyu seviyesinin; ova merkezinde yani düşük kotlu alanlarda daha yüksek olduğu, ova kenar kısımlarında ve yüksek kotlu yerlerde ise daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ova merkezinde yer alan tarım alanları düşük kottan dolayı yeraltı sularının biriktiği hem de sulama faaliyetlerinin yapıldığı alanlardır. Dolayısı ile bu bölgelerde tabansuyu seviyesi yüksek seyretmektedir. Buna karşılık ise kenar kısımların ova merkezinden daha yüksek kotta olması, yeraltı suyunun eğim doğrultusunda ova merkezine hareket etmesine sebep olarak tabansuyu seviyesinin yüzeye yaklaşmasını sınırlamaktadır.

Araştırma alanında yer alan gözlem kuyularında bir yıl boyunca yürütülen izleme çalışmaları sonucunda oluşturulan tabansuyu en yüksek eşderinlik eğrileri haritası verilerine göre, araştırma alanın yaklaşık %94,2'sinin 0-1,5 m tabansuyu derinliği aralığında yer aldığı belirlenmiştir. Bu durum, tabansuyunun büyük bir kısmının bitki kök bölgesine yakın seviyelerde seyrettiğini göstermektedir. Bu nedenle söz konusu alanlar, drenaj sistemlerinin uygulanması öncelikli ve zorunlu olduğu bölgeler olarak değerlendirilmiştir.

Tabansuyu en düşük eşderinlik eğrileri haritasına ait veriler incelendiğinde, araştırma alanının yaklaşık %7,6'sında tabansuyu seviyesinin 0-1 metre aralığında seyrettiği belirlenmiştir. Bu bulgu, söz konusu alanlarda tabansuyunun yıl boyunca sürekli olarak bitki kök bölgesinde kaldığını ve bunun sonucunda kronik su doymunluğu oluştuğunu göstermektedir. Böyle bir ortam, bitki köklerinde çürüme, oksijen eksikliği ve hastalık riskini önemli ölçüde artırmaktadır. Dolayısıyla bu alanlar, yüzeyaltı (toprakaltı) drenaj sistemlerinin öncelikli olarak uygulanması gereken bölgeler olarak tespit edilmiştir.

Araştırma alanında tabansuyu seviyesinin yükseklikliğinin başlıca sebeplerinden biri sulama altyapısında ki sorunlardır. Erzincan Ovasında mevcut sulama şebekesinin büyük bir kısmının ekonomik ömrünü doldurduğu görülmüştür. Ekonomik ömrü dolmuş bu kanallardan su sızarak toprak profiline ulaşır böylece tabansuyu seviyesine gelerek tabansuyu yükseliğine

neden olmaktadır. Erzincan Ovasında mevcut sulama şebekesinde ekonomik ömrü dolmuş sulama tesislerinin (ana, yedek ve tersiyer kanal) yenileme veya bakım, onarım çalışmaları yapılması gerektiği tespit edilmiştir.

Araştırma alanında elde edilen sonuçlara göre kontrolsüz sulama uygulamalarının, sulama suyu tüketimini artırarak tabansuyu yüksekliğine neden olan etkenlerden olduğu belirlenmiştir. Aşırı ve kontrolsüz sulama uygulamaları, tabansuyunun yüzeye yaklaşmasına yol açarak drenaj sorunlarını artırmaktadır. Bu nedenle, sulama alanlarında salma sulama yöntemlerinden kaçınılmalı, suyun kontrollü ve bitki ihtiyacına göre kullanılmasını sağlayan modern sulama yöntemleri teşvik edilerek çiftçiler bilinçlendirilmelidir. Bu konu da eğitim ve denetim mekanizmaları güçlendirilmelidir.

Arazi çalışmaları kapsamında tabansuyu gözlem kuyularından alınan su numunelerinin analiz sonuçlarına göre, araştırma alanının yalnızca %0,31’lik kısmında (yaklaşık 28 ha) tabansuyu tuzluluğu 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ’nin üzerinde ölçülmüştür. Bu durum, Erzincan Ovası genelinde önemli bir tuzluluk probleminin bulunmadığını göstermektedir.

