



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**CBS YARDIMIYLA KONYA İLİNİN YERALTI SU
PARAMETRELERİNİN MEKÂNSAL DAĞILIMININ
BELİRLENMESİ VE TEMATİK HARİTALARIN
ÜRETİLMESİ**

GUL MOHAMMAD AHMADI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Gul Moammad AHMADI tarafından hazırlanan “CBS Yardımıyla Konya İlinin Yeraltı Su Parametrelerinin Mekânsal Dağılımının Belirlenmesi ve Tematik Haritaların Üretilmesi” adlı tez çalışması 16/06/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan-Danışman

Prof. Dr. İsmail Bülent GÜNDOĞDU

.....

Üye

Prof. Dr. Tayfun ÇAY

.....

Üye

Doç. Dr. Hüseyin Zahit SELVİ

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Gul Mohammad AHMADI

Tarih: 16.06.2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CBS YARDIMIYLA KONYA İLİNİN YERALTI SU PARAMETRELERİNİN MEKÂNSAL DAĞILIMININ BELİRLENMESİ VE TEMATİK HARİTALARIN ÜRETİLMESİ

Gul Mohammad AHMADI
Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İsmail Bülent GÜNDOĞDU

2022, 119 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. İsmail Bülent GÜNDOĞDU
Prof. Dr. Tayfun ÇAY
Doç. Dr. Hüseyin Zahit SELVİ

Günümüz koşullarında tüm dünyada temiz ve kaliteli suya ulaşmak her geçen gün daha çok zorlaşmaktadır. Türkiye'nin su potansiyel değerleri ve istatistiksel veriler incelendiğinde, ülkemizin su fakiri ülke olma yolunda ilerlediği gerçeği ile karşı karşıya kalınmaktadır. Bu nedenle içme, kullanma ve sulamada önemli bir zenginlik olan yeraltı sularının seviyelerinin, kalitesinin ve parametrelerinin ölçülüp belirlenmesi, işaretlenmesi ve kullanılabilirliğinin takip edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yardımıyla yeraltı sularının parametrelerinin mekânsal dağılımının belirlenmesi ve tematik haritalarının Konya ili özelinde üretilmesi amaçlanmıştır.

Araştırma kapsamında çalışma alanının genel özellikleri, meteorolojik ve hidrolojik özellikleri, jeolojik ve hidrojeolojik parametreler, statik su seviye haritası, dinamik su seviye haritası, pompa verimlilik haritaları CBS teknolojisi kullanılarak işlenmiştir. Konya ili yeraltı sularının EC ve pH parametrelerinin arazide ölçülen değerleri, kimyasal analiz sonucunda belirlenen katyon (Na, K, Mg, Ca) ve anyon (HCO_3 , Cl, NO_3 , SO_4) değerleri ve iz element sonucunda belirlenen elementlerinin yoğunluk haritaları, su içerisinde insan sağlığını etkileyen As, Cl, elementleri ve NO_3 , SO_4 bileşenlerinin sınır değerleri dikkate alınarak su kirliliği dağılım haritaları oluşturulmuştur. Araştırmanın sonunda elde edilen bulgular ilgili literatür ile kıyaslanarak tartışılmış ve bazı önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Konya İli, Yer altı suyu, Su Kalitesi, Kartografya, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), Tematik Harita, Model Harita

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINING THE SPATIAL DISTRIBUTION OF GROUND WATER PARAMETERS OF KONYA PROVINCE WITH THE HELP OF GIS AND PRODUCTION OF THEMATIC MAPS

Gul Mohammad AHMADI

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geomatics Engineering**

Advisor: Prof. Dr. İsmail Bülent GÜNDOĞDU

2022, 119 Pages

Jury

**Prof. Dr. İsmail Bülent GÜNDOĞDU
Prof. Dr. Tayfun ÇAY
Doç. Dr. Hüseyin Zahit SELVİ**

In today's conditions, it is getting more and more difficult to reach clean and high quality water all over the world. When Turkey's water potential values and statistical data are examined, we are faced with the fact that our country is on the way to becoming a water-poor country. For this reason, it is necessary to measure and determine the level, quality and parameters of groundwater, which is an important wealth in drinking, use and irrigation, marking and monitoring its usability. In this study, it is aimed to determine the spatial distribution of groundwater parameters and to produce thematic maps for Konya province with the help of Geographic Information System (GIS).

Within the scope of the research, general characteristics of the study area, meteorological and hydrological characteristics, geological and hydrogeological parameters, static water level map, dynamic water level map, pump efficiency maps were processed using GIS technology. Field values of EC and pH parameters of groundwater in Konya, cation (Na, K, Mg, Ca) and anion (HCO_3 , Cl, NO_3 , SO_4) values determined as a result of chemical analysis, and density maps of trace elements determined as a result of human in water. Water pollution distribution maps were created by considering the limit values of As, Cl, elements and NO_3 , SO_4 components that affect health. The findings obtained at the end of the study were compared with the relevant literature and discussed and some suggestions were made.

Keywords: Konya Province, Groundwater, Water Quality, Cartography, Geographic Information System (GIS), Thematic Map, Model Map

ÖNSÖZ

Tez hazırlanması süresince, tecrübelerini aktaran, fikir ve önerilerini daima benimle paylaşan lisans eğitimimden beri hep yanımda olan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. İsmail Bülent GÜNDOĞDU'na, kendisinden çok şey öğrendiğim Arş. Gör. Mustafa HÜSREVOĞLU'na ve değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Gul Mohammad AHMADI
KONYA-2022



İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. İlgili Araştırmalar	5
1.2. Tezin Amacı ve Önemi	9
2. YERALTI SULARI	11
2.1. Hidrolik Dolaşım ve Yeraltı Suların Oluşumu	12
2.2. Yüzeysel Akış	17
2.3. Yeraltı Suyunun Erozyonu	19
2.4. Yeraltı Suyu Kalitesi.....	20
2.5. Diğer Su Kalitesi Parametreleri	25
3. MATERYAL VE METOT	29
3.1. Kartografya ve Coğrafi Bilgi Sistemi	29
3.1.1. Kartografya ve bilgi sistemlerinde temel kavramlar	30
3.1.2. Kartografya ve coğrafi bilgi sistemleri tanımları	32
3.1.3. Kartografya ve coğrafi bilgi sisteminin gelişimi.....	37
3.1.4. Kartografya ve coğrafi bilgi sistemlerinin bileşenleri.....	44
3.2. İncelenen Alanın Özellikleri	47
3.2.1. Çalışma alanının genel özellikleri	47
3.2.2. Topoğrafik özellikleri.....	48
3.2.3. Jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri	49
3.2.4. İklim ve meteorolojik özellikleri.....	52
3.2.5. Toprak özellikleri	54
3.2.6. Bölgenin su özellikleri	55
4. KONYA’NIN YERALTI SU KAYNAKLARI	59
4.1. Konya’nın Su Bütçesi	60
4.2. Konya’nın Sektörel Su Kullanımı.....	61
4.2.1. Kentsel ve endüstriyel su kullanımı	61
4.2.2. Tarımsal su kullanımı.....	61
4.3. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (IDW)	66
4.3.1. Potansiyel hidrojen (pH) dağılımı	67

4.3.2. Elektriksel iletkenlik (EC) dağılımı	69
4.3.3. Kobalt (CO) dağılımı	71
4.3.4. Sodyum (Na) dağılımı.....	72
4.3.5. Potasyum (K) dağılımı	75
4.3.6. Kalsiyum (Ca) dağılımı.....	77
4.3.7. Magnezyum (Mg) dağılımı	78
4.3.8. Klor (Cl) dağılımı.....	79
4.3.9. Arsenik (As) dağılımı.....	81
4.3.10. Kadmiyum (Cd) dağılımı	83
4.3.11. Kurşun (Pb) dağılımı.....	84
4.3.12. Demir (Fe) dağılımı	86
4.3.13. Bakır (Cu) dağılımı	87
4.3.14. Sülfat (SO ₄) dağılımı.....	88
5. SONUÇ	91
6. TARTIŞMA.....	95
7. KAYNAKÇA.....	97

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2. 1. Hidrolik dolaşım	12
Şekil 2. 2. Hidrolik dolaşımın şematik ifadesi	14
Şekil 2. 3. Yeraltı suyunun düşey dağılımı	15
Şekil 2. 4. Yüzey altı ve yeraltı akış şeması	18
Şekil 3. 1. Konya ilçe haritası	29
Şekil 3. 2. Bir iletişim aracı olarak harita	34
Şekil 3. 3. Eratosten tarafından üretilmiş harita	38
Şekil 3. 4. J. Snow tarafından çizilen su kuyuları ve kolera vakalarını gösteren tematik harita	41
Şekil 3. 5. Coğrafya bilgi sisteminin temel bileşenleri	45
Şekil 3. 6. Konya ili ve ilçeler haritası	47
Şekil 3. 7. Konya şehri topografik yapısı	49
Şekil 3. 8. Konya kenti çevresinin sadeleştirilmiş jeoloji haritası	52
Şekil 4. 1. Kuyularda statik seviyedeki azalma örneği	59
Şekil 4. 2. Ürünlerin net sulama suyu ihtiyaçları	62
Şekil 4. 3. Çalışma alanındaki sularda pH dağılımı	69
Şekil 4. 4. Çalışma alanındaki sularda EC dağılımı	71
Şekil 4. 5. Çalışma alanındaki sularda CO dağılımı	72
Şekil 4. 6. Çalışma alanındaki sularda Na dağılımı	74
Şekil 4. 7. Çalışma alanındaki sularda K dağılımı	76
Şekil 4. 8. Çalışma alanındaki sularda Ca dağılımı	77
Şekil 4. 9. Çalışma alanındaki sularda Mg dağılımı	79
Şekil 4. 10. Çalışma alanındaki sularda Cl dağılımı	81
Şekil 4. 11. Çalışma alanındaki sularda As dağılımı	82
Şekil 4. 12. Çalışma alanındaki sularda Cd dağılımı	84
Şekil 4. 13. Çalışma alanındaki sularda Pb dağılımı	85
Şekil 4. 14. Çalışma alanındaki sularda Fe dağılımı	87
Şekil 4. 15. Çalışma alanındaki sularda Cu dağılımı	88
Şekil 4. 16. Çalışma alanındaki sularda SO ₄ dağılımı	90

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2. 1. Türkiye su kaynakları istatistikleri	16
Çizelge 2. 2. TÇK Değerlerine göre yapılan su sınıflaması	21
Çizelge 2. 3. EC değerine göre yapılan su sınıflaması	23
Çizelge 3. 1. Kartografya ile ilgili genel tanımlar	33
Çizelge 3. 2. Coğrafya bilgi sistemlerinin literatürdeki tanımları	35
Çizelge 3. 3. Coğrafya bilgi sistemlerinin gelişim aşamaları	43
Çizelge 3. 4. Konya ilinin meteorolojik verileri	53
Çizelge 3. 5. Konya ve havzasının su kaynakları genel bilgileri ve potansiyeli.....	57
Çizelge 4. 1. Konya'nın yıllık su bütçesi	60
Çizelge 4. 2. Konya ili ürün deseni değişimi	63
Çizelge 4. 3. Konya ilinin ilçe bazında yetiştirilen bitkiler	63
Çizelge 4. 4. Suların pH değerlerine göre sınıflandırılması	68
Çizelge 4. 5. Bazı bitkilerde bitki besin maddelerinin alımında optimum	68
Çizelge 4. 6. EC değerleriyle ilişkili su sınıfları	70
Çizelge 4. 7. Na değerleriyle ilişkili su sınıfları	73
Çizelge 4. 8. Bazı bitkilerin sodyuma karşı gösterdikleri dirençler	75
Çizelge 4. 9. Bazı bitkilerin sulama suyundaki Cl'e karşı toleransı	80
Çizelge 4. 10. Cl değerleriyle ilişkili sınıflandırılması	81
Çizelge 4. 11. Bazı bitkilerin As değerleriyle ilişkili sınıflandırılması	82
Çizelge 4. 12. Cd değerleriyle ilişkili sınıflandırılması	83
Çizelge 4. 13. Pb değerleriyle ilişkili sınıflandırılması	85
Çizelge 4. 14. SO4 değerleriyle ilişkili sınıflandırılması	89
Çizelge 4. 15. Bitkilerin sülfata dayanımı	89

KISALTMALAR

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ICA	: Uluslararası Kartoğrafya Birliği
MTA	: Maden Tetkik ve Arama
MÖ	: Milattan Önce
Yy	: Yüzyıl
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
CE	: Elektriksel İletkenlik
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
ORSAM	: Ortadoğu Araştırma Merkezi
ABD EPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kurumu
AB	: Avrupa Birliği
TÇK	: Toplam Çözünmüş Katılar
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
MCL	: Maksimum Kirletici Seviyesi
MCLG	: Maksimum Kirletici Seviye Hedefleri
WMS	: Web Harita Servisi
PCB	: Polikarbonlu Bifenil
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
SLD	: Stilli Katman Tanımlayıcı
IDW	: Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi
PH	: Potansiyel Hidrojen
EC	: Elektriksel İletkenlik
CO	: Kobalt
Na	: Sodyum
K	: Potasyum
Ca	: Kalsiyum
Mg	: Magnezyum
Cl	: Klor
As	: Arsenik
Cd	: Kadmiyum
Pb	: Kurşun
Fe	: Demir
SO ₄	: Sülfat

1. GİRİŞ

İnsan ile tabiat arasındaki etkileşim, mekânsal problemler ve incelemeleri, gelişen teknolojik imkânlarla farklı metot ve teknikleri de kapsamına alarak kullanılmaya çalışılmaktadır. Bu bilimin gelişmiş farklı teknikleri kullanarak etki alanını daha da büyütmesi modern çağa entegrasyonunu artırmaktadır. Günümüz bilim ve teknoloji toplumunda imkânların ve değişimlerin coğrafya ilmine kattığı en büyük yeniliklerinden birisi de CBS olarak bilinen “Coğrafya Bilgi Sistemleri”dir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) alanda çalışan bilimcilere çalışma yerleri olan mekânların ve özellikle yerkürenin daha iyi anlaşılabilmesi ve ifade edilebilmesini sağlamakta, yeryüzünün tanımlanamayan matematik modeline rağmen teknolojik imkânlar sayesinde kolaylıkla düz bir kâğıda nasıl aktarılabilceğini ve bu yeryüzü şekillerinin iki veya üç boyutlu şekilde nasıl modelleneceğini göstermeye çalışmaktadır. Bunun yanında CBS yeni mekânsal bilgiler oluşturmak gayesiyle çoklu veri katmanlarını birlikte veya ayrı ayrı katmanlar şeklinde inceleyerek mevcut verileri de kullanmak suretiyle analizler yapma imkânı yaratır. Özellikle son yüzyılda farklılaşan teknolojik imkânlar coğrafi bilgi sistemlerinin işlevselliğini de artırmıştır. Böylece CBS yalnızca harita geliştirmekle kalmayıp aynı zamanda, elde edilen verilerin dijital olarak depolanarak, klasik tekniklere göre daha hızlı bir biçimde değerlendirilmesine imkân vermektedir. Bu sistem sayesinde saklanan mevcut verilerden yeni bilgiler türetilebilmekte ve bu bilgiler doğrultusunda farklı haritalar hazırlanabilmektedir. Bu şekilde veri zenginliği de meydana gelmektedir. Hatta farklı CBS yazılımları arasında veri dönüştürme çalışmaları ile yazılım farkının neden olduğu olumsuzlukların da etkisi azaltılmakta ve önüne geçilebilmektedir. Bununla birlikte CBS ile hazırlanan haritalar yine teknolojik olarak rahatlıkla bilgisayarda depolanarak saklanmakta ve zaman zaman güncellenmektedir. Bu şekilde verilerin eskimesi ve güncelliğini yitirmesi engellenmektedir.

(Yomralıoğlu, 2000)’a göre CBS çok farklı disiplinlerde bambaşka gayelerle birçok kullanıcısının bulunması bu sistemin genel kabul görmüş bir tanımının yapılmasını zorlaştırmaktadır. En genel şekliyle CBS, dünya üstündeki konumsal olarak belirtilen bütün bilgilerin toplanması, depolanması, karşılıklı sorgulanması ve görüntülenmesi işlemlerini sağlayan bilgisayar yazılım aracıdır. Aynı zamanda CBS, koordinatlarla konumsal referanslı olarak belirtilebilen farklı teknikler kullanılarak

verilerin analizi, sorgulanması ve ulaşılan neticelerin tematik haritalar vasıtasıyla görüntülenmesine imkân tanıyan bilgisayar destekli veri tabanı yönetim sistemidir.

(Dinç, 2000)'a göre daha öncede ifade edildiği gibi gelişen bilim ve teknoloji doğrultusunda önemi giderek artan harita içerikli verilerin saklanması ve analizlerinin kolaylaşması, kullanıcı kitleye büyük olanaklar sunmaktadır. Bilgi sistemleri teknolojisi, haritalardaki mekânsal öğelere ait bilgileri bünyesinde barındıran “öznitelik tabloları” ile sorgulamalar gerçekleştirebilmektedir. Bu şekilde çalışılan yerlere ait hazırlanan tablolarla sorgulamalar gerçekleşmek yerine tematik haritalar geliştirilmeye başlanılmıştır. CBS'nin belirtilen bütün bu karakteristikleri sayesinde, kolaylıkla yorumlanabilen tematik haritalar üzerinden iktisadi, acil ve sağlıklı kararlar alma olanağı elde edilmiştir

Su, endüstri, tarım ve beşeri faaliyetler için vazgeçilmez ve yaşamsal öneme sahip doğal bir kaynaktır. Özellikle modern toplumların iktisadi gelişmelerinde kritik önem atfedildiği de bir gerçektir (Tiwari ve Singh, 2014). Dünya genelinde hızla değişmekte olan iklim şartları, su kaynaklarında görülen azalmalar ve kontrolsüz artışta olan insan nüfusu gibi global seviyeli pek çok sorun potansiyel tarım yerleri ve ulaşılabilir temiz su kaynakları üstündeki baskıyı çoğaltmaktadır. Zira son yüzyılda dünyada bulunan insan sayısı yaklaşık üç kat artarken su kaynaklarına olan gereksinim yedi kata çıkmıştır (URL1).

(George vd., 2015)'a göre içilebilir karakterdeki tatlı su, ekosistemin ve tüm popülasyonlar için hayatta kalma anahtarı ve en önemli gereksinimidir. Canlılar bu gereksinimlerini yüzey ve yeraltı suyundan karşılamaya çalışmaktadır. Ancak bu su kaynakların özellikle son zamanlardaki çevresel problemlerle de ilişkili olarak; ev, sanayi ve tarımın neden olduğu kirlilik tehlikeleri altında kullanım şartları giderek daha sınırlı bir hal almıştır. Hatta bu kirlilikten en çok nasibini alan yüzey suları kirlilik noktasında daha büyük bir risk taşımakta ve kalite standartları her geçen gün düşmektedir. Bu nedenle zamanımız şartlarında tatlı su kaynaklarına duyulan ihtiyaç giderek daha büyük önem ihtiva etmektedir.

Yüzey sularının beşeri faaliyetlerde kullanımı yetmediği zamanlarda, temiz ve sürekli olması sebebiyle ilk akıllara gelen alternatifin yeraltı suyu kaynakları olduğu bilinmektedir. Yeraltı suları, yeryüzüne düşen yağışın toprağın altına süzülerek jeolojik boşluklarda toplanması ile oluşmakta ve bu suları taşıyan jeolojik yerler “akifer” olarak

isimlendirilmektedir. Artan yeraltı su kaynaklarına olan gereksinim ise, akiferlerin aşırı kullanılmasına sebebiyet vermekte ve bu olay akiferlerin tek beslenme yeri olan yağışın yetersiz olması halinde su seviyesinin azalmasına ve su kıtlığının ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Han, 2013 ve Sharma vd., 2015). Tüm bu nedenler yeraltı sularının çıkarılması ve işletilmesi için gerekli olan masrafların da çoğalmasına sebep olmaktadır. Ayrıca kirletici maddelerin serbest akiferlere geçerek yeraltı sularına karışması bu suların kirlenmesinin önünü açmaktadır. Kirleticiler nedeniyle standardı değişmiş suların ise bitki, hayvan ve insan gibi tüm canlılar için hayati tehlike oluşturmakta ve bu durumun engellenebilmesi için yeraltı su kaynaklarının izlenmesi büyük bir ihtiyaçtır

Yeraltı sularında en önemli olgu kalite standardıdır. Yeraltı sularının elektrik iletkenlik (EC) seviyeleri, suyun asitlik-bazlık dengesi, mineraller (fosfor, azot ve karbon) ve ağır metaller (kurşun, bakır, kadmiyum, vb.) gibi kimyasal maddelerin suda çözünmesinin tespit edilmesi oldukça önemli olup, bu parametreler yeraltı sularının içme ve sulama yönünden kullanılabilirliğini ve güvenilirliğini meydana koyan su kalite ölçütleridir (Arkoç, 2018).

Dünya’da bulunan toplam 1,4 milyar km^3 suyun yaklaşık olarak yalnızca binde 2,5’inin canlılar tarafından kullanılabilen tatlı su olduğu ve bunun da ülkelere eşit oranlarda dağılmadığı görülmektedir. Kişi başına düşen yıllık su miktarına göre incelendiğinde; 2019 senesi için Dünya ortalaması 7600 m^3 iken, Türkiye’de ise bu indeksin 1347 m^3 olarak bulunduğu bildirilmiştir. 2030’da ise ülkemizde kişi başına düşen su miktarının 1000 m^3 e kadar düşeceği beklenmekte ve Türkiye’nin su zengini olmadığı, aksine büyük bir su stresi yaşadığı bildirilmektedir (Hakyemez, 2019). Türkiye için ifade edilen bu rakamlar Konya havzası ve ili için de farklı değildir. Havza coğrafi konumundan dolayı ülkemizin en az yağış alan bölgelerinden olması nedeniyle toplam yüzey su kaynaklarının %2’si, yeraltı su potansiyelinin ise %17’sine sahip olduğu bilinmektedir. Havza’da bulunan toplam senelik kullanılabilen su kaynağı 4.365 milyar m^3 , senelik su tüketimi ise $6,5$ milyar m^3 civarında olduğu ve Havza’nın su bütçesinde senelik 2 milyar m^3 açık verildiği ifade edilmektedir (Berke, Dıvrak ve Sarısoy, 2014). Türkiye’nin yeraltı su kapasitesinin %11,02’si ile toplam su kapasitesinin %2,57’si Konya ilinde yer almaktadır. Kentte kişi başına düşen ortalama yüzey suyu 670 m^3 , eğer yeraltı suları dâhil edilirse 1431 m^3 ’e ulaşmaktadır. Bu nedenle Konya ili su azlığı çeken bir il statüsündedir (Olgun, 2011). Bütün bu faktörler neticesinde bölgedeki gerek yüzey, gerekse yeraltı su kaynakları büyük bir baskı altında

olduğu gözlenmektedir. Bölgede evrensel öneme de sahip olan sulak yerlerin pek çoğu kuruma tehlikesiyle karşı karşıyayken, Yer Altı Sulama (YAS) seviyesinde her yıl önemli düşüşler görüldüğü de bir gerçektir. Su, Bölge'deki çevresel problemlerin neredeyse tamamının odağında bulunan bir faktördür. Konya Bölge'sinin çevresel sürdürülebilirliği noktasında yeraltı ve yüzey sularının miktar ile kalitesi, öncelikle sulak yerler olmak üzere bozkır, orman gibi tabii mekânların sağlığı ve kuraklık gibi tabii afetlere karşı dayanıklılık, en problemleri faktörler şeklinde meydana çıkmaktadır (Berke, Dıvrak ve Sarısoy, 2014).

(Yavuz, 2017)'a göre bölge dâhilinde yeraltı suyunun oluşumu, hangi alanlarda, ne miktarda ve nasıl bir kalitede yeraltı suyunun olduğu ve faydalanma imkânlarının belirlenmesi hedefiyle yeraltı sularının CBS teknolojisiyle ve ilgili teknikler kullanılarak tematik haritalar ile su potansiyeli ve kalitesi saptanabilmektedir. 1960'larda tanınmaya başlanmış haritalama esaslı önemli bir sistem olan CBS tüm bilimler arası araştırmalara imkân sağlayan teknolojik bir araçtır. 1980'li senelerde su kaynaklarında ve hidrolojideki uygulamalarından sonra, 1990'ların başında yeraltı suyu modellenmesinde de uygulanma sahası bulabilmiştir. Dünyada ve Türkiye'de değişen mevsimsel şartlar ve insan faaliyetlerin olumsuz yansımaları noktasında gelişen su kirliliği ve temiz suya erişim sıkıntısı, CBS'ye pek çok sahada olduğu gibi yeraltı su kaynaklarının mevcut durumu ve kirlenmesi ile alakalı modellemelerde kullanılmasında daha da büyük önem atfedilmesine neden olmuştur.

Ülkemizde yeraltı sularının biyolojik, fiziksel, kimyasal, hidromorfolojik kalitelerinin tespit edilmesi, gruplandırılması, su kalitesinin ve miktarının izleniminin sağlanması, bu suların kullanma nedenlerinin sürdürülebilir kalkınma vizyonlarıyla entegre olarak iyi su durumuna ulaşılması şart görülmektedir. Sağlıklı ve verimli su durumuna erişilebilmesi için su miktarı hali ile beraber su kütlelerinin potansiyel kalite halinin meydana çıkartılması önemli bir gerekliliktir (Kalkınma Bakanlığı, 2018: 34). Bu doğrultuda, bölge dâhilinde kirlenmeyi kontrol etmek ve su kalitesini muhafaza etmek için su kalitesinin zaman içerisinde iyiye ya da kötüye gittiğinin tespit edilmesi ve rutin olarak hassas ve doğru analizlerin yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda yeraltı su kaynaklarının iyi bir sistemle modellenmesi ve güncel tematik haritalarının oluşturulması en önemli unsurdur.

Bu çalışma altı ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde ilgili araştırmalar ve tezin amacı ve önemine değinilmiş, ardından ikinci bölümde yeraltı suları; hidrolik

dolaşım, yüzeysel akış, yeraltı suyunun erozyonu, yeraltı suyu kalitesi ve diğer su kalitesi parametreleri eşliğinde sunulmuştur. Üçüncü bölümde Kartografya ve Coğrafya Bilgi Sistemleri kavramsal olarak geniş kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Dördüncü bölüm olan incelenen alanın bölge özellikleri kapsamında ise çalışma alanı olan Konya ilinin genel özellikleri, topoğrafyası, jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri, iklim ve meteorolojik özellikleri, toprak ve su özellikleri açıklanmıştır. Beşinci bölümde ise CBS yardımıyla Konya ilinin yeraltı su parametrelerinin mekânsal dağılımı belirlenmiş ve tematik haritaları üretilmiştir. En son bölümde ise araştırmada ulaşılan sonuçlar değerlendirilmiştir.

1.1. İlgili Araştırmalar

Tüm dünyada CBS ile alakalı yöntem ve teknikler birçok yerde olduğu gibi yeraltı su kaynakları ve kirliliği ile alakalı modelleme araştırmalarında oldukça sık tercih edilir bir hal almıştır. İlgili literatür incelendiğinde yeraltı sularının kalite değerlerinin ve standartlarının analiz edilerek değerlemelerde bulunduğu, yeraltı suyunun verimlilik, kirlilik ve işletilmesi ile ilgili pek çok araştırmanın yapıldığı ve konunun oldukça popüler olduğu görülmektedir. Aşağıda yerli ve yabancı literatürde yer alan ve çalışma konusu ile alakalı araştırmalar tetkik edilmiş ve sırasıyla özetlenmiştir.

Murthy (1999), Hindistan bölgesinin geniş topraklarındaki yer altı suyu varlığının değerlemesinin yapılması için CBS ve uzaktan algılamanın ne şekilde işe koşulacağını araştırmıştır. İnceleme sahasının yedi yer altı suyu potansiyel bölgeye ayırarak inceleyen araştırmacı, yaptığı gruplandırmanın başka nehir havzaları için küçük veya büyük düzeylere genişletilebileceğini belirtmiştir. İfade edilen bu yerlerde yer altı suyu varlığını kontrol altında tutmak niyetiyle, fiziki gözlemleri, toprak numunesi analizini, coğrafi elektrik analizleri de kapsayan gerçek yer gözlemleri yapılmıştır. Yer altı suyu varlığının keşif haritalaması için uzaktan algılama ve CBS uygulamalarının, alan gözlemleri ve daha büyük olan nehir havzalarının yer altı suyu kapasitesi eşitliğini tespit etmede incelenen yerinin miktarının düşürülmesi için imkân tanıdığını ortaya koymuştur.

Zacharias, Dimitriou ve Koussouris (2003), CBS teknolojisi ve uydu fotoğraflamaları kullanılarak Trichonis Gölü için dijital arazi modeli hazırlamışlardır. Bununla birlikte inceleme alanı olan gölün yer altı suyunun yeniden dolabilmesi için aylık hidrolojik elementleri tahmini yapılmış ve su denge modeli ile birleştirilmiştir.

Yer altı su akışının doğrudan ölçülmesi bilimsel olarak kolay olmadığından dolayı, doğrudan olmayan ölçümler CBS yöntemiyle birleştirilmiş ve su denge modelini sağlıklı ve güvenli neticeler veren geniş uygulama yöntemiyle hazırlamışlardır.

Rine vd., (2003), Amerika'daki Beaufort Deniz Kuvvetleri Hava Üssü'nde gerçekleştirilen araştırmalarda Florida akiferlerinde yeraltı suyu akım modeli CBS teknolojisi ile hazırlanmıştır. Gerçekleştirilen araştırmalar neticesinde tematik haritalar hazırlanarak yeraltı su hareketliliğinin acil yardım programı doğrultusunda risk boyutları analiz edilmiştir.

Göçmez ve İşçioğlu (2004), Konya kapalı havza yeraltı suyu düzey değişikliklerini CBS ile araştırmış ve son otuz senelik yeraltı suyu seviyesindeki değişimleri belirlemiştir. Araştırmacılar bu dönemlerde su seviyesinin 14 cm kadar azaldığını ve bunun önemli sorunlara neden olacağını ifade etmişlerdir.

Çelik (2007), Diyarbakır Ovası'nın yeraltı sularını araştırmış ve bu kaynakların modellemesini CBS yöntemi ile gerçekleştirmiştir. Hazırlanan haritalar sayesinde yeraltı suyu veri tabanı oluşturulmuştur. Siirt ili Baykan Petrol Üretim Sahası kaynaklı Mardin formasyonundaki su kirliliğinin 2030'da Diyarbakır kent merkezi yeraltı suyu standartları için önemli bir tehlike olduğunu tespit edilmiştir.

Pirnia (2012) İsveç ülkesinin Gotland Adası'nda gerçekleştirdiği araştırmasında CBS yardımıyla yeraltı suyu içerikli haritalar hazırlamıştır. Ayrıca araştırma kapsamında yeraltı sularının kirlenmesine sebep olan pek çok faktörü incelemiş ve hazırlanan haritalarla alınması gereken tedbirler ve tavsiyeler bildirilmiştir.

Başçiftçi, Durduran ve İnal (2013), Konya havzasında yeraltı su seviyelerinin ve potansiyelinin CBS teknolojisi ile haritalanması amacıyla yaptıkları çalışmalarında Konya Kapalı Havzası sınırları içerisindeki Kulu, Cihanbeyli, Altınekin, Selçuklu ilçeleri kapsamında yer alan 18 tane kuyunun belirli yıllar aralığında meydana gelen su seviyesi değişimleri CBS yardımı ile ortaya koyulmuş ve havzanın yeraltı su veri tabanı hazırlanmıştır.

Subramani ve Krishnamurthi (2014), araştırmasında Hindistan'ın Salem bölgesindeki yeraltı suyu kirlenmesini incelemiştir. İfade edilen bu çalışmada CBS kullanılarak jeostatistik bir model geliştirilmiştir. 1999'dan 2009'a kadar açılmış kuyulardan alınan numunelerle pek çok kimyasal maddenin analizi yapılmıştır. Elde

dilen kimyasal analiz değerleri Dünya Sağlık Örgütü'nün içme suları standartları ile kıyaslanmıştır.

Çelik (2015), Diyarbakır Ovası ve kuzey Batman'ın arasında bulunan Yukarı Dicle Havzası'nda CBS uygulaması ile yeraltı suyu varlığı incelenmiştir. Araştırma alanındaki nüfus artışının, tarım için kullanılan yeraltı suyunun doğru şekilde kullanılmamasının ve mevsimsel değişikliklere bağlı olarak yağışlardaki aksamaların havzanın yeraltı suyu varlığını olumsuz şekilde etkilediği ve bu nedenler dikkate alınarak su seviyesindeki değişmelerin nasıl olduğu saptanmıştır.

Ojo vd., (2015), Afrika kıtasında gerçekleştirdiği araştırmasında Nijerya bölgesinde yer alan Akure ilinin yeraltı suyu varlığını tespit etmek için CBS teknolojisi kullanmıştır. Jeomorfolojik, jeolojik ve jeoelektrik analizleri yapılarak hazırlanan tematik haritalarla çok düşük, düşük, orta ve yüksek yeraltı su potansiyel alanları işaretlenmiştir.

İbrahim ve Koch (2015), Ürdün ülkesinde El-Mafrak ilinde bulunan Yarmouk Havzası yeraltı suyu haritaları CBS teknolojisi ile hazırlanmıştır. Ürdün ülkesinin temel su kaynağı olan yeraltı sularının büyük bir kirlenmeye maruz kaldığı ve bu kirliliğin acil tedbirlerle önlenebileceği ifade edilmiştir. Yapılacak bu eylemlerle araştırma alanı yeraltı suyu kalitesinin artırılabilceği bildirilmiştir.

Hsin-Fu vd., (2016), araştırmasını Asya'da Tayvan sınırları kapsamında yer alan Hualien Nehri'nde gerçekleştirmiştir. Araştırmacılar bu bölgede CBS uygulaması ile yeraltı suyu potansiyelini incelemiştir. Sediment taşıma oranı fazla olan Hualien Nehri'nden tarım amaçlı su edinildiği ifade edilerek araştırmada, beş farklı etken dikkate alınmış ve yeraltı suyu varlıkları bu şekilde tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu beş etken litoloji, arazi kullanımı, toprak örtüsü, drenaj ve şev özellikleri olup Hualien Nehri'nin %1,2'sinin mükemmel yeraltı suyu geri beslenme kapasitesinin olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Rahmati vd., (2016), araştırmaları kapsamında CBS teknolojisi kullanarak bir modelleme yapmışlar ve İran'ın Mehran Bölgesi'nin yeraltı suyu varlığının haritasını hazırlamışlardır. İran Su Kaynakları İdaresi'nden elde edilen veriler materyal olarak kullanılmış ve hazırlanan modellemede farklı parametreler dikkate alınmıştır. Bu faktörler; yükseklik, eğim yüzdesi, eğim yönü, drenaj yoğunluğu, nehirlere olan uzaklık, topoğrafik ıslaklık indeksi, arazi kullanımı, litoloji ve toprak yapısıdır.

Yavuz (2017), Batman Ovasının yeraltı su durumunu ve kalitesini CBS yardımıyla hazırladığı araştırmasının ilk aşamasında statik ve dinamik su düzeyi, kuyu verimlilik haritaları ile yeraltı suyu potansiyeli model olarak tasarlanmıştır. Araştırmanın ikinci aşamasında kirlenmeyi ve kirlenme tehdidi altında olan yerleri işaretlemek için CBS kullanılmıştır. Bu noktada hidrojeolojik değerlerle yeraltı suyu kirlenme durumunun tahmin edilmesi için “ABD Çevre Koruma Ajansı ile Ulusal Su Kuyuları Derneği” tarafından hazırlanmış DRASTIC yöntem ile hidrojeolojik yedi katmanın raster harita verileri çakıştırılarak Batman kenti yeraltı suyu akiferinin kirlenme olasılığı ile ilgili hassasiyet haritaları hazırlanmıştır.

Arkoç (2018) çalışmasında Edirne şehri kent merkezi ve çevresindeki ilçelerde mevcut kuyulardan edinilen bilgiler ile inceleme alanının jeolojik ve hidrojeolojik verileri kullanılmış ve araştırma alanının statik ve dinamik su seviyeleri, özgül verim, elektriksel iletkenlik (EC) ve asitlik-bazlık haritaları CBS teknolojisiyle hazırlanıp ifade edilen parametrelerin değişiklik sebepleri izah edilmeye çalışılmıştır.

Çelik ve Hamidi (2018) Diyarbakır Silvan ilçesinin yeraltı su potansiyelini belirlemiştir. Silvan sınırları dâhilinde çalışmalarını sürdüren özel sondaj şirketlerinden elde edilen bilgiler kullanılarak Silvan ilçesi ovasının statik su düzeyi, dinamik su düzeyi ve kuyu verimleri değerleri Coğrafi bilgi sistemine aktarılmış ve tematik haritalar hazırlanmıştır. Ağırlık oranları belirleme tekniği ile yeraltı suyu seviye değişiklikleri ve gruplandırılmasını gösteren tematik haritalar hazırlanmıştır.

Taştekin (2019), Konya ili Beyşehir ovasının Hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal karakterlerini tetkik ettiği çalışmada, göl ve yeraltı sularının hidrojeokimyasal özelliklerini tespit etmek gayesiyle su numuneleri edinilerek hidrojeokimyasal incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Bu incelemelerden edinilen bulgulara göre, inceleme alanının su kaynaklarının, Ca-Mg-HCO₃ ve Ca-HCO₃'lı sular açıkça bulunduğu saptanmıştır. Analiz sonuçları TSE-266 ve Dünya Sağlık Örgütü vasıtasıyla belirlenen içme suyu eşik değerleri ile kıyaslandığında genel itibariyle su kaynaklarının içilebilir durumda olduğu tespit edilmiştir.

Soyaslan ve Hepdeniz (2020) CBS teknolojisi ile Bucak Havzası yeraltı suyu sertlik haritalarının oluşturulması ve kayaç-su ilişkisinin tetkik edilmesi amacıyla yapılan araştırmada, bölgede bulunan 20 tane kuyudan alınan su örneklerinin sertlik analizleri gerçekleştirilmiş ve tematik haritalama yöntemiyle haritalar hazırlanmıştır.

Bunun yanında yerli ve evrensel su standart sınır değerleri ile kıyaslamalar yapılarak sertlik değerleri karşılaştırılmış ve çalışma alanındaki yeraltı sularının sert-çok sert su sınıfında bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

1.2. Tezin Amacı ve Önemi

Dünyada çoğalan nüfusla birlikte, suların kirlenmesi ve iklimsel değişimler sebebiyle içilebilen ve kullanılabilen sular maalesef her geçen gün daha çok azalmaktadır. Bu sebepten ötürü yüzeysel su kaynaklarının ve varlıklarının belirlenmesi kadar, yer altı su kalitesinin, statik su dengesinin düzenli ve rutin olarak ölçülmesi, tespiti ve bu tespiti yapılan suyun kalitesinin, element değerlerinin ve kullanılabilirlik durumunun da takibinin yapılması gerekmektedir. Tüm ülkelerde büyük bir hızla artan su gereksiniminin yanı sıra, Türkiye su kaynaklarının ve potansiyelinin sınırlı durumda olması, bulunan kaynaklarımızın öncelikli olarak sağlıklı ve doğru bir veri tabanı ile saptanmasını ortaya çıkarmaktadır.

Bu araştırmanın amacı; CBS yardımıyla Konya ilinin yeraltı su parametrelerinin mekânsal dağılımının belirlenmesi ve tematik haritaların üretilmesidir.

Araştırmanın amacı doğrultusunda, inceleme alanı olan Konya ili alanının jeolojik ve hidrojeolojik incelemesi gerçekleştirilerek bu mekanlardaki yeraltı su seviyesi, hareket yönü ve bununla birlikte potansiyel su kalitesinin ve kullanılabilirlik durumu incelenmiştir. İnceleme yapılan bölgelerde yapılan tarımsal ve hayvancılık faaliyetlerinin, değişen iklim koşullarının ve artan nüfus ve kullanıma bağlı yaşanan sorunların bölgedeki yeraltı su kaynaklarını ne derece etkilemekte olduğu en güncel şekliyle bilinmemektedir. Bu durum ilgili araştırmamızı bilimsel çerçeve açısından özgün, toplum ve yerel yöneticiler açısından ise önemli kılmaktadır. Türkiye'deki su havzalarında su oranları, düzeyleri ve kalitesinin sürdürülebilir olarak korunabilmesi adına ihtiyaç olan temel araştırmaları bir bütün olarak incelenmesini kapsayan bu tezin ilgili literatüre sağladığı katma değer yüksektir.

Bu çalışmada genel olarak inceleme alanının nitelikleri, meteorolojik ve hidrolojik durumları, jeolojik ve hidrojeolojik parametreleri, statik su düzey haritası, dinamik su düzey haritası, pompa verimlilik haritası, CBS yardımıyla işlenmiştir. Suyun arazide ölçülen elektrik iletkenlik değerleri, asitlik-bazlık değerleri, kimyasal analiz neticesinde saptanan katyon (Na, K, Mg, Ca) ve anyon (HCO_3 , Cl, NO_3 , SO_4) değerleri ve iz element sonucunda belirlenen elementlerinin yoğunluk haritaları, su bünyesinde

insan vücudu ve sağlığına etki eden As, Cl maddeleri ve NO₃, SO₄ bileşiklerinin sınır değerleri dikkate alınarak su kirliliği dağılım haritalarının oluşturulması ilgili yazına önemli gúncel bilgiler sağlamasından dolayı araştırmaı önemli kılmaktadır.

Özellikle son dönemlerde, yeraltı su kaynaklarının kalitesinin muhafazası her kesim için önemli bir hal almıştır. Kirlenmeyi kontrol etmek ve daha kaliteli suya erişebilmek için su kalitesinin zaman içinde nasıl değiştiğinin tespit edilmesi büyük ihtiyaçtır. Bunu sağlamak ancak, düzenli gerçekteştirilecek hassas ve doğru incelemeler ile mümkün olabilir. Yapılacak bu araştırma ile inceleme alanı kapsamında gerçekteştirilen su kalitesi gözlemlerine dayanarak Konya ilinin kirlilik açısından en yoğun tehlike altında olan yerleri saptanmış, sınırlı yeraltı sularının kalitesi belirlenmiştir. Araştırmada elde edilen bu bulgular ve ulaşılan sonuçlar ilgili alanda gerçekteştirilecek çalışmalara ışık tutmaktadır. Ayrıca Konya bölgesindeki yeraltı su kalitesinin belirlenmesi Konya ve çevresinin su yönetiminde faaliyet yürüten karar vericiler ve politika yapıcılar için de büyük önem arz etmektedir.

2. YERALTI SULARI

Küresel olarak oldukça büyük önem atfedilen su kaynakları beşeri hayatın olduğu kadar diğer canlıların hayatı için de en temel gereksinimlerden birisidir. Uzun zaman boyunca sınırsız bir kaynak olarak görülen temiz su, iklim değişimleri ve fark edilen diğer gerçeklerle birlikte ulaşılmasının zorlaştığı bir alan olarak kabul edilmektedir. Zira suyun dünya genelindeki toplam miktarı 1,4 milyar km³ olup bu değerlerin %97,5'i denizlerde ve okyanuslarda bulunan ve tuzlu su olarak adlandırılan su kaynaklarıdır (SAWSC, 2021 ve Olgun, 2011). (GreenFacts, 2020)'a göre bu noktada toplam su miktarının yalnızca %2,5'lik bölümü tatlı su olmasına rağmen bu suyun tümü canlılar tarafından kullanılabilir durumda değildir. Çünkü ifade edilen bu tatlı suyun %68,7'lik bölümü buzul olarak, %30,1'i yeraltı suyu olarak, %0,4'lük bölümü ise göller, yüzey suları, sulak alanlar, atmosfer, toprak ve canlılarda bulunan yüzey ve atmosferik olarak değerlendirilebilecek su miktarıdır.

Zamanımız koşullarında, insan nüfusunun artışı ile orantılı olarak artan su ihtiyacı, kullanılma ve koruma planlarında yapılan yanlışlar ve iklimsel değişimlerin etkisiyle potansiyel su kaynakları içme ve kullanılabilirlik niteliklerini kaybetmeyle karşı karşıya kalmıştır. Miktar ve kalite açısından birçok faktörden etkilenen su kaynaklarını korumak ve bu korumayı sürdürebilmek için farklı kurum, örgüt ve yükseköğretim kurumları bünyesinde pek çok çalışma ve faaliyet gerçekleştirilmektedir. Yüzey sularının kalite izlemleri ile fiziksel ortam kirleticilerinin bu su kaynaklarına yol açtığı negatif etkiler net olarak görülebilmektedir (Tomar, 2009; Aksoy vd., 2006). Bu bağlamda su ihtiyacını gidermek için yeraltı suları daha da büyük önem taşımaktadır. Yeraltı sularının temel beslenme kaynakları incelendiğinde ise yeryüzüne düşen kar, yağmur vb. yağış türlerinin olduğu görülmekte ve iklim koşulları yeraltı sularını oldukça etkilemektedir. Ayrıca yeraltı sularının kimyasal bileşimleri de birbirinden farklı olabilmekte ve bileşim değerleri yeraltı suyunun bulunduğu akifer ortamın litolojik özelliklerine göre değiştiği gözlenmektedir. Yeraltı sularının içme suyu, sulama suyu ve endüstriyel amaçlı olarak yoğun şekillerde kullanıldığı ve önemli bir miktarının kirlilik riski altında olduğu bilinmektedir (Sargin, 2010).

Bu bölümde, hidrolik dolaşım ve yeraltı suyunun oluşumu, yüzeysel akış, yeraltı suyunun erozyonu, yeraltı suyu kalitesi ve diğer su kalitesi parametreleri incelenerek araştırma ile alakalı kavramsal bir alt yapı oluşturulmuştur.

2.1. Hidrolik Dolaşım ve Yeraltı Suların Oluşumu

Su; yüzey, yeraltı ve atmosfer arasında sıvı, gaz ve katı hallerde döngüsel olarak dolaşmaktadır. Su bilimlerini ve suyun oluşumunu en iyi şekilde anlamak için tabiattaki su dolaşımını incelemek gerekmektedir. Güneş enerjisinin ve dünyanın uyguladığı çekim kuvvetinin etkisinin sonucu olarak, katı, sıvı veya gaz hallerinden birinde olan su, atmosfer, litosfer ve hidrosfer tabakaları arasında hiç durmaksızın dolaşmaktadır (URL2). Suyun sırasıyla olduğu kaynaklardan çeşitli birçok faktör sebebiyle sıvı halden gaz haline dönüşerek atmosfere (buharlaşıma) ulaşması ve oradan da tekrar yoğunlaşıp yağışlarla yer yüzeyine ve akarsu veya yeraltı sularının akışı ile deniz ve okyanuslara tekrar geri dönmesi esnasında takip ettiği olaylar zincirinin tümüne Hidrolik Dolaşım (Su Çevrimi) adı verilmektedir (Usul, 2017 ve GreenFacts, 2020).