Tabansuyunun genel olarak düşük tuzluluk seviyelerinde olması, büyük ölçüde sulama suyu kaynağı olan Fırat (Karasu) Nehrinin nitelikli su kalitesine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Yapılan analizlere göre Fırat Nehri suyu, C2S1 sınıfında yer almakta, yani orta iletkenlikli ancak sodyum tehlikesi taşımayan bir sulama suyu özelliği taşımaktadır.

Fırat (Karasu) Nehrine deşarjı yapılan evsel ve sanayi kaynaklı atık sular, arıtma sürecinden geçirildikten sonra alıcı ortama verilmelidir. Arıtılmamış atık suların alıcı ortama verilmesi, sulama suyunun özelliğinin bozulmasına, tarım topraklarının devrasyonuna ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olabilmektedir. Küçük yerleşimlerinde yan dereler vasıtasıyla atık suları nehre ulaşmaktadır. Bu kaynaklar doğal arıtım sürecinden geçirilmeden alıcı ortama verilmemelidir.

Fırat (Karasu) Nehrinin içerdği organik madde yükü nedeniyle, özellikle yaz aylarında, başta Temmuz ve Ağustos olmak üzere tahliye kanallarında yoğun şekilde su yosunu (alg) oluşumu gözlenmektedir. Bu biyolojik kütle, su akış hızını azaltmakta ve tahliye kanallarının içerisindeki suyun iletiminde aksamalara neden olmaktadır. Bu nedenle, özellikle sulama sezonunun sonunda, tahliye kanallarında düzenli temizlik ve bakım çalışmaları yapılmalıdır. Bazı tahliye kanallarında mansap şartlarının sağlanmadığı görülmüş ve bu kanalların çalışır hale getirilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Aksi halde, suyun etkin tahliyesi zorlaşmakta ve drenaj sistemlerinin işlevselliği azalmaktadır.

Erzincan Ovasında yürütülen hayvancılık faaliyetleri kapsamında üretilen çiftlik gübreleri Nitrat Direktifine uygun olarak depolanmalı ve değerlendirilmelidir. Gübre uygulamaları açık dönemlerde yapılmalıdır. Benzer durum kimyasal gübre uygulamaları içinde geçerlidir. Nitrat yıkanmasını önlemek için aşırı sulama suyu kullanımından kaçınmak doğru olacaktır.

Araştırma sahasında yer alan 116 adet tabansuyu gözlem kuyusundan yalnızca 84 adedinde ölçüm yapılabilmiş, kalan 32 kuyuda ise fiziksel tahribat ve yapısal bozulmalar nedeniyle ölçüm alınamamıştır. Bu durum, Erzincan Ovasında tabansuyu hareketlerinin izlenebilirliğini sınırlamakta, özellikle uzun dönemli hidrolojik değerlendirmelerde veri bütünlüğünü ve mekânsal temsiliyeti olumsuz etkilemektedir. Tabansuyu seviyesinin mevsimsel ve yıllık değişimlerini sağlıklı biçimde izleyebilmek, sulama ve drenaj sorunlarını gözlemleyerek daha doğru temellere oturtmak için, DSİ tarafından tahrip olmuş gözlem kuyularının en kısa sürede onarılması veya yeniden inşa edilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu kuyuların periyodik bakım ve kontrol süreçlerinin de sürdürülebilir bir izleme sistemi kapsamında ele alınması önemlidir.

Bu veriler doğrultusunda, sulama şebekelerinde yapılacak bakım, onarım ve yenileme çalışmalarında tabansuyu ve tuzluluk açısından riskli alanlara öncelik verilmelidir. Sulama hizmeti veren kurum ve kuruluşlar tarafından, sulama suyu dağıtım programları bu haritalar dikkate alınarak planlanmalı; aşırı ve kontrolsüz sulama uygulamalarının önüne geçilmelidir.

Sonuç olarak, CBS kullanılarak elde edilen bu çalışma, tarımsal potansiyeli yüksek bir ova olan, Erzincan Ovasında tabansuyu seviyesi ve tuzluluk değişimlerinin mekânsal olarak izlenebilir ve yönetilebilir olduğunu göstermekte olup, su kaynaklarının etkin kullanımı, toprak-su dengesinin korunması ve sürdürülebilir tarımsal üretimin sağlanması açısından düzenli izleme, doğru sulama ve etkin drenaj uygulamalarının vazgeçilmez olduğunu ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

- Akbaşı, F., Ünlükara, A., Kurunç, A., İpek, U., Yıldız, H., 2008. Tokat-Kazovada Taban Suyu Gözlemlerinin CBS Yöntemleriyle Yapılması ve Yorumlanması. Sulama Tuzlanma Toplantısı (pp.1-12). Şanlıurfa, Turkey
- Akgül, H., 2003. Tuzluluk. Ziraat Mühendisliği Dergisi. Sayı 340. Ankara.
- Akkan, E., 1963. Erzincan ovasının iklim özellikleri. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 21(3-4), 79-112.
- Amezket, E., 2006. An integrated methodology for assessing soil salinization, a pre-condition for land desertification. Journal of Arid Environments, 67(4), 594-606. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.03.010>
- Anğın, N., Çatakkaya, V. 2019. Taban suyu seviye ve tuzluluk değerlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile izlenmesi ve değerlendirilmesi: Doğankent-Adana örneği. Uluslararası Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2(2), 73-83.
- Anonim, 2021. Tarımsal Sulama Sektör Politika Belgesi 2021- 2025, TAGEM AR-GE İnnovasyon, 2021.
- Anonim, 2024. <https://meteorolojimuht.org.tr/wp-content/uploads/2024/09/su-yili-nedir.pdf>
- Anonim, 2025. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754>
- Apan, M., 2010. Erzincan ovası toprak ve su kaynaklarının sulama yönünden problemleri ve geliştirilme imkanları üzerinde bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 3(1).
- Aras, G., 2010. Aksu ovası taban suyu derinlik ve tuzluluk haritalarının coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak hazırlanması ve değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Ardos, M., 1985. Jeomorfoloji açısından Türkiye ovalarının oluşumları ve gelişimleri. Coğrafya Dergisi, (1), s: 111-126.
- Arfanuzzaman, M., Rahman, A. A., 2017. Sustainable water demand management in the face of rapid urbanization and groundwater depletion for social-ecological resilience building. Global Ecology and Conservation, 10, dsi9-22. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.01.005>
- Arslan, H., 2005. Bafra Ovası sağ sahil sulama alanının taban suyu derinlik ve tuzluluk haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemi yardımıyla hazırlanması ve değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Arslan, H., ve Demir, Y., 2011. Coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla tabansuyu seviyesinin izlenmesi ve değerlendirilmesi: Bafra ovası sulama alanında bir çalışma. Anadolu Journal of Agricultural Sciences (Turkey), 26(3).
- Atabay, S., Ayaşlıgil, T., 2005. Bölüm 2: Doğal Yapı. İçinde Ekonomik- Toplumsal- Mekânsal Örgütlenme İçin Dar Bölge Polarize Modeli Erzurum, Erzincan Bayburt Bölgesel Gelişme Planı, Analitik Rapor, Kitap: 1. (s. 2/49), İstanbul: UNDP- YTÜ.
- Ayers, R.S., Westcot, D.W., 1985. Water quality for agriculture, 29 Rev. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