Atmosferde buhar olarak askıda olan su hal değiştirerek yoğunlaşır ve yağış olarak yere düşer. Yeryüzüne düşen yağışın büyük bir bölümü (%60-75) zeminden ve su yüzeylerinden buharlaşma (evaporasyon) ve bitkilerden terleme (transpirasyon) olarak denizlere ulaşmadan atmosfere geri dönmektedir. Suyun bir bölümü topraktan ve taş zeminlerden süzülerek yer altına sızar (sızma ya da infiltrasyon). Geriye kalan su ise yer çekimi kuvvetinin de etkisiyle harekete geçer ve önce akarsulara sonra da denizlere ulaşmaktadır (yüzeysel akış). Yer altına ulaşan su ise yer altı akışına katılır ve ardından tekrar yeryüzüne geri çıkarak yüzeysel akışa dâhil olur. Denizlere katılan su ise güneş enerjisinin de etkisiyle buhar olup, yükselerek atmosfere geri döner (Şekil 2.1). Suyun bu şekilde hidrolik dolaşımını canlı yaşamının devamı için oldukça büyük önem ihtiva eder (URL 2).

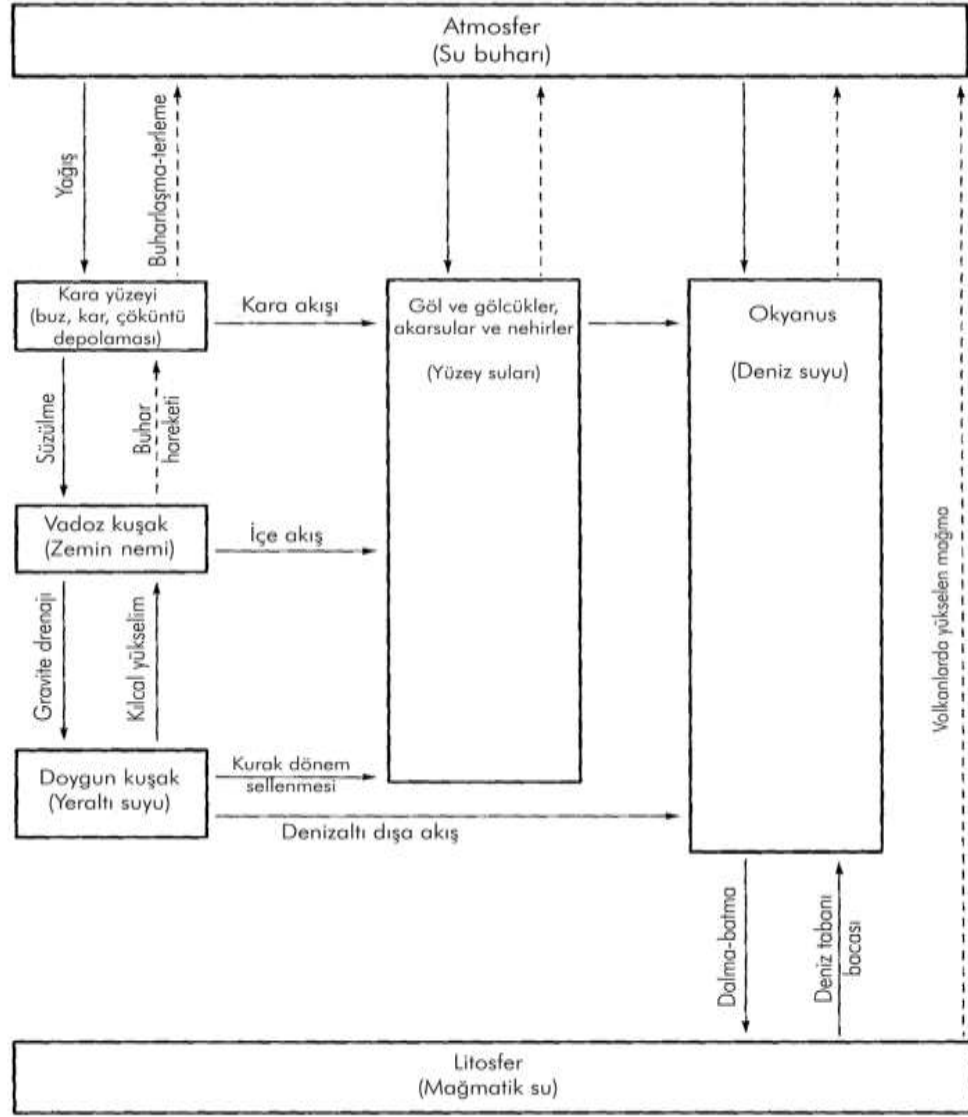


Şekil 2. 1. Hidrolik dolaşım (URL 2)

Yeraltı suyunun oluşumu açıklanırken hidrolik dolaşımdaki su döngüsünü incelemek gerekmektedir. Fetter, (2001) Şekil 2.1'deki döngüyü şöyle anlatmaktadır: Yeryüzü zemininin bazı derinliklerinde, zeminin veya kayaçların boşlukları su ile doludur. Doymun kuşağın üstü “su tablası” şeklinde ifade edilmektedir. Doymun kuşakta bulunan su ise yeraltı suyudur ve bu su genellikle bir akışa dâhil olabilir. Bu akış yeraltı suyu akışıdır ve bu akış döngüsel bir akıştır. Yeraltı suyu bulunduğu katmanlar içinde bir kaynak ya da göl, gölcük, akarsu ve denize sızıntı şeklinde akıncaya kadar sürekli yeraltı suyu akışı olarak hareket halindedir.

(Doğdu, 2013)'a göre yeraltı suyu genel olarak; “yerin altında geçirimli jeolojik formasyonların suya doymun kuşağında bulunan ve kuyular, kaynaklar, nehirler, göl ve deniz gibi su kütleleri aracılığıyla yüzeye ulaşabilen su olarak tanımlanmaktadır. Yerin altından pompalama sistemi ile alınabilecek miktarlarda olan, durgun ya da hareketli tüm sulara da yeraltı suyu denilebilir.

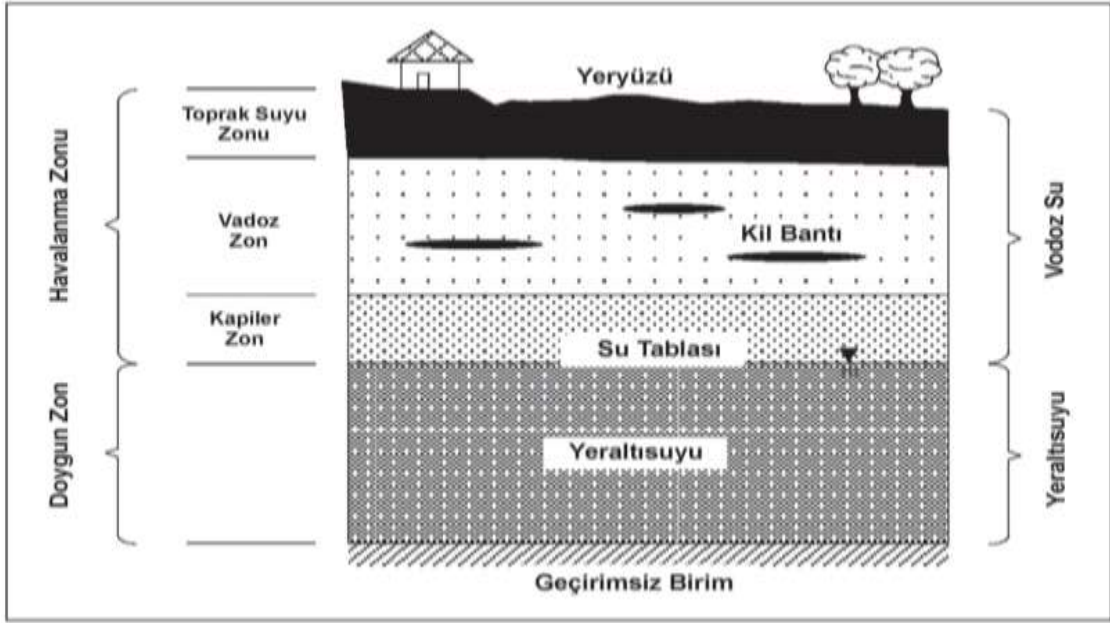
Şekil 2.2'de suyun depolandığı ana kuşağın (akifer) ve yeraltı suyunun bir kuşaktan başka bir kuşağa gidebileceği yolları gösteren hidrolik dolaşımın şematik bir görünümü sunulmuştur.



Şekil 2. 2. Hidrolik dolaşımın şematik ifadesi (Fetter, 2001)

Hidrolik dolaşımın şematik gösteriminin verildiği Şekil 2.2’de sıvı suyun hareketi devamlı çizgilerle, su buharının hareketi de kesikli çizgilerle anlatılmaya çalışılmıştır.

Şekil 2.3’te ise yeraltı suyunun düşey dağılımı yani sınıflama sistemi verilmiştir. Şekil incelendiğinde yeraltı suyunun düşey yönde iki bölüme ayrıldığı görülmektedir. Toprak zeminin hemen altında doygun olmayan bölge bulunmaktadır. Buradaki gözeneklerin birazı su birazı ise hava ile doludur. Bu bölgenin hemen altında sınırları oldukça değişiklik gösteren ve su tablasının üstünde konumlanan kapiler (ince) bölge yer alır. En altta ise yeraltı suyunun depolandığı doygun zon (kuşak) bulunur. Bu bölgedeki gözeneklerin ise bütünüyle su ile dolu olduğu gözlenmektedir (Doğdu, 2013).



Şekil 2. 3. Yeraltı suyunun düşey dağılımı (Doğdu, 2013)

Yeraltı suları geçmişten bugüne dünyadaki tüm toplumlar tarafından içme ve kullanma suyu olarak tercih edilmiştir. Hatta dünyada bulunan insanların yarısından fazlası bu suları ev, sanayi ve tarım faaliyetlerinde önemli bir su temin mekanizması olarak görmekte ve bu kaynaklara büyük önem atfetmektedirler (Delgado vd., 2010). Oldukça kısa zamanda işletilme fırsatı olan ve pek çok zaman artırılmaya bile gerek kalınmadan kullanılabilen bu yeraltı suları dünyada bulunan tatlı suyun %96'sını meydana getirmektedir (ORSAM, 2011). Yer altı suyu; içme suyu olarak, kullanma suyu olarak, sulama suyu olarak, endüstride her türlü alanda, sıcak su (jeotermal) (elektrik, ısıtma, kaplıca, seracılık) gibi maksatlarla kullanımı tercih edilmektedir. Bu suyun ise yaklaşık %65'inin tarım için sulama faaliyetinde, %25'inin içmek ve beşerî kullanımda, %10'unun ise sanayi faaliyetlerinde endüstriyel su olarak kullanıldığı ifade edilmektedir (ORSAM, 2011).

(Sargın, 2010)'a göre yeraltı suyunun tükenmemesi için yağışlarla beslenmesi gerekir. Yere düşen yağışlar yerçekimi kuvvetinin etkisi ile doymamış bölgeden sızarak aşağıya doğru inerek yer altı su seviyesi olarak bilinen doymuş bölgenin üst sınırına ulaşır ve akifer olarak isimlendirilen su dolu kuşakta bulunan yeraltı suyunu besler. Yeraltı suları özellikle yüzeysel sulara göre bünyelerinde daha çok oranda mineral madde ihtiva eder. Yağışların yere düşmesi, sızmanın başlaması ve suyun toprak ve kayaların gözeneklerinden içeri girmesi ile su temastan dolayı birtakım maddelerin

çözünmesine neden olur ve bu çözünen maddeleri bünyesine katarak yer çekiminin de etkisiyle aşağıya doğru hareketine devam eder.

Doğal halde bulunan yeraltı suları aslında iyi kalitelidir ve çok fazla arıtma işlemine tabi tutulmazlar. Bu duruma yeraltı suyunun oldukça geniş bir alana yayılmış olması ve güvenilir olması gibi diğer etkenler de eklenince, su teminine yönelik yeraltı suyunun neden daha çok tercih edildiği daha iyi anlaşılmaktadır (Freeze ve Cherry, 2003). Aslında yeraltı sularının temini yüzeysel sulara göre daha pahalıdır. Ancak, yeraltı sularının sıcaklıklarının mevsim sıcaklık değişimlerinden çok etkilenmemesi, renksiz ve berrak oluşu, temiz oluşu ve kirlenmesinin zor oluşu, kimyasal birleşim değerlerinin kolaylıkla değişmemesi gibi sebeplerden ötürü yüzeysel sulardan daha nitelikli bulunmaktadır. Fakat özellikle son yıllarda değişen iklim koşulları ve artan endüstriyel kirlenme sonucunda yapılan müdahaleler ve kirleticiler bu avantajları için bir tehlike arz etmektedir (Yavuz, 2017).

Devlet Su İşleri (DSİ)'nin 2020 yılına ait Türkiye'nin son güncel su potansiyeli verileri Çizelge 2.1'de sunulmaktadır;

Çizelge 2. 1. Türkiye su kaynakları istatistikleri (2020) (URL 3)

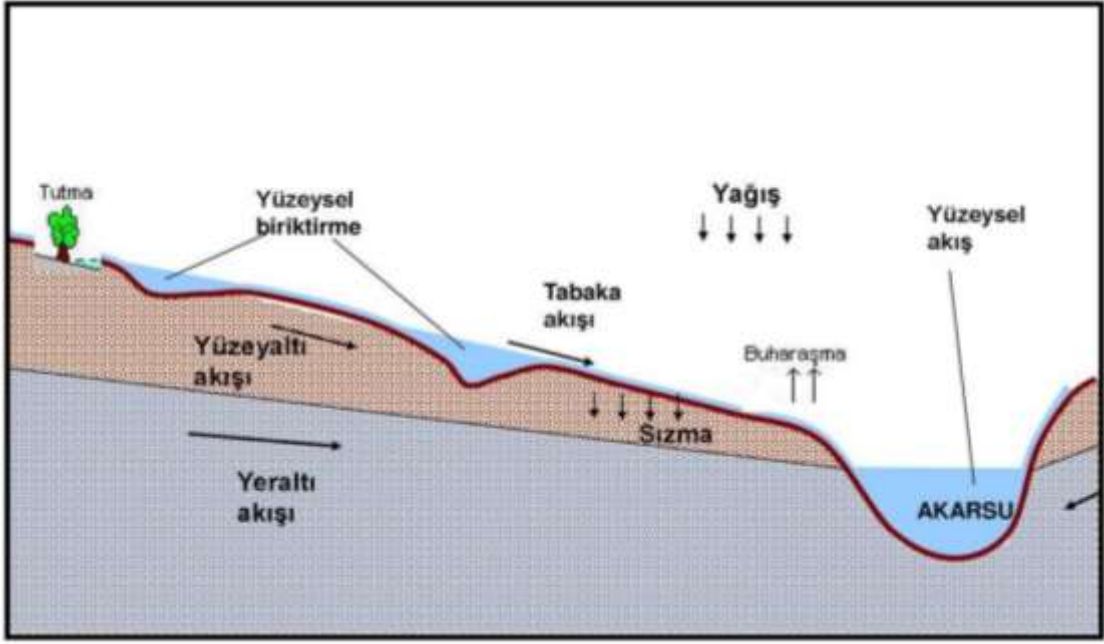
Yıllık ortalama yağış	643 mm/yıl
Yıllık yağış miktarı	501 km ³
Buharlaşıma ile atmosfere geri dönen	274 km ³
Yüzey suyu toplam yıllık akış	185,37 km ³
Kullanılabilir yüzeysel su	97 km ³
Kullanılmayan su	88 km ³
Yer altına sızan	41 km ³
YAS Beslenimi	23 km ³
Çekilebilir YAS miktarı	17 km ³
Toplam su potansiyeli (yıllık)	114 km ³

Ülkemizin su potansiyeli ve istatistiksel su verileri incelendiğinde, maalesef su zengini ülke statüsünde olmadığı açıkça görülmektedir. Falkenmark su stres endeksi sınıflandırması kapsamında (Falkenmark ve Lindh, 1976) ülkelerdeki birey başına düşen yıllık su değerine göre, Türkiye su azlığı (sıkıntısı) yaşamaktadır. Birey başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1500 m³ civarındadır. 2030 senesi için ise bu veriler; 100 milyon nüfus, kişi başına düşecek kullanılabilir su miktarınının 1000-1120 m³/yıl arasında olacağı düşünüldüğü halde Türkiye, su fakiri ülkeler sınıfında bulunabilecektir (Olgun, 2011 ve Muluk vd., 2013).

2.2. Yüzeysel Akış

Yağmur, kar, dolu gibi yağışların yeryüzüne düştükten sonra bir kanal içerisinde akarsulara varıncaya kadar gösterdiği dinamik hareketine akış (runoff) adı verilmektedir. Bu akışın sürekli olarak hem yüzeyde yüzeysel akış olarak hem de yüzeyin alt katlarında farklı hızlarda meydana geldiği görülmektedir (URL4). Yüzeysel akış, hidrolik döngü olarak da adlandırılan su çevriminin önemli aşamalarından birisi olarak görülmektedir. Yüzeysel akış, “yerin zeminine ulaşan yağışın sızma (infiltrasyon) ve buharlaşma dışında kalan miktarının yer zemininin eğimine uyarak akmasına” şeklinde de tanımlanabilir (Çelebi, 1969; Taysun, 1989).

(Ünal, 2015)’e göre bir akarsu kesitinde belli bir zaman kesiti içinde akan su parçacıklarının hareket doğrultusunda birçok kesitten geçerek, yol alarak gitmesi ve bir yere ulaşması süresince gerçekleşen olay olan akışlar izlediği yol baz alınarak sınıflandırılabilir. Bu noktada akışın meydana geldiği havza özelliklerini bilmekte fayda vardır. Akışın başlangıç noktası ise yağıştır. Yerçekiminin etkisi ile eğimli arazide yağış havzının rakımı yüksek yerlerinden alçak yerlerine doğru hareket etmesiyle oluşan yüzey akışlarına yüzey altı akışları da eşlik edebilir. Şekil 2.4’te bulunan yüzey altı ve yeraltı akış şemasında görüldüğü üzere; yağış havzasının zemininin altına geçen suyun bir bölümü doymamış bölgede hareket ederek geçirimsiz bir tabakaya denk gelinceye kadar yüzeye çıkabilir. Bu akış şekline yüzey altı akışı adı verilir. Zeminin alt kısmına geçen suyun bir bölümü ise daha çok derinlere ulaşarak yeraltı suyuna karışabilir ve bu su akışı da daha önce ifade edildiği gibi sonunda yeraltı suyu akışı olarak bir akarsuyu, denizi vb. beslemektedir.



Şekil 2.4. Yüzeysel ve yeraltı akış şeması (Ünal, 2015)

Yüzeysel akışın fark edilmesi, oluşumunun bilinmesi, takibinin yapılması ve şiddetinin ölçülmesi birçok nedenden dolayı önemli bir bilimsel kaynaktır. Yüzeysel akış suları yerçekimin etkisiyle çukurlara, göllere, nehirlere, akarsulara, denizlere ve okyanuslara kadar ulaşabilmektedir. Yüzeysel akış nedeniyle en değerli tabiat varlıklarından birisi olan toprakların oldukça verimli üst tabakaları aşınma sorunu ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu aşınmanın sonucu olarak topraktan ayrılan kısımlar taşınarak düz yerlerde toplanıp birikmektedir. Hatta sadece toprak aşınmamakta bununla beraber oldukça büyük oranlarda bitkiler için besinler ve organik madde de bulunduğu yerden kaybolabilmektedir. Zira erozyon olarak da ifade edilen bu olumsuz duruma neden olan ve oldukça önemli bir mevzu olarak bakılan yüzeysel akışların sağlıklı ve hatasız bir şekilde ölçülmesi, değerlemesinin yapılması veya ampirik formüller ile tahminlerinin yapılması iktisadi gelişime ve gelecek için oldukça önemlidir (Yöner, 2021).

Yüzeysel akışın oluşumunu etkileyen etmenler aşağıdaki gibi maddeler şeklinde sıralanabilir (Çelebi, 1969; Taysun, 1989; Ward ve Trimble, 2003; Usul, 2017).

- ❖ Yağmur, kar, dolu vb. tüm yağışlar,
- ❖ Yağış havzasının genişliği,
- ❖ Yağış olan yerin biçimi,

- ❖ Yağış olan yerin topoğrafyası,
- ❖ Yağış olan yerin jeolojisi,
- ❖ Yağış olan yerin infiltrasyon hali,
- ❖ Yağış olan yerin bitki durumu,
- ❖ Yağış olan yerin yüzeysel su tutma potansiyeli,
- ❖ Yağış olan yerin yağış esnasındaki durumudur.

2.3. Yeraltı Suyunun Erozyonu

Yeraltı suyu akışları tabii şartlarda toprak kaymasına; toprak dolgu şartlarında ise yüzeysel veya derin kayma yüzeyli göçüşlere sebebiyet veren erozyonun en temel nedeni olarak sayılabilmektedir (Akay, 2017).

Ülkemizde ziraat yapılan yerlerin %59'u, ormanların %54'ü, meraların da %64'ünde aktif erozyon yer almaktadır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2012). Havza ölçeğinde incelenen erozyon ve tortul (sediment) taşınması olaylarında, genelde rüzgâr, yağmur ve yüzeysel akışlar temel hidrolojik faktör olarak bilinmekte ve gösterilmektedir (Aksoy ve Kavvas, 2005). Fakat, havzalarda ileri gelen erozyon yalnızca bu ifade edilen hidrolojik faktörlere bağlı olamamakta; zemini oluşturan parçaların ana kayadan çözünerek ve taşınarak yer değiştirmesi olarak belirtilen erozyon olayına, aynı zamanda yeraltı suları da sebebiyet verebilmektedir. Bölge anatomisinin dik yamaçları, aşırı derinliği olmayan yeraltı su düzeyini besleyen senelik yağışlar ve kohezyon kuvveti az olan zemin özellikleri bir havzada yeraltı suyunun oluşumuna ve toprak kaymasına neden olduğu etkenlerdendir (Tóth, 1971). Yüzeysel akışının sebebiyet verdiği erozyonun, yeraltı suyunun artezyen olarak çıktığı yerlerde fazlaştığı da bilinen bir gerçektir.

Havza yamaçlarında ortaya çıkan tortul taşınması/erozyonu ile alakalı bulunan jeomorfolojik ve hidrolojik durumlar aşağıda ifade edilen olayları kapsamaktadır (Bryan, 2000);

- ❖ Suyun toprak zemin üstündeki akma durumunu,
- ❖ Zemin gözeneklerinden yüzey altına infiltrasyonu,
- ❖ Zeminden yüzey altına sızan suların, yüzey altından yeraltı suyuna karışması olayı (perkolasyon) ile derine gitmesini,

❖ Yeraltı suyu akışı,

Laboratuvar ortamında sıklıkla erozyon kanalları üstünde belli ölçütler kullanılarak farklı boyutlarda fiziksel deneyler yapılmakta ve bu deneyler, havzalarda ifade edilen hidrolojik mekanizmalardan kaynaklanan erozyonun istatistiksel modeller ile gerçekleştirilen tahminlerin iyileştirilmesinde kullanılmaktadır. Hidrolojik unsurlardan olan yeraltı suyu akışı ve yüzeysel akışın neden olduğu erozyon ilgili yazında erozyon kanallarının yaygın olarak tercih edildiği popüler bir araştırma konusu olarak değerlendirilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda özellikle yeraltı suyunun havzalardaki şevleri ve doğal yamaçların güvenliği (duyarlılık) üzerine etkisi ve neden olacağı olumsuzluklar vurgulanmaya çalışılmaktadır (Fox vd., 2006).

Wilson vd., (2008) yaptıkları deneysel çalışmalarda havzalardaki radyoaktif izleyici testleri sonucunda akarsularda taşınan tortulların %80'lik bölümünün şevlerdeki erozyonla geldiğini saptamışlardır. Yeraltı sularının havza zeminlerde neden olduğu erozyonun genel olarak akarsu şevlerinde yoğun olarak toplanmasının sebebi ise taşkın hidrografının yükselme ve çekilme durumları ile açıklanabilir. Hidrografın yükselme anında kanaldan doymuş olmayan şev toprağının içine doğru sızma yoluyla ulaşmış olan suyun, taşkın hidrografının çekilme anında tersine dönerek (ters akım) kanal içerisine infiltrasyon olarak girmesidir (Akay vd., 2017). Akarsu akışı ile yeraltı suyu akışı arasındaki korelasyonun şev güvenliğine etkisinin araştırıldığı laboratuvar çalışmalarında ise kanaldaki su düzeyi alçalmasının şev içinde ters yeraltı suyu akımı meydana getirdiği ve bu sebeple şev çökmelerinin tetiklendiği deneysel olarak kanıtlanmıştır (Chen vd., 2010).

2.4. Yeraltı Suyu Kalitesi

İçilen ve kullanılan suyun kalitesi kadar göl, nehir, deniz ve okyanuslardaki suyun kalitesi de yaşamımızın genel kalitesinin ifade edilmesinde önemli bir parametredir. Su kalitesini, suda çözülmüş olarak bulunan maddeler ve gazlar ile beraber suyun bünyesinde ihtiva ettiği yüzen maddeler belirlemektedir. Su kalitesi sadece suyun doğal fiziki ve kimyevi yapısı ile değil aynı zamanda beşerî faaliyetin de neden olduğu değişimlerin de bir neticesidir. Ulaşılan bir suyun belli bir gaye için kullanışlı olup olmadığı, su kalitesi ile belirlenir. İnsanların gerçekleştirdiği pek çok etkinliğin doğal suyun kalitesini etkilediği ve daha önceden kullanılan ve kullanımı elverişli olan suyun artık kullanılmasının sağlıklı olmadığı zamanlarda, suyun

kirletilmiş olduğu anlaşılmalıdır. Dünyada pek çok yerdeki su kalitesi insanların yapmış oldukları faaliyetlerden etkilenmiş olsa da halen kullanılmaya devam ettiği de önemli bir gerçektir (Fetter, 2001).

Su kalitesi standartları, özel bir kullanım için uygulanabilen su kalitesine ilişkin özel eşik değerleri düzenleyen yönetmeliklerdir. Su kalitesi kriterleri, suda çözünmüş maddelerin değerlerini ve suların toksikolojik ve ekolojik anlamını belirtir. Bu veriler su kalitesi standartlarını geliştirmede tercih edilen verilerdir (U.S. Environmental Protection Agency, 1976; Akt: Fetter, 2001). Her ülke, kurum, kuruluş veya birliğin kendi oluşturduğu su kalite standartları bulunabilmektedir. Örneğin ABD EPA standartları, AB standartları, Türkiye'nin içme suyu kalite standartlarıdır.

Su kalitesi denilince birçok parametrenin karşımıza çıktığı görülmektedir. Ayrıca suyun hangi amaçla kullanıldığı da suyun kalitesinin hangi ölçütlere göre belirleneceğini gösteren bir unsurdur. Su kalitesinin temel ölçütlerinden biri olan "Toplam Çözünmüş Katılar (TÇK)", bir su numunesinin ısı etkisiyle buharlaştırılıp kurutulmasıyla ortaya çıkan ve litre başına miligram olarak belirtilen su içerisinde bulunan katıların miktarıdır. Yeraltı suyunun tabii kalitesi bir zeminden diğer zemine göre değişebilmektedir. Bu kalite, TÇK madde içeriği açısından bazı tatlı yeraltı sularında 100 mg/L veya daha az, su taşıyan derin tablalarda bulunan bazı tuzlu sularda ise 100.000'den daha fazla değişen bir aralık içerisinde bulunabilir. Çizelge 2.2'de TÇK miktarlarına göre suyun gruplandırılması sunulmuştur.

Çizelge 2. 2. TÇK Değerlerine göre yapılan su sınıflaması (Fetter, 2001)

TÇK (mg/L)	Su Sınıfı
0 – 1000	Tatlı
1000 – 10.000	Acı
10.000 – 100.000	Tuzlu
>100.000	Salamura

Yeraltı sularının verimliliğın ve sürdürülebilirliğının korunması önemlidir. Sulama ve beşerî tüketim gayesiyle kullanılan yeraltı sularının EC ve pH değerleri önemli kriterler arasında sayılmaktadır (Arkoç, 2018).

Hidrojen Potansiyeli (yükü) olarak da ifade edilen pH değeri şöyle tanımlanabilir; suyun içerdığı H^+ (hidrojen iyonu) miktarının 10 tabanına göre negatif logaritmasıdır. Kısaca pH değeri bir suyun asidik veya bazik olduğunu anlatan değerdir. 0 ila 14 arasında değişen pH değerlerinde; Hidrojen iyonu (H^+) ve Hidroksit iyonu (OH^-) eşit ise bu sular ne asidik ne de baziktir. Nötr sular olan bu suların pH değeri ise 7'dir. Su'da H^+ iyonu arttıkça su asidik olmaya başlar ve pH değeri 0 ile 7 arasında değişir. OH^- miktarı arttıkça ise su bazik bir karakter almaya başlar. Bazik suların pH değeri 7 ila 14 arasında değişmektedir. Suyun pH değeri 0'a yaklaştıkça suyun asidik değeri artmakta, 14'e yaklaştıkça ise bazik değeri artmaktadır (EPA, 2018; Güler, 1997). WHO (2011)'e göre ise pH en önemli su kalite parametrelerindedir.

Diğer su kalitesi kriterlerinden olan "Elektriksel İletkenlik (EC)" ise, adı üstünde suyun elektriği iletebilme özelliğidir (EPA, 2018). Saf su dışında tüm sular belirli oranlarda elektrik içerir ve ihtiva ettiği iyon miktarı ile bu iletkenlik artar. Mikroohm/cm elektriksel iletkenliğın birimidir ve bu ölçü +25 °C'deki 1 cm³ suyun iletkenliğini anlatan ölçüdür (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

Suyun elektriksel iletkenliğının yüksek değerde olması, zirai sulamalarda büyük problemlere yol açabilmektedir. Sulama sularında EC ölçümü yapılarak suya karışan gübrelerin yoğunluğu tahmin edilebilir. Yeraltı sularındaki EC, pH değerleri; kısa mesafeler için kirletici tipine göre, beslenme koşullarında ise akiferin geçirimliliğine bağlı olarak değişebilmektedir. Yeraltı sularında alınan numunelerde EC değerlerinin yüksek seviyelerde çıkması, serbest akiferin geçirimliliğının fazla olması ve sahada yapılan tarımsal faaliyetlerde yapılan gübreleme ve gübrelerde bulunan tuz bileşiklerinin yağışlar yoluyla yeraltı sularına karışması ve yine nehirlerde görülen kirleticilerin sızma ile yeraltı sularını kirletmesi ile izah edilebilir (Arkoç, 2018). EC değerlerine göre yapılan su sınıflaması aşağıda Çizelge 2.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 2. 3. EC değerine göre yapılan su sınıflaması (Ayers ve Wescot, 1989)

EC Değeri	Su Sınıfı
100-250 mS/cm-1	C1 (Az Tuzlu Sular)
250-750 mS/cm-1	C2 (Tuzlu Sular)
750-2250 mS/cm-1	C3 (Çok Tuzlu Sular)
2250-5000 mS/cm-1	C4 (Çok Fazla Tuzlu Sular)

EPA (Environmental Protection Agency) yani Çevre Koruma Ajansı Güvenli İçme Suyu Kararnamesi'nin gayesi, içme suyunda var olabilen madde, element ve minerallerin maksimum kirletici seviye hedeflerini (MCLG) ve maksimum kirletici seviyelerini (MCL) belirtmektir. Güvenli içme suyu kararnamesine göre, yönetmelikteki kirleticilerin tercihinde üç kıstas işe koşulmaktadır (Fetter, 2001) Bunlar:

- (1) içme suyundaki kirleticiyi tanımlayacak analitik yeterlilik,
- (2) Gizil sağlık riski ve
- (3) içme suyunda ortaya çıkması ya da gizil olarak var olmasıdır.

MCGL, yeterli güvenlik eşik sınırına sahip olduğu bilinen ya da öngörülen ters etkilerin oluşmasını engelleyecek bir seviyede yapılamaz sağlık vizyonu sınıfıdır. MCL ise yaptırım gücü bulunan standartlardır. MCL su arıtma teknolojileri ve maliyeti açısından uygulanması kolaydır ve MCL hedeflerine yakın bir sınıftır. Kanser etkisi olan bu maddelerin MCLG seti sıfır olmalıdır, ancak bu durum böyle çalışmamaktadır. Bu kronik olan toksik maddelerin MCLG'si, havada, suda ve içme suyunda toplam olarak ihtivasına izin verilen kabul edilir gündelik girişe dayanmaktadır. Kanserojen maddelerin riski, belli bir seviyede maruz kalınan ek kanser riski olarak belirtilir. 10-6 kanser riski, 1 milyon kişilik bir nüfusta bir insanın öleceği anlamını taşımaktadır (Fetter, 2001).

AB, üyesi bulunan ülkelerin özel ve genel içme suyu gereksinimlerine dair içme ya da gıda üretiminde kullanılan bütün sularda kullanılması üzerine su kalite standartları düzenlemiştir. Su kalite standartları, suda tabi olarak var olan toksik maddeleri, organik bileşikleri ve mikrobiyolojik parametreleri kapsayan 66 su kalitesi parametresini

hazırlamaktadır. Organik bileşikleri oluşturan elementlere ait AB standartları Amerika'nın EPA içme suyu standartları kadar özel bir sınıf değildir. Mesela, klorinli bütün organik moleküller için, MCLG'de olduğu gibi, 1 µg/L gibi bir genel ilke vardır. Böcek ilaçları ve PCB'ler ise kendi başına 0,1 µg/L toplamda ise 0,5 µg/L en yüksek konsantrasyon değerinin üstüne ulaşamaz (Carney 1991).

Yeraltı sularını kirleten pek çok kirletici faktör bulunmaktadır. Yeraltı suyu kalitesini negatif olarak etkileyen kimyasal ve mikrobiyolojik maddeler ve maddelerin ortaya çıkmasına neden olan faktörler aşağıda açıklanmıştır (Fetter, 2001 ve Yavuz, 2017);

- ❖ Tarım için kullanılan kimyevi maddelerin, hayvansal ve organik içerikli atıkların tarımsal arazilerde kullanılması veya bertaraf edilmesi,
- ❖ Konut atıklarının bulunduğu septik tanklar, depolama alanları ve konut atıkları için iyileştirme stantları,
- ❖ Toksik ve tehlikeli madde sürekli depolama yerleri,
- ❖ Sızdırma ihtimali olan yeraltı tankları,
- ❖ Kusurlu yeraltı enjeksiyon kuyuları,
- ❖ Çukurlar ve depolama amaçlı kullanılmakta olan havuzlar,
- ❖ Bir takım sıvı bileşenlerin artılarak depo edilmesi,
- ❖ Kimyevi madde ve petrol ürünlerin bazı nedenlerden dolayı dökülerek çevreye yayılması,
- ❖ Organik maddelerin oksitlenmesi, sıvı artıklar, nitrojen bakterilerinin atmosferdeki serbest azotu bağlaması gibi nedenler yeraltı su kaynaklarını kirleterek olumsuz etkilemektedir.

Tarım için tercih edilen suların yeraltı su kaynaklarından alınması ve bu kullanılmış suların yeniden yeraltına sızması su kalitesinde önemli sorunlara neden olmuştur. Özellikle tarımda kullanılan gübrelerin neden olduğu nitrat, ağır metaller ve pestisitler daha önceden de ifade edildiği gibi yeraltı suyunun kalite standardını derinden etkilemektedir (Fetter, 2001). Azot hava tabakasında oldukça büyük oranda bulunmakla birlikte maalesef bu azotun çözülmüş hali olan nitrat tüm yeraltı suyunu taşıyan zeminler için büyük tehlike oluşturmaktadır. Nitrat ve nitrit değerlerinin yer altı

suyunda özenle takip edilmesi gerekmektedir. Çünkü bu parametrelerin sınırını aşması durumunda çocuklar dâhil birçok kişide kansızlık gibi hastalıklar ortaya çıkabilmektedir (Keller, 2007).

Amerika eyaletlerinde kullanılmak üzere EPA vasıtasıyla hazırlanan içme suyu standartları 93-523 sayılı “Güvenli İçme Suyu Kararnamesi” ve bu kararnamede gerçekleştirilen değişimlere bağlı olarak yürürlüğe sokulmuştur. AB, üye ülkelerinin tüm içme suyu gereksinimlerine dair su kalite standartları geliştirmiştir. Türkiye’de ise uzun yıllardır yapılan birçok çalışma ve incelemenin ardından bir takım mevzuat ve düzenlemeler işe koşulmuştur. Bu noktada, yeraltı sularının oran ve kalitesinin aynı zamanda yönetilmesini ve AB’nin yeraltı suyu idaresine dair düzenlemelerin yapılabilmesinin temini amacıyla; yeraltı sularının kirliliğinin ve bozulmasının engellenmesi, iyi halde olan yeraltı sularının pozisyonunun muhafazası ve istenilmeyen kalitede bulunan ve kirleticilere maruz kalan yeraltı sularının iyileştirilmesi ve sürekliliğinin sağlanması için gerekli stratejilerin ve ilkelerin tespit edilmesi adına “Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik” yürürlüğe sokulmuştur. Ayrıca “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)” de Türkiye’de su kaynaklarının muhafaza edilmesinde, yönetilmesinde ve kalitesinde uygulanan en önemli mevzuat olarak karşımıza çıkmaktadır (Kalkınma Bakanlığı, 2018).

2.5. Diğer Su Kalitesi Parametreleri

Su kalitesinin değerlemesinin yapılmasında suların fiziki, kimyevi ve biyolojik karakterinin belirlenmesi ve analiz edilmesi oldukça önemlidir. Su kalite parametrelerinin analiz edilerek değerlemesinin yapılması, daha sağlıklı su kaynak yönetimi oluşturmak ve geliştirmek ve kaliteli suyun sürdürülebilirliğini sağlamak için gerekli faaliyetlerdir (Mahapatra vd., 2011). İçme suyu standartlarında çok fazla miktarda kirletici parametre bulunmakta ve bu maddeler için sınır değerler farklı kurumlar tarafında ifade edilmektedir.

Su doğal olarak bir takım ergimiş inorganik madde ihtiva eder. Majör katyonlar kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyum; majör anyonlar klorür, sülfat, karbonat ve bikarbonattır. İyonik olarak bulunmasa da silika da majör bir bileşen olarak değerlendirilebilir. Bu majör elementler toplam çözünmüş katılara katkı sağlayan mineral maddenin yığını kapsar. Bununla birlikte manganez, florit, nitrat, stronsiyum

ve bor içeren minör bileşenler bulunabilir. Zira arsenik, kurşun, kadmiyum ve krom gibi maddeler yalnızca litre başına birkaç mikrogram miktarlarda bulunabildiği iddia edilse de, bu elementler su kalitesi açısından oldukça önemlidir. Çözünmüş gazlar yüzey sularında bulunduğu kadar yeraltı sularında da vardır. Bu sulardaki majör gazlar O₂ ve CO₂ olup, asal gaz olan azot da mevcuttur. İlgili minör gazlar ise, hidrojen sülfid ve metandır. Hidrojen sülfid zehirlidir ve kötü kokuya neden olur. Zira Hidrojen sülfid oksijen bulunan suda bulunamaz (Fetter, 2001).

Bromat (BrO₃), brom (Br⁻) elementi kaynaklı oluşmaktadır. Brom suda bulunursa ozon (O₃) ile oksitlenerek Bromat'ı meydana getirir. Ayrıca Brom ihtiva eden tuzların elektrolizi ve suda çözülmesi ile de meydana gelir. Bu bileşiğin oluşmasının nedenleri ise; sanayi faaliyetlerinden kaynaklı bir kirlenme olabileceği gibi kirlenen topraklardan da kaynaklanabilir (WHO, 2011). Bu durum da Bromat'ın sulara çevresel faktörlerden kaynaklanan kirlilikten dolayı meydana geldiği gösteren kanıtlardandır.

Florür (F), sulara 1–1,3 mg/l arasındaki bir eşik değerinde bulunması özellikle diş sağlığı ve diş gelişimi için önemli bir durumdur. İfade edilen bu yararının yanında üst sınırları aşması çeşitli zararlar doğurabileceği yönünde bir bilgi de bulunmaktadır. Bu üst sınır ise tam olarak saptanamamakla birlikte sıcaklığa bağlı olarak değiştiği belirtilmektedir. Ayrıca sulardaki florür içeriği 2,5 mg/l'yi geçmesi halinde dişlerde tahribata neden olduğu bulgulanmıştır (Munsuz ve Ünver, 1995).

Arsenik (As) suların içeriğinde minimum oranlarda olabileceği ifade edilse de arsenik suların kalitesi için ciddi bir tehdit ve tehlikedir. Suların ihtiva ettiği bu ağır ve toksik madde olan arsenik, endüstriyel alanlar ve tarım sahalarında bulunmakta ve sulara bu yerlerden karışabilmektedir (Güler, 1997).

Bakır (Cu), içme suyunda var olması demek suyun kirlendiğinin bir göstergesi olarak yorumlanır. Bakır bu nedenle bir kirleticidir. Suyu karışan bakır ise genellikle bakır muhtevası olan materyal, yapı ve bakır fabrikalarının atıklarından kaynaklıdır.

Bor (B) yeryüzü zemininde bol miktarlarda bulunabileceği gibi sulara da bulunabilmektedir. Yeraltı suyunda olması doğaldır ancak yüzey sularında olması sanayi atıklardan kaynaklıdır. Ayrıca evlerden atılan suların içerdiği bazı temizlik maddeleri ve tarımda kullanılan kimyasallar ile sanayi atıklarının bir bölümünde bor bulunmakta ve bunların yüzey sularına karışması oldukça kolay olmaktadır (Yüksel ve Yürüm, 2010). Bitkilerin gelişmesinde önemli etkisi bulunan bor, sulara belirli

değerlerde olması gerekmektedir. 1 mg/l'nin üzerinde bor bulunması nebatat için tehdit oluşturmaktadır. Bundan dolayı 1 mg/l'lik eşik değer geçilmediği sürece bitkiler için herhangi bir zarara neden olmadığı ifade edilmektedir (Munsuz ve Ünver, 1995).

Cıva (Hg) toksik bir madde (EPA, 2018) olmasıyla birlikte dünyanın ihtiva ettiği ana elementlerdendir. Sanayi maddeleri ve tarım ilaçlarında kullanılmakta olup bu madde ve ilaçlardan toprağa, bitkilere ve canlılara cıva yoğun olarak geçebilmektedir. Canlılara geçmeyen kısmı ise çevrede atık olarak toplanmakta (Sungur, 1973) ve bu atıklar sulara karışarak suların kirlenmesine sebep olabilmektedir.

Kadmiyum (Cd) ağır bir metaldir ve sulara olma sebebi endüstriyel deşarjlardan dolayıdır. Kadmiyum petrol içerikli plastik ürünlerden suya geçebilmektedir (EPA, 2018). Bu nedenle sanayileşmenin fazla olduğu alanlar ve bu alanlardaki katı atık istasyonlarının belirlenmesi sulara kadmiyum karışmasını önlemek için gerekli hassasiyetin gösterilmesi gereken alanlardır.

Krom (Cr) bazı suların ihtiva ettiği doğal ancak toksik elementlerdendir. Ayrıca dere, çay, akarsu veya deniz deşarj sahalarından kaynaklı yüzey sularında da ortaya çıkabilen bir maddedir (EPA, 2018).

Demir (Fe) toprağın içerisinde nikel ile birlikte olan maddelerdendir. Bu elementin sulara olma sebebi genellikle demirin suda çözülebilmeye olanak veren jeolojik formasyon nedeniyle durumlardır (EPA, 2018). Yeraltı suyu gibi jeolojik yapı tarafından korunaklı olan suların içeriğinde demirin olması oldukça doğaldır. İyon yapısına göre yüzeysel veya yeraltı suyunda bulunma durumu değişmektedir (Muslu, 2004).

Alüminyum (Al) toprağın yapısında oldukça fazla oranlarda olan bir başka metaldir. Suda 0,1-0,2 mg/l'yi aşmaması arzu edilmektedir. Alüminyumun fazlalığı erkeklerde Alzheimer, kadınlarda ise meme kanserine sebebiyet verdiği ilgili tıp literatüründe geçmektedir (WHO, 2011).

Selenyum (Se) tabiatta kendiliğinden var olabilen ve nedeninin beşerî kaynaklı çevresel faktörler neticesinde olduğu ifade edilmektedir. Selenyum zehirli bir toksik elementtir ve suda bulunması tehlikelidir (EPA, 2018).

Nikel (Ni) nebatat ve hayvanat için zehirleyici bir toksik madde olup genellikle sanayi atıklarından ve nikel içerikli madde ve minerallerin çözülmesinden ortaya çıkar (EPA, 2018).

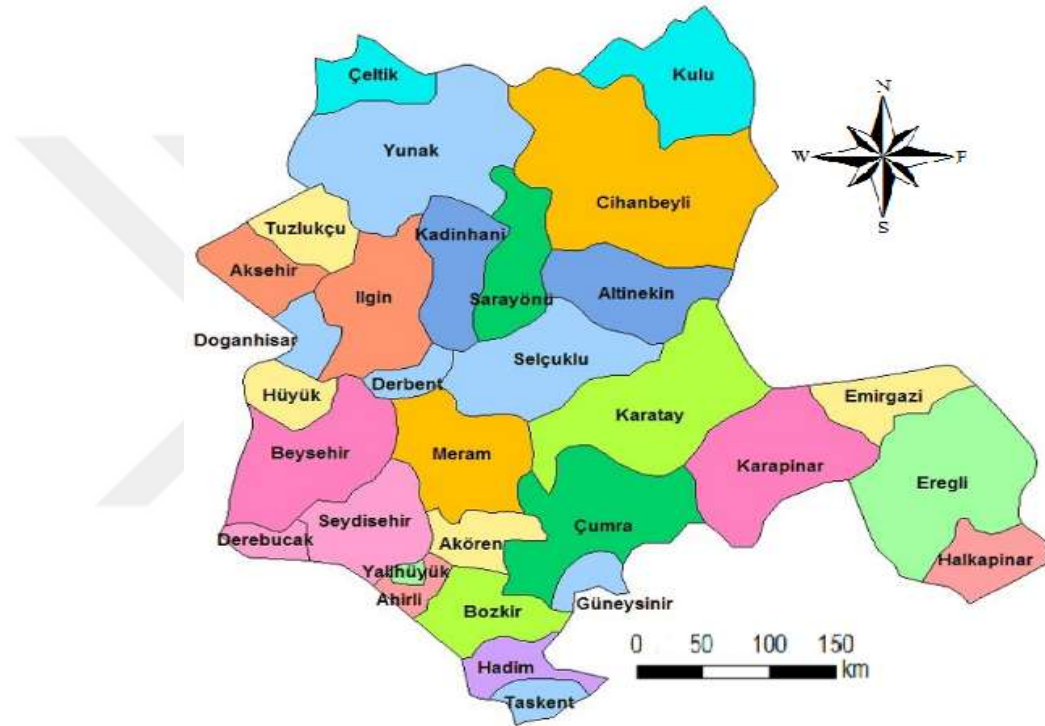
Kurşun (Pb) toprağın yapısında tabii şekilde, yüzey sularında bulunduğu gibi yeraltı suyunda da vardır. Bu sularda kurşun ihtivası demek, suya sanayi kaynaklı kirleticilerin temas ettiğini göstermektedir (Güler, 1997).