- Başçiftçi, F., Durduran, S., ve İnal, C., 2013. Konya Kapalı Havzasında Yeraltı Su Seviyelerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) İle Haritalanması. Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5(2), 1-15.
- Berghuijs, W. R., Woods, R. A., Hrachowitz, M., 2014. A precipitation shift from snow towards rain leads to a decrease in streamflow. Nature Climate Change, 4(7), 583–586. <https://doi.org/10.1038/nclimate2246>
- Cemek, H. A. M. G. B., and Demir, Y., 2007. Bafra Ovası yeraltı suyu kalitesinin sulama açısından değerlendirilmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(2), 219-226.
- Cetin, M., Diker, K., 2003. Assessing drainage problem areas by GIS: A case study in the Eastern Mediterranean Region of Turkey. Irrigation and Drainage 52: 343–353. DOI: [10.1002/ird.100](https://doi.org/10.1002/ird.100)
- Chen, S., Mao, X., Shang, S., 2022. Response and contribution of shallow groundwater to soil water/salt budget and crop growth in layered soils. Agricultural Water Management, 266, 107574. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107574>
- Çatalakaya, V., 2013. Şanlıurfa Harran Ovası V1. Kısım Kapalı Drenaj Sistemi Etkinliğinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar Sulama Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Çelik, R., Aslan, V., Akyıldız, M. H., 2017. Harran Ovasının yeraltısuyu potansiyelinin coğrafi bilgi sistemi ile modellenmesi. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 8(1), 53-64
- Çetin, M., Kaman, H., Sesveren, S., 2021. Yoğun sulama uygulamalarının taban suyu kalitesi ve derinlikleri üzerine olan zamansal ve mekansal etkilerinin değerlendirilmesi: Akarsu Sulama Birliği Sahası örneği. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(4), 649-659. DOI: [10.33462/jotaf.879491](https://doi.org/10.33462/jotaf.879491)
- Demir, N., ve Gözar, M., 2005. Taban Suyu İzleme Rehberi. D.S.İ. Genel Müdürlüğü Basımevi, Ankara, 61 ss.
- Demirören, T., ve Köse, C., 1980. Kazova Sulama Rehberi. Tokat Bölge Toprak-su Araştırma Enstitüsü Yayınları Genel Yayın, (36).
- Demirtaş, A., 2008. Iğdır ovası drenaj sularının kalite durumlarının belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 39(1), 23-35.
- DSİ, Tabansuyu İzleme Rehberi, DSİ Genel Müdürlüğü, İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2005.
- Fayrap, A., 2002. Erzincan Ovasında Drenaj Sistemlerinin işletilmesinde karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Gemalmaz, E., 1993. Drenaj Mühendisliği. Cilt I., Atatürk yayın No:746, Ziraat Fakültesi Yayın No:317, Erzurum
- Gündoğdu, K. S., 2004. Sulama proje alanlarındaki taban suyu derinliğinin jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi. Uludağ Ü. Ziraat Fak. Der, 18(2), 85-95.
- Hayli, S., 2002. Erzincan Ovasında tarımın başlıca özellikleri. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 12(2), 1-29.
- İskenderoğlu, Ş., Kütük, B. İ., Güvel, Ş. P., Fayrap, A., Aslankurt, M. İ., 2015. Sulama projeleri tabansuyu izleme faaliyetinin coğrafi bilgi sisteminde incelenmesi ve değerlendirilmesinde aşağı seyhan ovası sol sahil sulama projesi örneği. 3. Ulusal Sulama Sistemleri Sempozyumu

- Kanber, R., 1999. Sulama, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları 174, Ders Kitapları Yayın No: A-52, Adana.
- Kanber, R., Çullu, M. A., Kendirli, B., Antepli, S., Yılmaz, N. 2005. Sulama, drenaj ve tuzluluk. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 3(7), 213-251.
- Karatas, B. S., Cetinkaya, B., Cengil, B., 2025. Spatial and Temporal Trend Analysis of Groundwater Depth and Salinity Using Geostatistics Integrated With GIS in the Koprucay Irrigation System in Antalya, Turkey. Irrigation and Drainage. <https://doi.org/10.1002/ird.70031>
- Koç, D. L., 2011. Aşağı Seyhan Ovası Tuzlu-Sodyumlu Topraklarının Farklı Yöntemlerle İyileştirilmesi. Basılmamış Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar Sulama Ana Bilim Dalı, Adana
- Konukcu, F., Akbuğa, R., 2006. Konya-Çumra yöresinde yüzeysel ve tuzlu taban suyunun sulanan alanlardaki toprak-su ve tuz dengesi üzerine etkileri. Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty, 3(2), 105–120.
- Korkmaz, N., Gündüz, M., Aşık, Ş., 2016. Gediz Nehrinin güneyindeki tarım alanlarının taban suyu seviyesi ve kalitesinin zamansal değişimi. Derim, 33(2), 263-278. <https://doi.org/10.16882/derim.2016.267911>
- Korukçu, A., Gündoğdu, K. S., Akkaya Aslan, Ş. T., 2004. Tabansuyu Gözlem Değerlerinin Çok Yıllık Değerlendirilmesi . Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu. 20-21 Mayıs, Ankara, Turkey
- Mazzei, V., Gaiser, E. E., Kominoski, J. S., Wilson, B. J., Servais, S., Bauman, L., Troxler, T. G., 2018. Functional and compositional responses of periphyton mats to simulated saltwater intrusion in the southern Everglades. Estuaries and Coasts, 41, 2105-2119. <https://doi.org/10.1007/s12237-018-0415-6>
- Mohanavelu, A., Naganna, S. R., Al-Ansari, N., 2021. Irrigation Induced Salinity and Sodicty Hazards on Soil and Groundwater: An Overview of Its Causes, Impacts and Mitigation Strategies. Agriculture, 11(10), 983. <https://doi.org/10.3390/agriculture11100983>
- Oster, J. D., Grattan, S. R., 2002. Drainage water reuse. Irrigation and Drainage Systems, 16, 297-310.
- Özbuldu, M., İrvem, A., Asil, H., 2018. Kırıkhan İlçesindeki Taban Suyu Derinliğindeki Değişimin CBS ile Analizi. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 23(2), 158-164.
- Özer, K., 2007. Berdan Ovası (Tarsus-Mersin-Mezitli) Çevresel Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) Oluşturulması ve Modellenmesi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Mersin
- Özşahin, E., Eroğlu, İ., Pektezel, H., 2016. Erzincan ilinde yerleşmelerin ve nüfusun yükselti basamaklarına göre dağılışı. Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9(1), 143-156.
- Öztürk, A., 1994. Tabansuyu Derinliği ve Sulama Suyu Kalitesinin Biber Verimine Etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Polat, P., Altınbilek, M. S., 2021. Erzincan'ın iklim özellikleri ile Erzincanda kaydedilen uzun dönem (1930-2020) sıcaklık ve yağış verilerinin trend analizleri. Doğu Coğrafya Dergisi, 26(46), 55-80. <https://doi.org/10.17295/ataunidcd.959297>
- Ren, D., Xu, X., Huang, Q., Huo, Z., Xiong, Y., Huang, G., 2018. Analyzing the role of shallow groundwater systems in the water use of different land-use types in arid irrigated regions. Water, 10(5), 634. <https://doi.org/10.3390/w10050634>