Siyanür (CN) genellikle sanayi ve endüstri atıklarından dolayı ortaya çıkan ve oldukça zehirli bir maddedir. Siyanürün suda var olması tüm canlılar için büyük tehlike ve risktir. Özellikle insan ve balıklarda ölümcül etkiler oluşturmaktadır (EPA, 2018).



3. MATERYAL VE METOT

Çalışma alanımız Konya ilinin sınırları içerisinde bulunan ilçelerin yaklaşık 40.85 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Çalışma kapsamında 101 sondaj kuyu verileri DSİ'den tedarik ederek alınan yeraltı suyu örneklerinin pH (potansiyel hidrojen), EC (elektriksel iletkenlik), Kobalt (CO) gibi birkaç elementler kullanılmıştır. İnceleme alanındaki Sondaj kuyulara ait datalar ArcGIS Desktop 10.8 yazılımından faydalanarak datalar işlenmiş, Konya il sınırları içinde bulunan yeraltı sularının mekânsal dağılımı CBS yardımıyla değerlendirilmiştir.



Şekil 3. 1. Konya ilçe haritası

3.1. Kartografya ve Coğrafi Bilgi Sistemi

Bilgi ve teknoloji çağının birçok disipline ve yönetime getirdiği en değerli katkılardan biri muhakkak ki, Türkiye’de de giderek artış gösteren bir popüleriteye sahip olan CBS’dir. Kartografya iş ve işlemlerinin daha iyi ve hızlı yapılabilmesi için CBS teknolojilerine gereksinimi artarken, CBS uygulayıcılarının da işlemlerinde harita ve harita bilgilerinden faydalanmaları kaçınılmazdır (Tecim, 2008).

1960’lara kadar “yeryüzü ya da herhangi bir parçasının benzerini meydana getirmek çeşitli ölçekler ve ifade tarzları ile belirtmek” şeklinde tanımlanabilen Kartografya, bilişim teknolojilerindeki gelişmelerin de ışığında değişime uğramış ve

hala değişmeye devam etmektedir (Arslan ve Karadoğan, 2004). Yeni kimliği ile Kartografya'ya, CBS'nin geliştirilmesi süreçlerinde büyük ödevler ve roller yüklenmekte ve kartografik teknikler etkili bir şekilde her geçen gün artarak kullanılmaktadır.

Bu bölümde; Kartografya ve bilgi sistemlerinde temel kavramlar, Kartografya ve coğrafi bilgi sistemleri tanımları, Kartografya ve coğrafi bilgi sisteminin gelişimi, Kartografya ve coğrafi bilgi sistemlerinin bileşenleri kavramsal ereve olarak sunulmuştur.

3.1.1. Kartografya ve bilgi sistemlerinde temel kavramlar

Kartografya ve bilgi sistemleri konularını daha iyi anlamlandırabilmek için bu konular ile ilişkili temel kavramlar bulunmaktadır. Bu kavramların bazıları aşağıda açıklanmıştır:

Veri (Data): Henüz işlenmemiş ham veridir. Ayrıca veri, belirli konuların herhangi bir sembol grubu ile ifade edilmesidir.

Bilgi (information): Herhangi bir konu veya varlıkla alakalı elde edilen verilerin birleştirilmesiyle meydana çıkan açıklayıcı bir bütün ve dünya ile ilgili bazı ayrıntıları bulmaya katkı sağlayan araştırma ve öğrenme sistemidir (Tecim, 2008).

Sistem: Belli hedefler ile biimlenebilen, özel bilgiye ihtiyaç duyulan kurumsallaşmış faaliyetler bütününe sistem denir. Sistemde sonuç elde edilmesi için birtakım yöntemler devreye girer (Tecim, 2008).

Bilgi sistemi: Örgütlerin ve kurumların yönetim işlevlerini desteklemek hedefi ile bilgiyi toparlayan, depo eden, üreten ve dağıtan bir mekanizmadır.

Datum: Bir noktanın, dünya üstündeki yatay ve dikey konumunu ifade edebilmek gayesiyle başlangıç olarak esas alınan referans yüzeydir (Arıburnu, 2020).

Projeksiyon: Üç boyutlu harita düzleminin yani fiziksel yeryüzünün çeşitli yöntem ve teknikler sayesinde iki boyutlu düzlem üzerine iz düşürülmesidir.

Vektör Veri: Dünya üstünde olan ve koordinat verileri açık olan konumsal nesnelerin grafiksel şekilde gösterilmesini anlatan veri çeşitidir (Arıburnu, 2020).

Raster Veri: Mekân verilerinin pikseller ile belirtildiği veri türüdür. Her piksel coğrafik sahayla ilişkili olarak değişik renk değerleri alır ve temsil ettiği coğrafik yeri anlatır (Arıburnu, 2020).

Mekansal (Spatial) Veri: Haritada belli bir konuma ait verileri temsil eder. Değer, şekil, konum, mekansal referans bililerini kapsar (Arıburnu, 2020).

Tile: Harita verilerinin (her zoom düzeyine spesifik olarak) grid yapısına benzer şekilde küçük parçalara ayrılması neticesinde meydana gelen her bir hücreye tile adı verilir. Çalışmacı tarafından gerçekleştirilen istemlerde bütün harita verisi yerine ilgili tile parçaları süratla yüklenebilir (Arıburnu, 2020).

Coğrafya Veri Formatı: Coğrafya ile ilgili verilerin saklanması için tercih edilen veri formatlarıdır (Arıburnu, 2020).

Ölçek: Plan üstünde işaretlenmiş iki nokta arasındaki mesafenin, bu noktanın arazi üstündeki karşılıkları arasındaki gerçek uzunluğuna oranına denir (Tecim, 2008).

Koordinat ve Koordinat Sistemi: Bir sistemde bir noktanın yerini tespit etmeyi sağlayan elemanlara koordinat denilirken arazi veya harita üstündeki bir noktanın kabul edilen bir başlangıç sistemine göre yerini saptamak için haritalara çizilen çizgilere koordinat sistemi denir (Tecim, 2008).

Harita: Yeryüzünün topoğrafik yapısının ve yapay/doğal oluşumların belli ölçekte küçültülmüş bir modelidir.

Topografik Harita: Genellikle bir alana ait yeryüzü şeklinin kartografik kurallar kapsamında ölçekli olarak gösteren haritalardır (Tüzel, 2008).

Tematik Kartografya: Bilgi olarak azaltılmış özel bir topografik altlık üzerinde özel konuları gösteren, belli kullanım maksatına yönelik kartografik ürünlerle ilgilenen kartografya alanıdır (İpbüker 1999).

Tematik Harita: Amacına uygun verilerin elde edilmesi, analizi ve yayımlanmasıyla meydana getirilen ve olayların ve durumların kavranması için hazırlanan haritalardır (Tüzel, 2008).

Harita Sunucusu: Hazırlanan haritalar için servisler meydana getirmeye, yönetmeye ve sunmaya olanak sağlayan yazılımlardır (Arıburnu, 2020).

Stilli Katman Tanımlayıcı (SLD): WMS ile yayınlanan vektör veya raster verilerin bulunduğu katmanlar için kullanan vasıtasıyla ifade edilmiş işaretlemelerin kullanılmasını sağlayan ve görsel olarak sunulmasını kolaylaştıran standarttır (Arıburnu, 2020).

3.1.2. Kartografya ve coğrafi bilgi sistemleri tanımları

Kartografya kelimesinin etimolojisi incelendiğinde, Latince’de sert kâğıt anlamında kullanılan “carta, charta”, Yunanca’da ise “chartes / charax” kelimeleri ile yazmak, çizerek betimlemek anlamında kullanılan “graphia” ve “graphein” kelimelerinin birleşmesinden meydana geldiği fark edilmektedir. Yani kısaca kelime anlamı “kâğıt üzerine resmetmek” olarak belirtilebilir. Eski zamanlardan beri tercih edilen “Kartografya” kavramı ve batıda da aynı kökene sahip olan tarihi süreçte anlamını muhafaza etmiş bir sözcüktür. Kartografya kavramı en genel tabirle “harita yapma tekniği ve sanatı” olarak bilinmekte ve kullanılmaktadır (Reis,2014; Çobanoğlu, 2016).

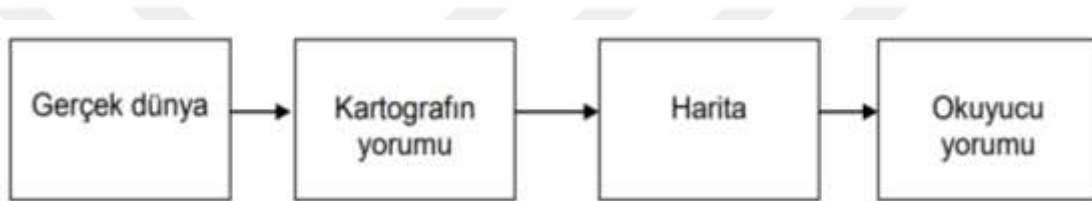
Çizelge 3. 1. Kartografya ile ilgili genel tanımlar

Araştırmacı	Literatürdeki Tanımı
V. Heissler (1950)	Yeryüzü veya herhangi bir parçasının benzerini oluşturmak, farklı ölçekler ve ifade şekilleriyle belirtmektir.
Uluslararası Kartografya Birliği (ICA) (1973)	Haritalar ile alakalı olan bilimsel dataların işlenmesi ve sanat faaliyetlerini içine alana, harita ve harita benzeri gösterimleri hazırlamak gayesiyle uygulanan, gerekli bütün faaliyetleri kapsayan harita yapım sanatı, bilimi ve teknolojisidir.
İngiliz Kartografya Birliği (BCS) (1963)	Temel dataların her türünden yeni harita üretilmesi veya harita dokümanlarının yenilenmesi ve değiştirilmesi için ihtiyaç olan derleme, planlama, çizim ve değerlemelerinin bütün aşamaları ile ilgili yapı ve üç boyutlu bilginin (grafik) organizasyonu ve iletişimidir.
Association for Geographic Information (AGI) (1992)	Haritalar vasıtasıyla mekânsal unsurları ve aralarındaki ilişkileri analiz etmek, yorumlamak ve iletmek işlevlerini kapsayan bilim, sanat ve teknolojidir.
Uçar, İpbüker ve Bildirici (2012)	Harita ve harita benzeri gösterimleri tasarlamak için ihtiyaç olan bilim, sanat ve tekniktir.
Reis (2014)	Haritaların, planların ve başka tüm ifade şekillerinin hazırlanması ve bunların kullanılmasının geliştirilmesi hedefi ile ya direkt yapılan gözlemlerin neticelerinden ya da bir verinin işlenişinden başlayarak yapılan incelemelerin ve bilimsel, görsel, teknik faaliyetlerin tümüdür.

Yukarıda ifade edilen tüm tanımlar ışığında 1991’de ICA tarafından tavsiye edilen Kartografya kavramının en genel tanımı şöyle ifade edilebilir; “coğrafi bilginin görsel, sayısal, kabartma formunda sunulması, iletişimi, organizasyonu ve kullanılmasıdır. Kartografya harita bilgilerini elde etmeden kullanmaya kadar olan bütün üretim faaliyetlerini ve her çeşit harita kullanımını kapsamaktadır” (Reis, 2014).

Kartografya kavramının tanımları incelendiği zaman, kartografyanın, haritanın tasarlanmasından, basılmasına kadar geçen bütün safhaları ile alakasının olduğu gözlenmektedir. Zira haritaların derlenmesi yani bilimsel verilerin işleme sokulması süreci basit bir harita tasarımında kütüphane araştırması ile rahatlıkla gerçekleştirilirken, topoğrafi haritaları için bu süreç farklı işleyebilmektedir. Bu tür haritalarda jeodezik ölçümler, havai fotogrametri tekniği ile hava fotoğrafı kıymetlendirmesi, arazi bütünlemesi ve kartografik veri düzenlemeleri gerekmektedir.

Geniş manada kartografyanın önemini fark edebilmek için anlaşılması gereken husus, hazırlanacak haritanın içeriği, ölçeği, sunum biçimini kimin ne şekilde tespit edeceğidir. İfade edilen tüm bu faaliyetler, yani haritanın hazırlanması gerçekte kartograf tarafından gerçekleştirilen araştırmaların neticesinde ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, haritaya dair yapılan tanımlarda haritanın bir iletişim aracı olduğu çok vurgulanır. Bu iletişim aracı asıl dünya ile ilgili bilgiyi iletir, kartograf asıl dünyayı yorumlar ve harita olarak okuyucuya sunar. İnsanlar ise haritayı okuyarak dünyayı kendi beyinlerinde yorumlama şansı elde eder (Şekil 3.1). Haritaya konu olan asıl dünya, kartograf aracılığıyla ne kadar sağlıklı yorumlanır ve kullandığı tekniklerle temsil edilirse, insanlar asıl dünyayı beyinlerinde o kadar iyi algılayabilir (Çobanoğlu, 2016).



Şekil 3. 2. Bir iletişim aracı olarak harita (Çobanoğlu, 2016)

Şekil 3.2’de de açıklandığı gibi kartograf harita tasarımını ve modellemesini ne kadar doğru yaparsa harita o derecede sağlıklı bir iletişimsel etkinlik aracı olarak kullanıcıya ve okuyucuya hizmet sunacaktır (Çobanoğlu, 2016). İşte bu aşamada devreye Coğrafi Bilgi Sistemleri işe koşulmaktadır. Günümüz teknolojisinde harita tasarımı bütünüyle dijital platformda CBS ile kolaylıkla ve çok sağlıklı şekillerde gerçekleştirilebilmektedir.

CBS ise çok farklı disiplinler tarafından kullanılması nedeniyle değişik pek çok biçimde tanımlanabilen bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Mesela; bir maden mühendisi için CBS rezerv hesabı iken, bir peyzaj tasarımcısının gözünde peyzaj planlaması şeklinde ihtivalar içeren tanımlar yapılabilir, ya da bir ziraat mühendisi için ürünlerin rekolte değerlerinin hesaplanmasında önemli bir araç olarak görülürken, bir biyolog için ise akla gelen ilk şey biyo-çeşitlilik olabilir. Aynı zamanda CBS, bir takım meslek sınıflarında coğrafi bilgiyi işlenebilir şekilde sisteme iletme, bazı mesleklerde ise bu işlenebilir veriyi analizlerden geçirmek maksadıyla ürünler tasarlamak olarak ifade edilebilir (Çan, 2020). Coğrafi Bilgi Sistemleri (Geographical Information

Systems, GIS) ile ilgili araştırmacıların yaptığı tanımlamalar Çizelge 3.2’de sunulmuştur.

Çizelge 3. 2. Coğrafya bilgi sistemlerinin literatürdeki tanımları

Araştırmacı	Literatürdeki Tanımı
Aranoff (1991)	CBS, mekânsal temeli olan verilerin (grafik ve öznitelik) bilgisayar alanında toparlanması, kaydının yapılması, depolanarak saklanması, sorgulanması, mekânsal analizlerinin gerçekleştirilmesi ve görüntülenmesini sağlayan farklı formatlarda çıktıların edinilmesi için meydana getirilen bilgi sistemidir.
DeMers (1997)	Mekânsal verinin karar alma aşamalarına yardım edecek bilgiye çevrilmesi için tercih edilen araçlar bütünüdür.
Tecim (1999)	Dünyaya ait olan bilgileri belli bir hedef doğrultusunda toparlamaya, bilgisayarda dijital olarak saklamaya, kontrolde tutmaya, sorgulamaya, analizini yapmaya ve görüntülemeye imkân tanıyan teknik aletler demetidir.
Yomralıoğlu (2000)	Konuma dayalı gözlemlerle edinilen grafiksel ve grafiksel olmayan bilgilerin elde edilmesi, depolanması, analizi ve kullananlara sunulması fonksiyonlarını bir bütünlük içinde yapabilen bir bilgi sistemidir.
Ceyhan ve Yerci (2005)	Grafiksel ve olmayan bilgileri ve bu bilgiler arasındaki mantıksal ve topolojik ilişki durumları bütünlük şeklinde işleyebilme ve bu şekilde konuma dayalı analizleri yapma imkânına sahip olan bir teknolojidir.
ESRI, (2008)	Verilerin toparlanması, analiz edilmesi, muhafazası ve kullanıcılara anlamlı bir bütün olarak dijital ortamda gösterilmesine katkı sunan, günümüz teknolojisine uygun bir programdır.
Fazal, (2008)	Coğrafi referanslı her çeşit mekânsal bilgiyi entegre ederek depo eden, yönetebilen, analizini yapan, modelini çıkaran, sorgulayan ve çıktı olarak insanlara sunan yazılım, donanım, kullanıcılar, teknikler ve coğrafi bilgi bileşenlerinden meydana gelen bir sistem bütünüdür.
Çabuk, (2011)	Yeryüzü üzerindeki karışık sosyal, iktisadi, çevresel vb. problemlerin çözümüne dair mekâna/konuma dayalı karar alma aşamalarında kullanıcılara yardım etmek üzere, geniş hacimli coğrafi verilerin; toparlanması, depo edilmesi, işlenmesi, yönetilmesi, mekânsal analizinin yapılması, sorgulanması ve sunulması işlevlerini yapan donanım, yazılım, personel, coğrafi veri ve yöntemler ile bu verilerin kullanıcıya sunulması işlemlerini bütünlük içinde yapabilen bir bilgi sistemidir.
Özdemir (2017)	Jeoreferanslandırılmış verilerin girildiği, analiz edildiği ve görsel sunumunun gerçekleştirilebildiği bir bilgisayar sistemidir.
Govarchın Ghale, 2014	Konum bilgisine ulaştıran verileri depolayabilen, saklayabilen, düzenleyen, analiz edip görüntüleyebilen ve böylece birçok unsuru birlikte kullanabilen bir sistemdir.

CBS için yapılan ilgili literatür taraması neticesinde ulaşılan ve yukarıda ifade edilen tanımlardan çıkarılabilecek en genel ve ortak tanım şöyle izah edilebilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri, bilgisayar tabanlı bir sistem olup, koordinatlandırılmış coğrafi bilgilerin;

- ❖ Üretilmesi ve hazırlanması,
- ❖ Yönetilmesi (depo edilmesi, korunması, revizyon ve güncelleştirme işlemleri),
- ❖ İşlenmesi, sorgulanması ve analizinin yapılması,
- ❖ Sunulması ve raporlarının oluşturulması

Gibi tüm işlemlerin gerçekleştirildiği yazılım, donanım ve yöntemler bütünüdür (Özdemir, 2017).

CBS, yaşamımız ile alakalı olan ve insanları ilgilendiren pek çok konu ve olayın, konumsal tetkikiyle beraber var olan kayıtlı bilgileri mekanize ederek çeşitli yöntem ve görsel unsurlarla kullanıcının daha kolay ve işlevsel hareket etmesine olanak tanır. Böylece CBS kullanıcılarına daha boyutlu ve derin bir bakış açısı geliştirme fırsatı verir (ESRI, 2008).

CBS sahip olduğu bileşenler sayesinde dünyada bir anlamı olan coğrafi referanslı her olguyu elektronik platforma aktarma imkânı sağlar. CBS pek çok unsuru ya da olayı haritaya çevirerek verileri irdelemek için ihtiyaç olan bilgisayar desteğinin alınmasını sağlar ve ortak veri tabanlarının bütünleştirilmesine katkıda bulunur (Yomralıoğlu, 2000). Ayrıca ulaşılan veri tabanlarının idaresini gerçekleştirerek farklı pek çok harita kombinasyonları yaratır. Tablo ve bilgisayar destekli tasarım (CAD) çizimleri arasında ilişki oluşturulmasına zemin hazırlar. Elde edilen ilişkilerin de kullanılmasıyla hazırlanan veri tabanı yönetim mekânıyla yeni haritalar hazırlanır ve haritalar üstünde değişiklikler yapılarak haritaya yansıtılması sağlanır (Fazal, 2008).

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin yeraltı suyu modellemesinde kullanılması ise 1990'lı yıllara dayanmaktadır (Turner, 1991). Yeraltı suyu ile ilgili yapılan araştırmalarda CBS uygulamalarının tipik örnekleri maddeler şeklinde aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Engel ve Navulur, 1999);

- ❖ Mekân uygunluk analizlerinin yapılmasında,

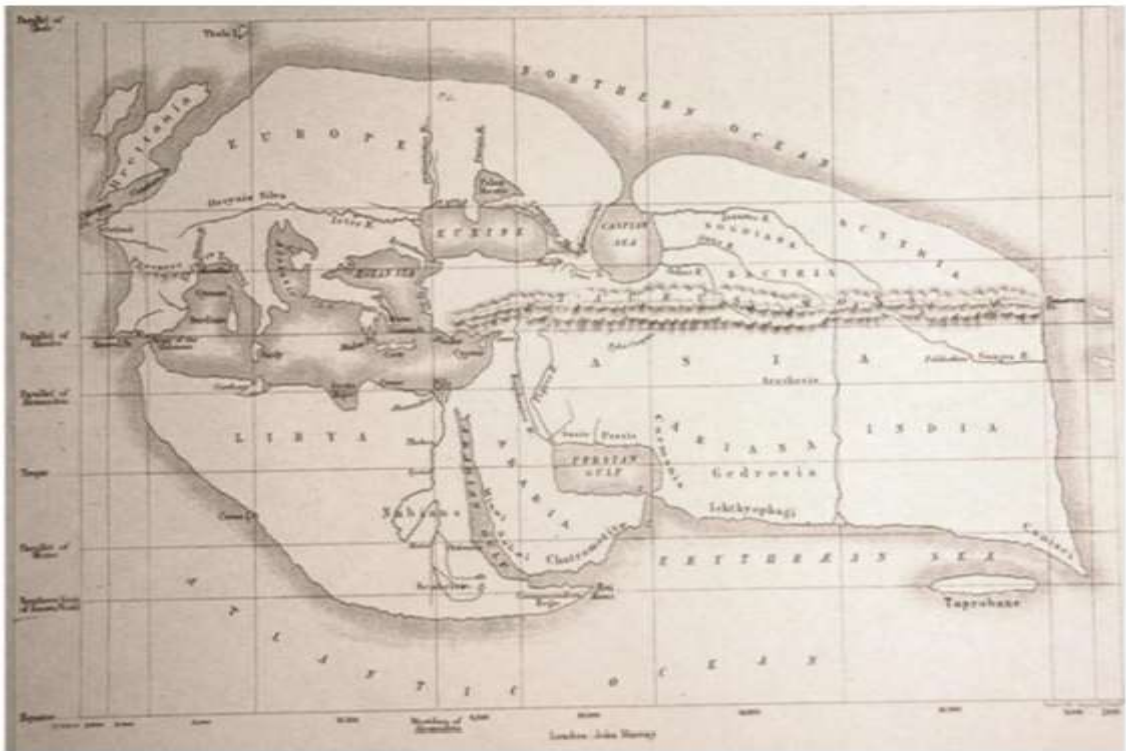
- ❖ Su tablası derinliği, akifer çeşidi ve malzeme durumu, akifer beslenmesi gibi haritalamaların yapılması için gerekli olan bilgilerde,
- ❖ Envanter verilerinin yönetilmesinde,
- ❖ Noktasal olarak görülmeyen bir kaynaktan dolayı ortaya çıkan kirliliğin oluşum aşamalarının mekânsal korelasyonunun tahmin edilmesinde,
- ❖ Noktasal olarak değerlendirilmeyen kirlilik kaynaklarından dolayı yeraltı suyunun kirlilik durumunun tahmin edilmesinde,
- ❖ Mekânsal datalarla, karar destek mekanizmaları geliştirmek amacıyla yeraltı suyu kalitesi değerlendirme modelleri hazırlamada,
- ❖ Yeraltı suyu akış hareketinin modellenmesinde;
- ❖ Adveksiyon ve dispersiyon modellemesinde,
- ❖ Partikül hareketliliğini takip ve izlemde,
- ❖ Yer altı sularının statik ve dinamik su düzey haritalamalarının oluşturulmasında,
- ❖ Çözülmüş minerallerin taşınması ve sızma modellerinin hazırlanmasında,
- ❖ Toprağın tuzluluk durumu ve yeraltı su kaynaklarına tuz ulaşımının değerlendirilmesinin yapılması olarak sayılabilir.

3.1.3. Kartografya ve coğrafi bilgi sisteminin gelişimi

Kartografya biliminin temelleri yüzyıllar öncesine dayanmakta ve teknolojiye yeni gelişimlerle beraber devamlı modern bir hal alan yeni teknikleri ile mekânsal bilginin faydalı hale getirilmesinde ve insanlara aktarılmasında önemli bir rol ve görev üstlenmektedir (Selçuk vd., 2006). Kartografyanın tarihsel geçmişi aslında haritacılık tarihine dayanmakta ve onunla birlikte gelişmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri kavramının ortaya çıkışına kadar, dünya genelinde haritaların kullanılması ve mekânsal verilerin elde edilmesi faaliyetleri Milattan Önce 1292-1225 yılları arasına dayanmaktadır. Bu dönemlerde Eski Mısır II. Ramses zamanında parşömen kâğıt üstüne çizilmiş altın yataklarını gösterir haritaya ve hatta Babil kitabelerindeki dünyanın tanımlarına dayanan verilere ulaşıldığı bilinmektedir. Daha sonraki zamanlarda profesyonel anlamda MÖ 200'lü senelerde yine Eski Yunanda meşhur matematikçi, astronom ve coğrafyacı olan Eratosten (Eratosthenes, MÖ 276-

194) bilimsel kartografyanın öncülüğünü yaptığı tespit edilmiştir (Şekil 3.3). Eratosten tarafından çizilmiş harita olan Şekil 3.3 incelendiğinde enlem boylam çizgilerinin paralel ve meridyenlerin öncüleri olarak gösterildiği gözlenmektedir. Bu haritadan sonra haritacılık üzerinde Mısır, Yunan, Roma, İslam vb. topluluklarında farklı araştırmacılar tarafından hem harita yapım metotları hem de harita kapsamı yönünden birçok kazanım elde edilmiştir. Dünya genelinde savaşların çıkması, yeni ülkelerin keşfedilmesi ve ticaretin gelişimiyle okyanusların, sahillerin, ulaşım hatlarının vb. içinde bulunduğu coğrafi bilgilerde de büyük artış yaşanmış ve bu durum kartografya ve CBS'nin gelişimini etkilemiştir (Özdemir, 2017).



Şekil 3. 3. Eratosten tarafından üretilmiş harita (Özdemir, 2017)

Çobanoğlu (2016)'nın kartografyanın tarihsel gelişimini açıkladığı *Kartografya ve Uygulamaları* isimli kitabından kartografyanın tarihçesi şöyle özetlenebilir:

➤ Nesnelerin coğrafi açıdan bağlantılarının belirtildiği ilk gerçek manadaki haritalar ilk uygarlıkların hayata geçtiği Anadolu, Mezopotamya, Mısır, Yunan, Çin, Doğu Akdeniz bölgelerinde hazırlanmıştır. İfade edilen bu haritalar, mağaralar ve yerleşim alanlarındaki duvar resimleri, kil tabletler, ipek, papirüs(deri) parçası üstüne çizilmiş veya sözlü tarif yöntemiyle günümüze kadar gelmiştir. Ukrayna Mezhyrich'te

bulunan harita (MÖ 12.050) ve Konya Çumra ilçesinde olan Çatalhöyük yerleşim yerinin haritası (planı) (MÖ 6200) bilinen en eski haritalardır. Özellikle antik Yunanda matematikçi ve düşünürlerin haritalar ile ilgilendikleri bilinmektedir. Eski Çağ medeniyetinin kurucuları olan eski Yunanlılar, zamanımızın haritacılık/kartografya ilkelerini ortaya koymuşlardır.

➤ İslam dünyasında da coğrafya, harita ve kartografya ilmine ilgi oldukça büyük olmuş ve yaklaşık olarak 1100-1500 seneleri arasında İslam haritacılığı en şatafatlı devrini yaşama şansı elde etmiştir. Orta çağda İslam yerbilimciler vasıtasıyla insanlığa miras olarak kalmış en önemli kartografya çalışması “İdrisi Dünya Haritası”dır.

➤ 16. Yy Türk haritacılık yapısı da kartografyanın gelişiminde önemli bir paya sahip olduğu görülmektedir. Türkler vasıtasıyla hazırlandığı bilenen en eski harita Kaşgarlı Mahmut’un yaptığı dünya haritasıdır. Piri Reis ise 16. Yy’da denizciliğin vazgeçilmez aracı olan kartografya bilimine duyduğu ilgi sayesinde günümüze üç tane eser bırakmıştır. Çizdiği dünya haritaları kartografya disiplini için oldukça önemli eserlerdir. Bu dönemlerde yapılan keşiflerin artması haritacılıkta da artışa ve gelişmeye sebebiyet vermiştir. Haritacılığın gelişmesi ve ilerlemesinde en önemli faktörlerden birisi basım metotlarının gelişimidir. J. Gutenberg (1398-1468) aracılığıyla yapılan matbaanın icat edilmesiyle en başta İncil daha sonra farklı birçok kitap ve ardından haritaların basımı yapılarak çoğaltılması gerçekleşmiştir. Böylece daha çok insanın eline bu eserler ulaşır hale gelmiştir.

➤ 16. ve 18. Yy’lar arasında ölçü ve baskı sistemlerinin gelişiminin gerçekleştiği zamanlar olarak görülmektedir. İlk süreçte en başta deniz haritaları ile hayata geçen harita çizim çalışmaları ardından topoğrafik haritalara yönelmiştir. Deniz haritaları çiziminde bu haritalara derinlik değerleri verilmesi ve sonrasında batimetrik eğrilerin çizilmesi de yapılabilmektedir.

➤ 19. Yy’da ise fotogrametrinin temelleri atılmış ve bu teknik haritacılıkta kullanılmaya başlanmıştır. İlk kez yersel fotogrametri ile hayata geçen faaliyetlerin ardından uçağın icadı ile yerini havai fotogrametriye bırakmıştır. Bu yöntem haritalarda topoğrafyanın münhanilerle gösterimine neden olmuştur.

➤ 20. Yy ölçme, gözlem ve çizim metotlarının değiştiği, geliştiği, elektronik ve bilgisayar platformunun oldukça büyük gelişimler gösterdiği dönem olarak bilinmektedir. Ayrıca bu çağda görülen büyük kriz ve harplerden edinilen derslerden

haritacılık da faydalanmıştır. Universal Transvers Mercator projeksiyonu bu dönemde gelişebilmiştir. Yine bu dönemde uydu sinyalleri ile jeodezik ölçüler, uydudan görüntüler elde edilmesi, bilgisayar temelli fotogrametrik kıymetlendirme, bilgisayar temelli kartografya, CBS teknolojisi işe koşularak haritacılığın ufku fazlasıyla genişleme şansı elde etmiştir (Çobanoğlu, 2016).

➤ Çağdaş Türk haritacılığının temelleri 1895'te Harbiye Nezaretinin Beşinci Şubesine bağlı bir Harita Komisyonunun oluşturulmasına dayanmaktadır. Türkiye'de bu sahada ilk kez resmî bir teşkilatlanmanın kurulması ve modern haritacılık faaliyetlerine başlanması açısından bu durum modern Türk haritacılığının başlangıcı sayılmaktadır. Yine ifade edilen bu tarih, zamanımızda Yasa ile kendisine ülke çapında savunma ve kalkınma amaçlı topoğrafik harita üretme ve yaptırma yetisi verilen Harita Genel Komutanlığının kurulum senesi olarak kabul edilir.

➤ Ardından 1918 yılında MSB'ye bağlı Harita dairesi kurulmuş ve Cumhuriyetin ilanıyla birlikte harita işlerinde büyük çaba harcanmıştır. Harita Dairesi'nin adı 1983'te Harita Genel Komutanlığı olarak değiştirilmiştir.

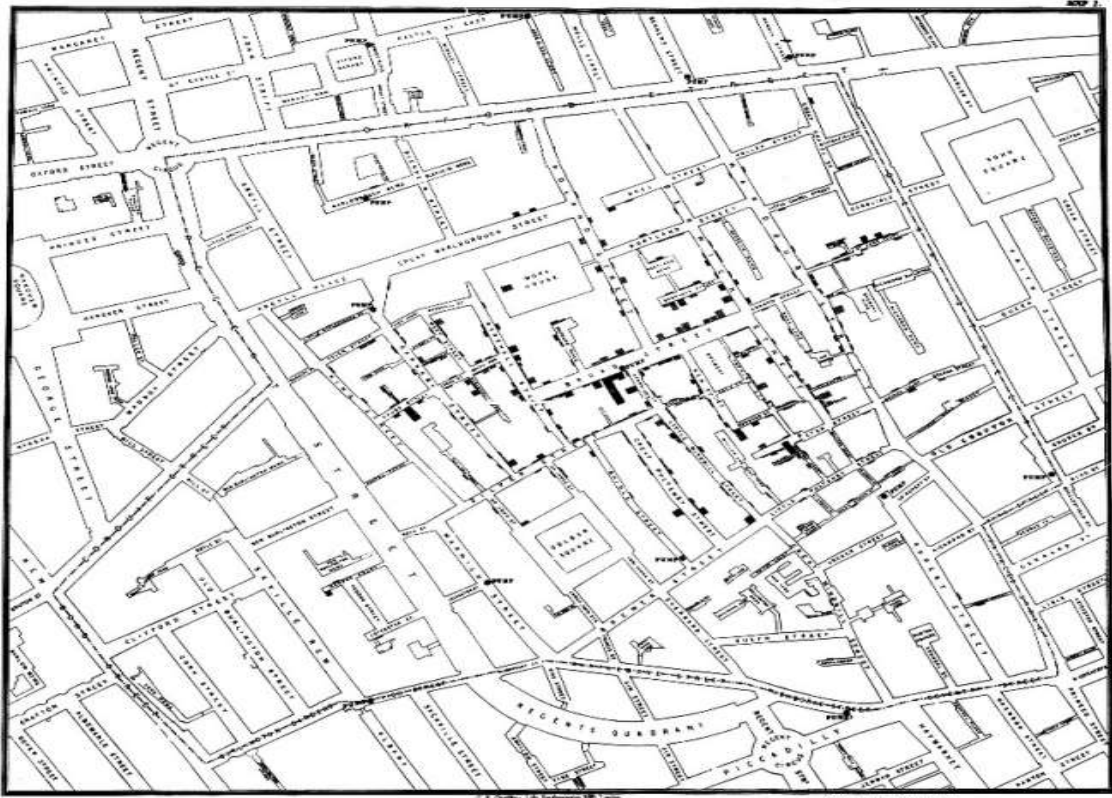
➤ 1970'te ilk plastik kabartma harita üretilmesi startı verilmiştir. 1972'de Ülke'nin 5547 adet 1/25.000 ölçekli takım haritası üretimi tamamlanmıştır.

➤ 1999'dan sonra, Harita Genel Komutanlığında sayısal kartografya faaliyetlerine başlanmış, önce 1/25.000 ardından diğer ölçekli haritalar olmak üzere tüm topoğrafik haritalar ve plastik kabartma haritaları üretilmesinde dijital yöntemler işe koşulmuştur.

➤ 2011'de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde Coğrafi Bilgi Sistemi Genel Müdürlüğü kurulmuştur. 2014 yılında "Piri Reis Harita Gayrimenkul ve CBS Derneği" ve "Harita Mühendisleri İş Adamları Derneği (HARMİAD)" kurulmuştur (Reis, 2014).

Coğrafi bilgi sistemlerinin tarihi temelleri aslında tematik harita veya grafik gibi görsel unsurlara gereksinimin oluşmasıyla birlikte başlamıştır. O dönemlerde bilgisayar kullanılsa da farklı temalı haritalar üretilmesiyle CBS'nin alt yapısı hazırlanmıştır. Bu duruma en dikkat çekici örnek, 1819'da çağdaş istatistiğin ilk tematik haritası, Fransız P. C. Dupin aracılığıyla, siyah beyaz tonlama ve tarama teknikleri ile üretilmiş harita örneğidir. Araştırmacı'nın Fransa toplumunun cehalet ve eğitimsizlik dağılımını anlatmak amacı ile görselleştirdiği harita, CBS'nin temel yapıtaşı olarak tanınmaktadır (Uyguçgil, 2009). Başka bir çalışma ise İngiliz fizik ve epidemiyoloji biliminin önde olan bilim adamlarından ve çağdaş epidemiyolojinin kurucusu olan J. Snow'un 1854

tarihinde Londra’da ortaya çıkan kolera salgının kaynağını ortaya çıkarma maksadıyla üretmiş olduğu tematik haritadır (Şekil 3.4). Araştırmacının bulguları Londra ve dünyanın başka kentlerinde su kaynakları ve atık sistemlerinin geliştirilmesinde, bununla bağlantılı olarak halk sağlığının iyileştirilmesinde dikkat çeken bir ilerleme olmasının önünü açmıştır. Araştırmacı faaliyetinde salgın hastalıkların kontrol edilmesini hedeflemiş ve kolera neticesinde ölümleri noktasal harita olarak işaretlemiştir. 1940’ların sonuna doğru elektronikte gelişmeler ve bilgisayar donanımlarının üretilmesiyle birlikte bilişim teknolojilerinin çağının başlaması, CBS’nin gelişmesini tetikleyen en önemli faktörlerden sayılır. Temel prensip olarak CBS, direkt bilgisayar yazılımına ihtiyaç duymasa da bilgisayar CBS’nin entegre sistemler haline evrilmesinde en önemli parametredir (Uyguçgil, 2009).



Şekil 3. 4. J. Snow tarafından çizilen su kuyuları ve kolera vakalarını gösteren tematik harita (Snow,1855)

CBS uygulamalarının ortaya çıkmasında ve tanınmasında o dönemde Harvard Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı’nda bulunan Computer Lab’in oldukça büyük etkisi gözlenmiştir. Bilişim teknolojilerindeki gelişmeler neticesinde, 1958-1961 dönemleri

arasında Washington Üniversitesi, Coğrafya Bölümü'nde gerçekleştirilen araştırmalar ile gerçek manada bilgisayar temelli CBS'nin kullanım altyapısı oluşturulmuştur.

CBS'nin kurucusu olarak tanınan R. Tomlinson, 1963 tarihinde CBS'yi Kanada Coğrafi Bilgi Sistemi adında hayata geçirmiş, bilgisayar temelli ilk CBS uygulaması olarak tanıtmıştır (Çabuk, 2011). CBS bilgisayar teknolojisinin gelişimiyle eş zamanlı şekilde gelişmiştir. Bilgisayar yazılımlarının 1980'lerden itibaren kullanılmasının artmasıyla, geliştirilen grafik ve haritaların bilgisayarda görsel şekilde daha rahat tasarlanmasına imkân tanımıştır (Batty, 2010). 1990'ların başında ise bilgisayarların güçlenmesi ve donanım maliyetlemesinin azalması ile CBS'de oldukça hızlı bir sürece geçilmiş ve sistemde ardı ardına yenilikler ortaya çıkmaya başlamıştır (Çabuk, 2011). Küresel sektörde yeni CBS yazılımlarının piyasaya sürülmesi bilgisayar temelli haritacılık yapılmasında, bilgisayarda kantitatif modellerin ve mekânsal istatistik işlemlerinin yapılmasında kolaylık sağlamıştır (Batty, 2010).

CBS'nin kavramsal olarak kullanılmaya başlandığı ilk zaman olan 1960'tan bugüne şekillenmesinde ve gelişmesinde etken olan bazı durumlar aşağıda yer alan Şekil 3.4'te sunulmuştur.

Çizelge 3. 3. Coğrafya bilgi sistemlerinin gelişim aşamaları (Özdemir, 2017)

Safha	Dönem	Tanımlama	Bazı karakteristikler
Başlangıç	1960-1975	Öncü çalışmalar	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Birseysel gayretler ön planda ➤ Anabilgisayar mekanizmaları hâkim durumda
Gelişme	1975-1980	Deneme ve Uygulama	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bireysel ve local denemeler ➤ CBS ulusal ajanslar vasıtasıyla teşvik edilmiştir. ➤ CBS konusunda araştırmalar pek çok kez tekrar edilmiştir.
Ticarileşme	1980-2000	Ticari Egemenlik	<ul style="list-style-type: none"> ➤ CBS firmalarının artması ➤ Workstation ve PC sistemlerinin yaygınlaşması ➤ CBS danışmanlarının ortaya çıkması
Kullanımın Yaygınlaşması	2000-günümüz	Kullanıcı Hâkimiyeti Firmaların Yarışı	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Standartlaştırma çalışmaları ➤ PC ve network sistemlerinin kullanımının artması ➤ Bütün donanım platformları için ➤ İnternet haritalarının kullanımı

Çizelge 3.3 incelendiğinde; 1960-1975 arası döneminin CBS için başlangıç ve gelişme dönemi olduğu görülmekte, 1975-1980 yılları arası CBS için deneme ve uygulama dönemi olmuştur. 1980-2000 yılları arasında ise ticari dönem olarak adlandırılan bir dönemle karşılaşmaktadır. 2000 yılı sonrasında CBS tüm alanlarda kullanılmaya başlanmış ve önemli bir uygulama olarak hayatımıza girmiştir (Özdemir, 2017). Bilgisayar teknolojisinin kullanıldığı CBS ilk başta bağımsız kişisel bilgisayarlar üzerinde, ardından ise kurumsal olarak lokal veri ağları ile bağlantılı mekanizmalarda tercih edilmiştir. Zamanımız dijital toplumunda ise, bulut sisteminin gelişmesi ve internetin hızlanması ile CBS küresel olarak tüm dünyada web platformunda konumsal veri işleyen ve paylaşan sistemlerde çalıştırılmaktadır (Çabuk, 2011).

Bilişim teknolojilerinde ve online alandaki revizyonist yaklaşımlar, bilgi üretimi ve kullanımındaki gereksinim ve değişimler devam ettikçe, şüphesiz CBS uygulamalarındaki yoğunluğun her geçen gün artarak devam edeceği önemli bir öngörü olarak değerlendirilmektedir (Özdemir, 2017).

3.1.4. Kartografya ve coğrafi bilgi sistemlerinin bileşenleri

Türkiye’de 1990’lardan itibaren oldukça büyük gelişmelere imza atan bilgi sistemleri, bilgisayar verileri toplama, depolama, görselleştirme ve sunabilme mevzularında teknolojinin sağladığı olanaklardan sonuna kadar yararlanmıştır (Özege vd., 2009). Revizyonist teknolojik imkânlar CBS’nin işlevlerinin de artmasına sebebiyet vermiştir. Böylece CBS yalnızca harita hazırlamaktan ibaret olmadığı aynı zamanda, verilerin dijital ortamda saklanarak, klasik yöntem ve tekniklere göre daha kolay ve hızlı bir biçimde değerlendirilmesine yapılmasına imkân tanıdığı görülmektedir. CBS aracılığıyla elde edilen potansiyel verilerden yeni bilgiler hazırlanabilmekte ve bu bilgilerle bağlantılı olarak farklı pek çok harita hazırlanabilmektedir. Bu doğrultuda veri zenginliği çoğalmakta ve çeşitli CBS yazılımları arasında veri dönüşümü yapılarak yazılım farkının neden olduğu dezavantajların da etkisi minimuma indirgenmektedir. Diğer açıdan CBS vasıtasıyla hazırlanan haritalar yine dijital ortamda kolaylıkla saklanmakta ve zaman zaman ihtiyaç duydukça güncellenmektedir. Böylece verilerin eskimesi ve güncelliğini yitirmesi engellenmektedir (Değerliyurt ve Çabuk, 2015).

CBS uygulamalarının çalışabilmesi ve sağladığı faydalarından istifade edilebilmesi için birtakım bileşenlere ya da elemanlara gereksinim vardır. CBS’yi oluşturan bütün unsurların dengeli bir şekilde çalışması önemlidir. Bu unsurlardan birinin bulunmaması ya da sağlıklı iş görmemesi halinde kurulacak mekanizmanın verimli ve kaliteli çalışması beklenemez (Çabuk, 2011). CBS’nin ifade edilen en temel beş bileşeni aşağıda sıralanmış ve görselleştirilmiştir (Şekil 3.5);

- Personel,
- Veri,
- Donanım,
- Yazılım,
- Yöntemdir.



Şekil 3. 5. Coğrafya bilgi sisteminin temel bileşenleri (Çabuk, 2011)

CBS'nin temel işlevlerinin yerine gelmesini sağlayan 5 temel bileşen aşağıda kısaca özetlenmiştir (Özdemir, 2017 ve Çakır, 2020).

Yazılım (Software): Coğrafyaya ait bilimsel veriyi depolama, saklama, analiz etme ve görüntüleme nitelikleri bulunan CBS yazılımlarıdır. Bu bileşen CBS'nin vazgeçilmez unsurlarındandır. Ancak sistemin sağlıklı işlemesi için yeterli sayılmaz. Verilerin kaydedilmesi ve analizi için gerekli araçları ve veri tabanı yönetim mekanizmasının mutlaka bulunması gerekmektedir.

Donanım (Hardware): CBS yazılımlarının kullanılacağı bilgisayar sistemidir. CBS farklı işletim platformlarında da iş görebilmektedir. Ancak CBS'den iyi performans elde edebilmek için özellikle iyi bir işlemciye ve yoğun veri girişi ve yüksek depolama yapabilen bir hafıza donanımına ihtiyaç vardır.

Veri (Data): Coğrafi datalar ve bu datalarla alakalı sözel veriler CBS'nin omurgasını meydana getirir. Bunlar üretilebildiği gibi ticari olarak da satın alınabilir. CBS için vazgeçilmez bir bileşendir. Bu bileşen olmadan iş ve işlem yapmak mümkün olmamaktadır.

Yöntem (Metot): CBS'de projelerin başarıyı yakalayabilmesi için bazen genel kullanışlı bazen de ilgili projeye özgü metotların bilinmesi ve doğru biçimlerde uygulanması şarttır. Bu yöntemlerin çok iyi biçimlerde planlanması ve tasarlanması lazımdır. Harita geliştirme ve farklı projelere ait kullanımlar için pek çok teknik bulunmaktadır.

Personel (People): CBS’de başka bir önemli bileşen verilerin sisteme kaydını yaparak, çalışmasını sağlayacak, ulaşılan çıktılarını yorumunu yapacak personeldir. Personel olmadan bu işlemlerin yapılması ve problemlerin çözülmesi mümkün değildir. Problemlerle karşılaşan ve bunlara çözüm arayan insan olduğu için CBS aslında insan odaklı bir sistemdir. Bu doğrultuda CBS personeli gerçek zamanlı mekânsal sorunlara çözüm arayana ve çözüme yetisine sahip uzmanlardır (Çakır, 2020).