- Ritzema, H. P., Satyanarayana, T. V., Raman, S., Boonstra, J., 2008. Subsurface drainage to combat waterlogging and salinity in irrigated lands in India: Lessons learned in farmers fields. *Agricultural water management*, 95(3), 179-189. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.09.012>
- Skaggs, R. W., Brevé, M. A., Gilliam, J. W., 1994. Hydrologic and water quality impacts of agricultural drainage. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 24(1), 1–32. <https://doi.org/10.1080/10643389409388459>
- Tanji, K. K., and Kielen, N. C., 2002. *Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 61).
- Taşan, S., ve Demir, Y., 2019. Toprakların tuzluluk ve sodikliliğinin alansal ve zamansal değişiminin jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi: Bafra ovası örneği. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(3), 336-350. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.557601>
- Tekinel, O., Ünlü, M., Topaloğlu, F., Kanber, R., 2002. GAP yöresinde su kullanımı ve tuzluluk. *Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu Bildirileri*, 18(20), 468-47.
- Tekinel, O., ve Kanber, R., 1987. Sulamada tuzluluk ve drenaj. In ÇÜ Zir. Fak. Seri Konf., Osmaniye.
- Terzi, N., 2002. Drenaj Yetersizliğinin Yol Üst Yapısına ve Trafik Güvenliğine Etkilerinin Araştırılması. Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Niğde
- Van Hoorn, J.W., and van Alphen, J.G., 1994. *Salinity Control in: Drainage Principles and Applications*. Edited by H.P. Ritzema. International Institute for Land Reclamation and Improvement. P.O. Box 45, 6700 AA Wageningen, The Netherlands.
- Winter, T. C., Harvey, J. W., Franke, O. L. Alley, W. M., 1998. *Ground water and surface water a single resource*, U.S. Geological Survey Circular 1139, Denver, Colorado, 87 pp.
- Yomralıoğlu, T., 2000. CBS Temel Kavramlar ve Uygulamalar Kitabı, S: 390-391, Trabzon.
- Yumuşak, C. B., 2024. Drenaj kanallarının kimi toprak özellikleri ve taban suyuna etkisinin Coğrafi Bilgi Sistemlerinde değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Şeyma ÖZGENEL
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Sabahat Hanım Lisesi
Lisans:	Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı
Doktora:	
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	İyi
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	
Monitoring and Evaluation of Erzincan Plain Groundwater Level and Salinity Values Using Geographical Information Systems	