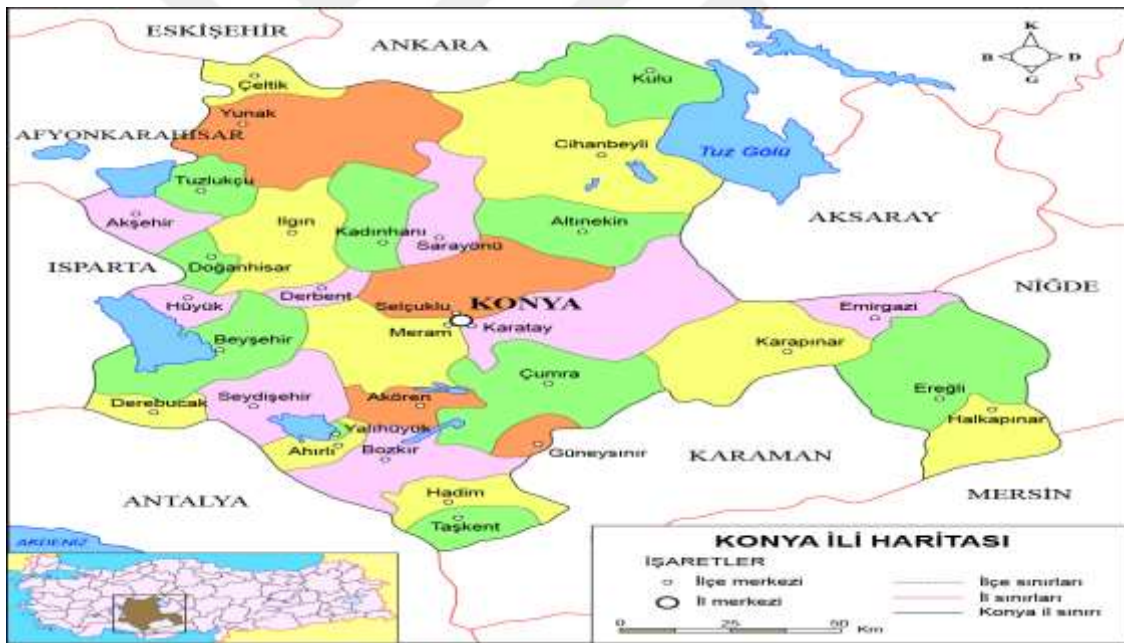


3.2. İncelenen Alanın Özellikleri

Bu bölümde incelenen alan olan Konya ilinin genel özellikleri, topoğrafik özellikleri, jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri, iklim ve meteorolojik özellikleri, toprak özellikleri ve bölgenin su özellikleri incelenerek genel bir çerçeve çizilmiştir.

3.2.1. Çalışma alanının genel özellikleri

Konya ili; Anadolu Yarımadası'nın ortasında yer alan İç Anadolu Bölgesinin güneyinde dendi adı ile anılan Konya bölümünde bulunmaktadır. Konya, 36°41' ve 39°16' kuzey enlemleri ile 31°14' ve 34°26' doğu boylamları arasında yer alır. Yüz ölçümü 38.257 km² (Göller hariç)'dir. Bu alanı ile Türkiye'nin en büyük yüz ölçümüne sahip olan ildir. Ortalama yükseltisi 1.016 m'dir. En yüksek yeri 1080 m ile kent merkezindeki Alaeddin Tepesi, en alçak yeri ise 975 m ile Aslım Bataklığı olarak bilinmektedir (Konya İl Analitik Etüdüleri, 1963).



Şekil 3. 6. Konya ili ve ilçeler haritası (Saygılı, 2016)

İdari açıdan; kuzeyden Ankara, batıdan Isparta, Afyonkarahisar, Eskişehir, güneyden İçel, Karaman, Antalya, doğudan Niğde ve Aksaray illeri ile çevrili bir şehirdir. Konya ili, doğal yönden kuzeyinde Haymana Platosu, kuzeydoğuda Cihanbeyli Platosu ve Tuz Gölü'ne, batısında Beyşehir Gölü'ne ve Akşehir Gölü'ne, güneyinde Sultan Dağları'ndan başlayan Karaman ilinin güneyine kadar süren, Toros yayının iç yamaçları önünde bir fay hattı boyunca oluşmuş volkanik dağlara, doğusunda ise Obruk

platosuna kadar uzanır. Konya şehrinin hudut noktalarını kuzeyinde Kulu'nun Köşkler Köyü, batısında Akşehir'in Değirmen Köyü, güneyinde Taşkent'in Beyreli Köyü, doğusunda ise Halkapınar'ın Delimahmutlu Köyü meydana getirmektedir. Merkez (Meram, Karatay, Selçuklu), Akşehir, Ahırlı, Akören, Altınekin, Beyşehir, Bozkır, Cihanbeyli, Çumra, Çeltik, Doğanhisar, Derebucak, Ereğli, Ermenek, Emirgazi, Güneysınır, Hadim, Höyük, Ilgın, Kadınhanı, Karapınar, Kulu, Sarayönü, Seydişehir, Taşkent, Tuzlukçu, Yalıhöyük, Yunak olmak üzere 31 ilçesi vardır (Konya Büyük Şehir Belediyesi, 2020 ve Konya İl ve Kültür Turizm Müdürlüğü, 2021).

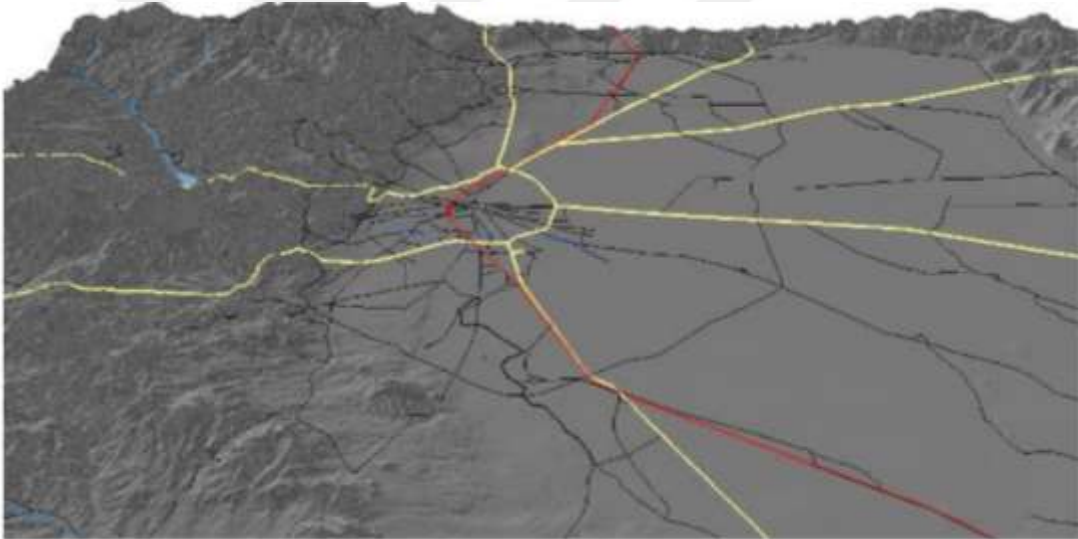
3.2.2. Topoğrafik özellikleri

Konya ili, İç Anadolu'nun neredeyse merkezinde bulunan, etrafı dağlarla çevrili geniş bir çukur içine kurulmuş bir şehirdir. Konya ilinin özellikle kuzey ve batısı sıradağlarla kaplıdır. Konya'nın konumlandığı yörenin bir çanak gibi etrafı sıra dağlarla çevrili olması bu yöredeki hava hareketini ve rüzgârların meydana gelmesini sınırlandırmakta ve özellikle kış mevsiminde kirlenmiş havanın il dışına çıkmasını engelleyerek sis ve dumanın şehir üstünde yoğunlaşmasına ve bu durum neticede hava kirliliğinin çoğalmasına sebebiyet vermektedir (Dursun ve Gürü, 1995).

Konya kentinin güneydoğu, güneyi ve güneybatı tarafları Toros Dağları ve bu dağların uzantıları ile çevrilmiştir. Ereğli etrafındaki Bolkar Dağları Konya'nın en yüksek dağlarıdır ve yüksekliği 3240 m'dir. Güneybatıda 2467 m yükseklikte Geyik Dağı ile Haydar ve Karakuş batı kesiminde; güneydoğudan, güneybatıya doğru uzanan ve Konya ile Isparta'yı birbirinden ayıran 100 km uzunluğundaki Sultandağı bulunmaktadır. Merkez yükseklikte ise Ali Dağı, Seydişehir'de Küpe, Suğla Gölünün kuzeyinde Alacadağ, Erenler, Eğriburun ve Karaçal dağları, Konya'nın batısında yaz mevsiminde üstünde kar olan Loras Dağı (2050 m) ve kuzeye doğru Bozdağ konumlanmıştır. İl sınırları içerisinde bu dağlardan başka volkanik dağlar da yer almaktadır. Bu dağlar Karaman'ın kuzeyinde 2000 m yükseklikte Karadağ, Karapınar'ın doğusunda Karacadağ, Konya Merkezi'nin batısında 1100 m rakım ve üzerinde bir de krater göl bulunan Takkeli Dağ'dır. Konya kenti geniş düzlükler üstünde konumlanmıştır. Şehrin büyük bir bölümü olan yaklaşık %80'i düzlük, kalan kısmı ise dağlıktır. Konya Ovası ile Akşehir, Ereğli ve Cihanbeyli Ovaları bulunmaktadır. Şehrin topoğrafyası, kent sınırının bitişik batısında, Meram yakınında 1250 m'den itibaren çok belirgin bir biçimde batıya doğru yükselmeye başlamaktadır. Kuzey-güney

doğrultusunda uzanan bu eğik düzlemin ova ile kesiti, ovidan bakıldığında çok belli bir çizgi üstünde bulunmakta ve bu yamaçlar İl'in batısında adeta bir duvar oluşturmaktadır. Yükselti batıda Dereköy ve içindeki Loras Dağı 2050 m, bu tepeden batıya doğru Çal Dağı 1750 m'dir. Kent mücavir alanının bitişik kuzeyinde ise doğu-batı yönünde Ankara yoluna, Karaömerler Köyüne kadar sürmekte ve oradan kuzeye dönen tepeler yer almaktadır. Şehrin kuzeyinde doğu-batı yönünde daha alçak bir duvar oluşturan yamaçlar vardır. Bu düzlem Karaömerler Köyü kuzeyindeki tepe ile sınırlanmakta ve tekrar kuzeye çevrilmektedir (Çiftçi vd., 2013).

Araştırma alanının sınırları coğrafi sınırlarla değil siyasi sınırlarla belirlenmiştir. Yer şekilleri görüntüsü nedeniyle şehrin doğu ve güney bölümünde monoton düzlükler biçiminde, batı bölümünde ise; dağlık alanlar olarak iki çeşit topografya arz etmektedir. Eski Konya Gölünün sınırlarına gelen Konya Şehri, sularını denize boşaltmayan "Büyük Konya Kapalı Havzasının" bir parçası içerisindedir (Şekil 3.7) (Aka, 2007).



Şekil 3. 7. Konya şehri topografik yapısı (Çiftçi vd., 2013)

3.2.3. Jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri

Konya ilinin genel itibariyle jeolojik oluşumu incelendiğinde, Kenti'n oluşumunun Ülkemizin havza ve ovalarının oluşumuna oldukça çok benzediği görülmektedir. Türkiye'nin esas bölümünü oluşturan Anadolu'nun her yerinde yüksek dağ ve platolarla çevrilmiş elips biçiminde çukurlar bulunmaktadır. Bu çukur sahalar çerçeveyi meydana getiren dağ ve platolarla beraber özgün birer "Coğrafi Ünite" oluştururlar. Anadolu'nun büyük bölümünde gözlenen havzalar, tabanları alüvyon,

yakın çevresi Neojen, uzak çevresi de Ante-Neojen araziden olan dağ ve platolarla çevrilmiştir. İlk gerçek ortaya çıkışları tektonik olup, ileriki zamanlarda karşılaşılan aşınma ve dolma hareketleri ile bugünkü şekillerine evrilmişlerdir (Ardel, 1965).

Konya ili etrafında 4 jeolojik döneme ait arazi izlerinin bulunduğu ve bu dönemlerin Paleozoik, Mesozoik, Tersiyer ve Kuvaterner dönemler olduğu ifade edilmektedir. Şehir’de zamanımız etkilerini hissettiren araziler ise genellikle 3. ve 4. zaman arazileridir (Aka, 2007). Araştırma alanı olan Kent’te yüzeylenmiş kayalar, tektonik hareketlerle ilişkili olarak kıvrımlı, kırıklı ve naplı yapılar edinmişlerdir. İnceleme yeri Konya ilindeki kayalar, Hersinyen, Alpin ve genç tektonik oluşumlardan etkilendiği bilinmektedir. Yerli kayalarda düzenli bir katmanlaşma gözlenirken alloktona ait kaya birimleri kompleks bir yapı sunmaktadır (MTA, 1998). Tektonik yapıya ait arazi biçimleri ise şehir yerleşim bölgesinin Güney-Kuzey satırları boyunca Batı tarafında bulunmaktadır (Aka, 2007).

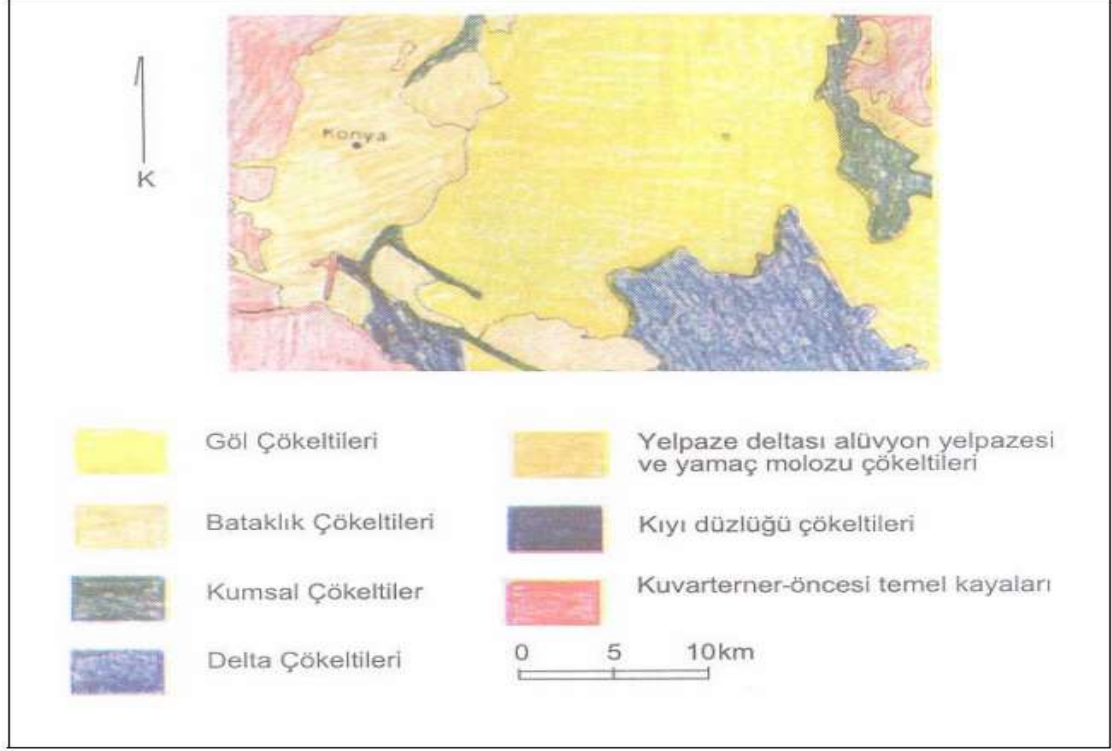
Konya sınırları kapsamında kalan alan, Ülkenin Ana Tektonik Ünitelerinden Orta Anadolu Birliği’nin güney bölümü ile Toros Birliği’nin orta bölümünde bulunmaktadır. Toros Birliği farklı çökme sahalarını yansıtan ve geç Kretase Paleosen (2. zaman sonu 4. zaman başlangıcı) çağında meydana gelen sıkışma kuvvetleri ile üst üste bindirilmiş kütlelerden ileri gelmektedir. Konya sınırlarına dâhil olan alanda bunlardan Bozkır Geyik dağı ve Aladağ kütleleri görülmektedir. Hem Toros Kuşağı’nda, hem de Orta Anadolu birliğinde bölgede yüzeyleyen en yaşlı kayalar olarak Paleozoik (birinci zaman) yaşlı kayaç birimleri Bozkır, Hadim, Seydişehir, Akören, Ahırlı, Beyşehir, Doğanhisar, Kadınhanı bölgelerinde meydana çıkmaktadır. Genelde Paleozoik yaşlı birimlerin bir devamı karakterinde olan Mesozoik (ikinci zaman) yaşlı kayalar ise yaygın olarak Ereğli, Bozkır, Seydişehir, Ahırlı, Akören, Altınekin, Kadınhanı, Beyşehir, Akşehir, Ilgın, Doğanhisar bölgelerinde yüzeylenmektedir. Mesozoik döneminin bitiminde kapanan okyanusun sıkışması ile oluşan dağ oluşumu döneminde Toroslarda kütleler oluşurken okyanus kabuğu parçaları olan ofiyolitler bu kütlelerin arasında, özellikle Konya Meram, Ereğli güneyi, Bozkır güneyi, Karapınar ve Cihanbeyli civarında görülür durum almıştır (Konya İl ve Kültür Turizm Müdürlüğü, 2021).

Tersiyerde (üçüncü zaman) denizin ve gölsel sedimanların yanında yaygın volkanik aktivitelerle daha yaşlı birimlerin üstü kapanmıştır. Denizel sedimanlar Ereğli ve Çumra çevresinde görülür. Konya ili ve çevresi Geç Miyosen (10 milyon yıl)

Pliyosen devrinde blok faylanmalarla çökmeye başlamış ileride bu alanda, şu an da kalıntıları ile karşılaştığımız, (Akgöl ve Hotamış gölü) büyük bir göl meydana getirmiştir. Bu göl, karasal ve göl sel sedimanlar ile doldurularak şimdiki ovalardan Ereğli, Karapınar, Cihanbeyli, Kulu, Sarayönü, Kadınhanı, Konya ili merkez ve çevre ilçeler ile Çumra Ovaları meydana gelmiştir. Bu zamanda ileri gelen volkanik aktiviteler ile Karapınar, Çumra, Akören, Selçuklu civarında Takkeli dağ, Acıgöl, Meke Gölü gibi volkanik yapılar ve tüfler açığa çıkmıştır. Aynı zaman aralığında Ilgın çevrecinde oluşan bir fay ile günümüzde kaplıca olarak tercih edilen sıcak su çıkışları gözlenmiştir. Tüm bu birimler Kuvaterner yaşlı genç karasal sedimanlarla örtülmüştür. Özellikle Konya Ovası ve bunun devamı olarak görülen Ereğli ve Cihanbeyli Ovaları'nda, çok kalın alüvyal depolar yer almaktadır. Konya ilinde Çumra, Ereğli, Cihanbeyli, Akşehir, Yunak ovalarında yaklaşık 20- 100 metre arasında zengin yer altı suyu yer almaktadır. Bazı alanlarda bu su doğal artezyen yapabilmektedir. Bununla birlikte çok sayıda adi kuyu açılmıştır. Genelde tarımsal maksatlarla kullanmak niyetiyle birçok sondaj kuyusunun da kazıldığı görülmektedir (Konya İl ve Kültür Turizm Müdürlüğü, 2021).

(Konya İl ve Kültür Turizm Müdürlüğü, 2021)'a göre Konya'da pek çok tabii göl ve bataklık yer almaktadır. Bu yapıların bazılarının suları acı ve tuzlu, bazılarının ise suları tatlı sudur. Konya ilinde daha çok mevsimlik ve sel rejimli akarsular bulunmaktadır. Bu alandaki akarsuların boyları genellikle kısadır. Konya şehrinin geniş sahaları, kapalı havza olması nedeniyle akarsular ova tabanlarındaki bataklıklarda kaybolmaktadır. Bölgedeki yüzeysel sular kar ve yağmur suları ile beslenmektedir. İl genelinde düzensiz bir yağış rejimi olmasından dolayı bu akarsuların rejiminin de düzensiz olduğu saptanmaktadır. Akarsuların pek çoğu, yaz aylarında yağış eksikliğinden dolayı kurur; fakat genellikle ilkbahar mevsimlerinde kısa süreli oluşan sağanak yağışlar ile sel baskınlarına neden olabilmektedir. Bu nedenle alanda erozyonla mücadele çalışması önemli bir faaliyettir. Bu faaliyetler en çok sel gelen dereler üstüne barajlar kurularak devam ettirilmektedir. May ve Apa barajları bu duruma en güzel örnektir. İl'de akarsuların su toplama havzaları farklı yönlere akış göstermektedir. Bunlardan Yukarı Sakarya Nehri'ne ulaşan Gökpınar Deresi ile Karadeniz'e, Göksu Nehri'nin kuzey kolu olan Hadim Çayı, Manavgat Nehri'nin yukarı havzası çevresindeki dere ve çaylar açık havza özelliğinde olup sularını Akdeniz'e getirirler. Konya şehrinin karstik alanlarında, karstik şekillerden olan obrukların sularla dolması

nedeni ile birçok ufak göl oluşmuştur. Ayrıca volkanik olaylarla da oluşan göller vardır. Bunlar; Acıgöl Maarı ve Meke Gölü'dür. Meke Gölü ise "1. Doğal Sit Alanı" ilan edilmiştir.



Şekil 3. 8. Konya kenti çevresinin sadeleştirilmiş jeoloji haritası(Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005)

3.2.4. İklim ve meteorolojik özellikleri

Konya ilinin iklimi İç Anadolu Bölgesi'nde yoğun olarak gözlenen karasal iklim sınıfına dâhil bir iklimdir. Konya ilinde kış ayları sert, soğuk ve kar yağışlı geçerken; yaz ayları sıcak ve çok kurak geçmektedir. Konya'nın il merkezinde ve yakın ve uzak çevresinde Kent'in iklimini etkileyen etkenler bulunmakta ve iklimi anlayabilmek için bu etkenlerin neler olduğunu bilmek gerekmektedir. Güney Anadolu bölümünde denize paralel olan Toros dağ sathı sıcak ve yağışlı Akdeniz ikliminin bu bölgeye yani iç kısımlara girmesini engellemektedir. Kuzey tarafında bulunan Karadeniz'e olan uzaklık nedeniyle de deniz ikliminin ve nemliliğin Kent'e girmesini engellemektedir. Konya ilinin iklimi tamamıyla Konya Ovası'yla aynıdır. Genel olarak jenetik Akdeniz makrokliması kapsamında bulunur. Yaz ayları olan Temmuz-Ağustos dönemlerinde yaşanan sıcakların ardından Eylül ayı genellikle ılık geçer ve sonra soğukluk yavaş yavaş kendini hissettirmeye ve yağışlar kendini göstermeye başlar. Sert, soğuk ve karlı

bir kış mevsiminden sonra, ilkbahar serin ve yağmur yağışlarıyla geçmektedir (İnan, 1999).

Konya ilinde ilkbaharda karasal kutbi hava kütleleri (kontinental polar hava kütlesi) doğuya doğru çekilir. Bu şekilde batı taraflı depresyonların etkinliği ile İl ve etrafına yağmurlar yağmaktadır. Zira havada ısınma ani ve hızlı olursa Konvektif yağışlar meydana gelir. Bu yağışların adına “kırkikinci yağmurları” adı verilir ve yaklaşık kırk gün boyunca ikinci zamanları oluşur. Yaz aylarında ise kutbi hava kütleleri kuzeye gider. Bu duruma karşılık tropikal hava kütleleri etkin olmaktadır. Bunun yanında çöl kökenli hava kütleleri ise etkilerini çoğaltırsa Bölge’de aşırı kurak iklim koşulları cereyan eder. Fakat bu zaman zarfında kutbi hava kütleleri nüfuz bölgesini artırırsa yağışlar da görülebilecektir. Sonbahar mevsiminde ise havalar oldukça değişkenlik gösterir. Balkanlar üzerinden gelecek gezici depresyonların nedeni ile yağışlar ve kuzey yönlü rüzgârlar oluşabilir. Kış mevsiminde ise kutuplar etrafında meydana gelen karasal ve denizsel hava kütleleri ile tropikal hava kütleleri İç Anadolu tarafında cephe sistemleri oluşturmaktadır. Bu oluşumla bağlantılı olarak il genelinde kar yağışları kendini göstermektedir (Yılmaz, 2005). Konya iline ait bazı iklim verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün resmi internet sitesinden en son güncel şekli ile elde edilmiş ve Çizelge 3.4’de sunulmuştur;

Çizelge 3. 4. Konya ilinin meteorolojik verileri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021)

KONYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1929-2020)													
Ortalama Sıcaklık (C°)	-0.2	1.4	5.5	11.5	15.9	20.1	23.5	23.3	18.8	12.8	6.5	1.7	11.7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (C°)	4.6	7.0	11.7	17.5	22.4	26.7	30.2	30.2	26.0	20.1	13.0	6.6	18.0
Ortalama En Düşük Sıcaklık (C°)	-4.2	-3.3	-0.2	4.3	8.6	12.6	15.9	15.6	11.0	5.9	0.8	-2.3	5.4
Ortalama Güneşleme Süresi (saat)	3.3	4.6	5.9	7.2	9.0	10.7	11.8	11.4	9.7	7.3	5.3	3.2	7.4
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.1	10.0	10.9	11.7	13.0	8.4	3.2	2.6	4.4	7.9	8.2	11.4	102.8
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması(mm)	37.8	28.5	29.1	32.1	43.4	25.7	7.0	6.3	13.4	29.8	32.5	43.6	329.2
Ölçüm Periyodu (1929-2020)													
En Yüksek Sıcaklık (C°)	17.6	23.8	28.9	30.9	34.4	36.7	40.6	39.0	38.8	31.6	25.4	21.8	40.6
En Düşük Sıcaklık (C°)	-28.2	-26.5	-16.4	-8.6	-1.2	1.8	6.0	5.3	-3.0	-8.4	-20.0	-26.0	-28.2

Konya ilinin meteorolojik verileri incelendiğinde; yıllık ortalama sıcaklığın 11,7°C olduğu ve rastlanan en yüksek sıcaklığın 40,6°C, en düşük ise -28,2°C olduğu belirlenmiştir. Yılın ortalama üç ayında ortalama sıcaklık eksilere düşmektedir. Don olayı yaşanan gün sayısı 100'dür. Don olayları genellikle Eylül ile Mayıs ayları arasında yaşanabilmektedir. Ortalama nisbi nem %60'tır. Konya ilinde yaklaşık 23 gün sisli geçmektedir ve ülke genelinde bu durumdan dolayı Konya ön sıralarda bulunmaktadır. Bu durumun en önemli nedenlerinden birisi, kentin bir çanak içinde kurulmuş olmasıdır. İl genelinde yıllık ortalama yağış miktarı 329,2 mm olup, en yüksekli yağışlı ay 43,6 mm ile Aralık ayıdır. Bu değer bazen Mayıs ayında daha büyük olabilmektedir. Yağışlı gün sayısı ortalama 82 gündür.

3.2.5. Toprak özellikleri

Konya kentinde, yağışların durumu ve miktarı, iklim farklılıkları, sıcaklık değişimleri, bitki örtüsü stili, ana kayanın yapısı gibi faktörlerin etkisi ile farklı pek çok toprak tipi ile karşılaşmaktadır. Konya ilinin kurulup geliştiği yer, eski Konya Gölü ve akarsuların taşıdığı alüvyon toprak üzerinde bulunmaktadır. Şehrin büyümesi ve genişlemesi neticesinde etrafındaki kahverengi topraklar ve dağa eteklerinde bulunan kolüvyal topraklardan meydana gelmiş alanların kentin içerisinde kaldığı gözlenmektedir. Mevsimsel şartlar, iklim, Şehrin topografyası ve toprağı meydana getiren kayaçların farklı yanlarından dolayı, Konya'da çeşitli pek çok büyük toprak sınıfı meydana gelmiştir. Bununla birlikte toprak örtüsünden yoksun olan bir takım arazi türleri de gözlenmektedir. Şehir' de en büyük alanı ise, akarsu ve göl kaynaklı maddelerin oluşturduğu alüvyon ve hidrofik alüvyon topraklar meydana getirirler ve ortalama 900–1050 m yükseklikteki taban arazilerde yer alırlar. Bu topraklar, buldukları iklim koşullarına adaptasyon geliştirebilen her çeşit kültür bitkisinin büyümesine katkı sağlayabilecek elverişli ve üretken topraklardır. Zemin araziler ile sarp dağlık alanlar ortasında bulunan, hafif dalgalı arazilerde ise genelde Pliyosen ve Neojen materyallerin bulunduğu kolüvyal topraklar bulunmakta ve bu topraklar yaklaşık olarak 280.000 hektar alan kaplamaktadır (MTA, 1998). Konya ilinde toprakların meydana gelişi en son buzul dönemde soğuk ve kurak mevsim koşullarından dolayı durmuştur. Konya'da günümüzden 14.200–12.200 yılları arasındaki dönemde rüzgârların etkisiyle oluşan kumullardan ve göllerin kenar bölgelerindeki falezlerden rüzgâr faaliyetlerinin büyük etken olduğu bilinmektedir (Atalay, 2005).

Konya ilinde bulunan toprak çeşitleri ve özellikleri şöyledir (Aka, 2007);

1. Kahverengi Topraklar: Bölgenin çok geniş alanlarında yayılımı bulunan topraklardandır. En önemli özelliği, taşlılık, erozyon ve derinliktir (Ayhan vd., 1993).

2. Alüvyal Topraklar: Konya ili çevresinde en çok bulunan toprak türüdür. Akarsuların meydana getirdiği alüvyonlar düz yerlerde yoğunlaşırken, şehir çevresindeki topraklar göl ve akarsu biriktirme şekillerinden ötürü yelpazeler halinde gözlenmektedir.

3. Regosol Topraklar: Konya ili kayacık yöresinde görülen bu topraklar 2. 3. Organize bölge sanayinin geliştiği alanda bulunmaktadır. Gevşek bağıntısı düşük depozitler üstünde meydana gelmiş, kaba bünyeli, aşırı geçirgen, düşük su tutma kapasitesi olan, sığ topraklar olarak bilinmektedir.

4. Hidromorfik alüvyal topraklar; Şehrin doğusunda kötü drenaja sahip olan topraklardır. Tarımsal faaliyete uygun olmamakla birlikte genellikle yerleşim alan olarak tercih edilmektedir.

5. Kalkersiz kahverengi orman toprakları; İlin batısında dağlık alanlarda yer almaktadır Kentin geliştiği alanın dışında bulunan bu topraklar ağaçlandırma alanı olarak kullanılması öngörülmektedir.

6. Kolüvyal Topraklar; Erozyona açık meyli olan ve taşlı topraklardır. İlin batı ve güney kısmında yüksek rakımlı yerlerin eteklerinde görülür.

7. Kırmızı Topraklar (Terra Rosa); Güneybatıdaki Loras dağının yüksek yerlerinde dolin ve uvalaların bünyesinde meydana gelmiş çok küçük bir sahada yer alan topraklardır.

3.2.6. Bölgenin su özellikleri

Konya Havzası; Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde yer almakta, kuzeyden Sakarya ve Kızılırmak, doğudan Kızılırmak ve Seyhan, güneyden Doğu Akdeniz ve batıdan ise Antalya ve Akarçay Havzaları tarafından kuşatılmıştır. Ülke'nin yüzölçümünün yaklaşık %6,4'ünü kaplayan nehir havzasının toplam alanı, 49.786 km²'dir. En önemli akarsulardan birisi, Konya Kapalı Havzasının güneybatısında, Konya kentinde olan Çarşamba Çayı'dır. Çarşamba Çayı, doğu taraflardaki Pınarcık köyü yakınlarında, Beyşehir Kanalı ile birleşerek Beyşehir Gölü'ne akar. Aksaray'ın

Melendiz Dağları'ndan çıkan Melendiz çayı, Konya Kapalı Havzasının bir diğer önemli akarsuyudur. Belısırma ve Ilısu Dereleri ile birleştikten sonra Tuz Gölü'ne dökülmektedir. Aksaray'ın en önemli su varlığı olan ve şehrin içme suyu ile sulama suyu gereksinimini karşılayan Mamasın Baraj Gölü Melendiz Çayı üstüne konumlanmıştır. Konya Havzasında Tuz Gölü ve Beyşehir Gölü olmak üzere iki ana göl yer almaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018).

Ülkemizdeki 25 akarsu havzasından biri olan Konya Havzası, coğrafi konumu nedeniyle Türkiye'nin en az yağış alan bölgelerinden biri olarak tanınmaktadır. Ülkemizde kullanılabilir yüzey su potansiyelinin yalnızca %2'si Konya Havzası'nda bulunmaktadır. Öte taraftan, geniş bir kapalı havza olması sebebiyle Türkiye'nin yeraltı su kapasitesinin yaklaşık %17'sine sahiptir. Bölge'deki toplam senelik kullanılabilir su varlığı 4,365 milyar m³, senelik su tüketimi ise 6,5 milyar m³ düzeyindedir. Bölge'nin su bütçesinde yıllık 2 milyar m³'ü su açığı verildiği gözlenmekte ve bu açığın büyük bir bölümü ise yeraltı suyundan karşılanmaktadır. Bu durum yeraltı su miktarı için önemli tehdit oluşturmakta ve Bölge'nin ekolojik ve tarımsal açıdan sürdürülebilirliğini etkilemektedir. Suda meydana gelen açıklara rağmen su ihtiyacı yüksek tarımsal ürünler olan yonca, mısır, patates ve ayçiçeği tarımsal sahalarda önemli artışların da görülmesi, bölgenin su olayını farklı bir tartışma noktasına taşımaktadır. Bölge'deki tarımsal arazinin büyük bölümünün sulanması salma sulama sistemiyle yapılmakta, yüzey sulamalarında ise açık kanal iletim hatları işe koşulmaktadır. 2012 yılı sonunda Bölge'deki yeraltı su kuyusu miktarının 100 bine ulaştığı, DSİ envanteri kapsamı dışında kalanlarla beraber 130 bine ulaştığı tahmini yapılmaktadır. İfade edilen bu kuyulardan 27.140 tanesi ruhsatlı, diğerleri ise ruhsatsız olduğu belirtilmektedir (Berke, Dıvrak ve Sarısoy, 2014).

Günümüzde yalnızca Konya şehrinde tarım üretimi için senede yaklaşık 4 milyar m³ su kullanıldığı tahmin edilmektedir (KOP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, 2012). KOP Bölgesi'nin bütünü incelendiğinde ise bu miktar 6 milyar m³'e kadar ulaşmaktadır (Sümer, 2012). Hem yerleşim yerleri, hem de endüstri, turizm, ulaştırma gibi sektörlere verilen içme ve kullanma maksatlı suyun da yaklaşık 0,5 milyar m³ civarında olduğu hesaplanmaktadır. Bu nedenle tarım amaçlı su kullanım yüzdesi Konya Kapalı Havzası'nda %90 düzeylerine ulaşmaktadır. Bölge'nin senelik toplam kullanılabilir su arzı ve su kullanımı kıyaslandığında, yıllık su bütçesinde her yıl 2 milyar m³'ü aşan miktarlarda açık verildiği gözlenmektedir. Bahsi geçen bu su bütçesi

açığının büyük bir bölümü, yeraltı suyu statik rezervlerinden alınmakta, bu sebeple yeraltı su depoları maalesef çok büyük hızla tüketilmektedir (Berke vd., 2014).

DSİ güncel veriler ışığında Konya ve bulunduğu havzanın su kaynakları potansiyeli ve karşılaştırması Çizelge 3.5'te sunulmuştur.

Çizelge 3. 5. Konya ve havzasının su kaynakları genel bilgileri ve potansiyeli (DSİ 4. Bölge Müdürlüğü, 2021)

Genel Bilgiler/Su Kaynakları	Konya Havzası	KONYA
Yüzölçümü (km ²)	63.880	39.559
Yıllık ortalama yağış (mm)	398,4	397,9
Ort. akış verimi (l/s/km ²)	3,1	2,5
Ortalama akış/yağış oranı	0,24	0,20
Yerüstü suyu (hm ³ /yıl)	5.949	2.939
Yeraltı suyu (hm ³ /yıl)	2,404	1.508
Toplam Su Potansiyeli	8.353	4.447
Doğal göl yüzeyleri	218.119	167.640
Baraj rezervuar yüzeyleri	8.006	2.830
Seddelemeli rez. yüzeyleri	6.797	6.797
Gölet rezervuarı yüzeyleri	927	774
Akarsu yüzeyleri	233	71
Toplam Su Yüzeyleri	234.082	178.112

Konya ilinde kişi başına düşen ortalama yüzey suyu 670 m³, buna yer altı suları ilave edilirse 1431 m³ olmaktadır. Bu duruma göre araştırma alanı olan Konya ili su azlığı çeken sınıfta bulunmaktadır. Gelecek senelerde gerçekleşecek nüfus artışları da dikkate alındığında ileride yaşayacak nesillerin su azlığı yaşayan bir il sınıfında yaşaması kaçınılmaz olacaktır. Fakat bunun yanında, yeraltı suyu varlığından yaklaşık 2 katı daha fazla su çekilmeye devam edilirse ileriki zamanlarda Konya su kıtlığı çeken il sınıfına girecektir (Olgun, 2011).

Araştırma alanı olan Konya ili kapsamında en önemli hidrolojik unsurlar yeraltı suları, çoğu mevsimlik akış özellikleri olan akarsular ve barajlardır. Kent çevresinde akarsular, eski bataklıklar ve göller hidrografik öğeler olsa da; Konya için en önemlisi yeraltı sularıdır. Dışarıya akışı olmayan kapalı havzanın ise en önemli akarsuları

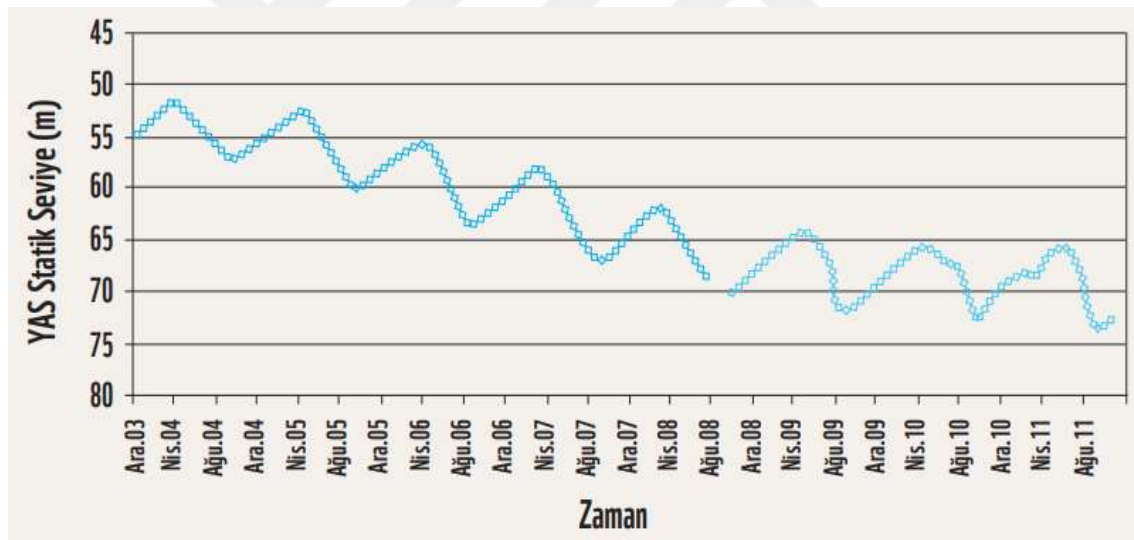
Çarşamba Çayı, Meram Çayı ve Sille Deresi'dir. Konya'nın batısında ve güneyinde araziye taşkınlardan muhafaza etmek ve şehre su temin etmek gayesiyle 4 baraj yapılmıştır. Bunlar; Altınapa, Sille, May ve Apa barajlarıdır. Hidrografik öğelerden olan yeraltı sularının diğerlerine göre daha çok önemli olmasının nedeni ise, Konya ilinin içme suyu ihtiyacının büyük bir bölümü uzun seneler boyunca yeraltı suyundan karşılanmasıdır. Meram ilçesi etrafında bahçe sulamalarını karşılamak ve taşkınları engellemek amacıyla Meram Çayı üstünde hayata geçirilen Altınapa Barajı, yer altı sularının içme suyunu karşılamaması nedeniyle içme suyu olarak kullanılmaya başlanmıştır (Aka, 2007).

Su rezervine ve ihtiyaç haline göre değişmekle beraber, Altınapa Barajı'ndan saniyede 0,7-1,2 m³ su alınabilmektedir. Alınan bu su, tesislerde arıtıldıktan sonra kullanıma sunulmaktadır. Baraja gelen suyu kirletebilecek önemli yerleşim yerleri olan Başarakavak ve Tepeköy'ün kanalizasyonu için, atık su arıtması gerçekleştirilmektedir. Arıtılan sular, bahçe sulamalarında kullanılmaktadır (MTA, 1998). Çayırbağı köyü etrafında 1.150 m kotundan çıkan kaynak suyu ve Mukbil-Beypınarı kaynağı (Kılıçarslan, 1991) Konya kentine içme suyu olarak verilen kaynak sularından bazılarıdır. Kaynaklardan kente önemli miktarda içme suyu sağlanmıştır (Ağacık vd., 1975). Kaynaklardan çıkan sular en kaliteli suları meydana getirdiği için Kent'in tatlı su çeşmelerinde içme suyu olarak da kullanılmaktadır (Aka, 2007).

4. KONYA'NIN YERALTI SU KAYNAKLARI

Yerüstü su membalarının yetersiz olmasına rağmen, paha biçilemez bir yer altı suyu rezervine sahip olan Konya'da, günümüzde kullanılan yer altı suyu kapsamlı olarak jeolojik geçmişin nemli ve serin iklim şartlarında oluşur. Konya'daki yer altı suları daha çok Toroslardan beslenmektedir. Diğer yeraltı suyu besleme kaynakları yağış, akış, sulama suları ve barajlardan kaynaklanan sızıntılardır. Yeraltı suyu akışı güneybatı-kuzeydoğu yönündedir.

Kentleşmenin ve endüstriyel faaliyetlerin artmasının yanı sıra tarımsal üretim için su ihtiyacının bir sonucu olarak, Konya'da yerüstü su membalarının yetersizliğine karşılık giderek daha fazla miktarda yer altı suyu kullanılmaktadır. Ülkemizde Konya Kapalı Havzasının yer altı suyunun en çok kullanıldığı havza olarak öğrenilmektedir. Kuyulardan çekilen yeraltı sularının çoğu geleneksel salma sulama metoduyla tarımsal sulamada kullanılır. Yer altından yüzeye çekilen su limiti her yıl artarken, yer altı su miktarında bir azalma olmaktadır.



Şekil 4. 1. Kuyularda statik seviyedeki azalma örneği (URL5)

Yer altı suyuna ilişkin mevcut datalar, çekilme hızının doğrusal değil, artan bir oranda olduğunu görüntülemektedir. Konya'nın belli yerlerinde yeterli beslenme olmadığı için yeraltı suyunun en alt tabakasında bulunan (fossil su) istifade etmeye başlamışlardır. Bu hal, olası iklim şartları ile beraber düşünüldüğünde Konya'nın yer altı suyu potansiyelinde gelecekte geri dönülemez bir eksilme olacağına belirtiler görünmektedir. Buna dayalı, zemin çökmeleri ve obruk oluşumları gibi diğer problemlerin sıklığının fazlaşması mümkündür.

4.1. Konya'nın Su Bütçesi

Yıllık Türkiye'nin kullanılabilir su rezervesi 112 milyar m³ olarak ön görülmektedir. Senelik ülkemizde %74'ü tarım sektöründe, %15'i ise kullanma ve içme suyu olarak ve %11'i sanayi sektöründe kullanılmaktadır. Tarım alanlarında kullanılan su miktarı toplam kullanıma oranı gelişmiş ülkelerde %30'a kadar düşerken, az gelişmiş ülkelerde %82 seviyesine kadar yükselmektedir. Konya'da geçmişte 1 milyar m³ civarında olduğu belirlenen güvenli yeraltı suyu potansiyeli, DSİ 4. Bölge Müdürlüğü tarafından 2019 yılında KOP Bölgesi'nde yürütülen çalışmalar sonucunda yıllık 2.435 milyar m³'e çıkarmaktadır. Konya'da toplam yıllık kullanılabilir su kaynağı 1.93 milyar m³'ü yüzey suyu ve 2.435 milyar m³'ü yeraltı suyu olmak üzere 4.365 milyar m³'tür (KOP Bölgesi'nde Havza Dışından Su Temini, 2019).

Çizelge 4. 1. Konya'nın yıllık su bütçesi (URL7)

No	Su Arzı	Milyar m ³	Fiili su kullanımı	Milyar m ³	Bütçe Aşımı
A	Yıllık kullanılabilir yüzey suyu potansiyeli	1.93	Yıllık yüzey suyu kullanımı	2-2.5	0-0.5
B	Yıllık kullanılabilir yeraltı suyu potansiyeli (tarım+diğer)	Tarım için(2) Diğerleri(0.435) Toplam(2.435)	Yıllık yeraltı suyu kullanımı(Tarım da)	4-4.5	2-2.5
C	Yıllık toplam kullanılabilir su potansiyeli (A+B+C)	4.365	Yıllık toplam su kullanımı	6.5	2.135

(Göçmez ve İşçioğlu, 2014)'a göre bugün sadece Konya'da tarımsal üretimlerde senede yaklaşık olarak 4 milyar m³ su kullanıldığı düşünülmektedir. KOP Bölgesi'nin bütününe göz atıldığında bu miktar 6 milyar m³'e ulaşmaktadır. Yaklaşık 0.5 milyar m³ içme ve kullanma amaçlı suyun hem yerleşim yerlerine hem de sanayi, turizm ve ulaşım gibi sektörlerle sunulduğu tahmin edilmektedir. Dolayısıyla Konya Kapalı Havzası'nda

tarımsal su kullanım oranı %90'a yükselmektedir. Konya'nın senelik toplam kullanılabilir su temini ve su kullanımı karşılaştırıldığında, senelik su bütçesinde 2 milyar m³'ün üzerinde bir açık olduğu görülmektedir. Söz konusu su bütçe açığının büyük bir kısmı yeraltı suyu statik rezervlerinden karşılanmakta ve dolayısıyla yeraltı suyu rezervleri hızla bitmektedir. Diğer bir deyişle, her sene yeraltı sularından ekstra ve kontrolsüz su çekilerek Havza'nın senelik su bütçesinin yaklaşık olarak yarısı kullanılıyor. Dolayısıyla Havza'ya çevresel sürdürülebilirlikten hızla uzaklaşmaktadır.

4.2. Konya'nın Sektörel Su Kullanımı

4.2.1. Kentsel ve endüstriyel su kullanımı

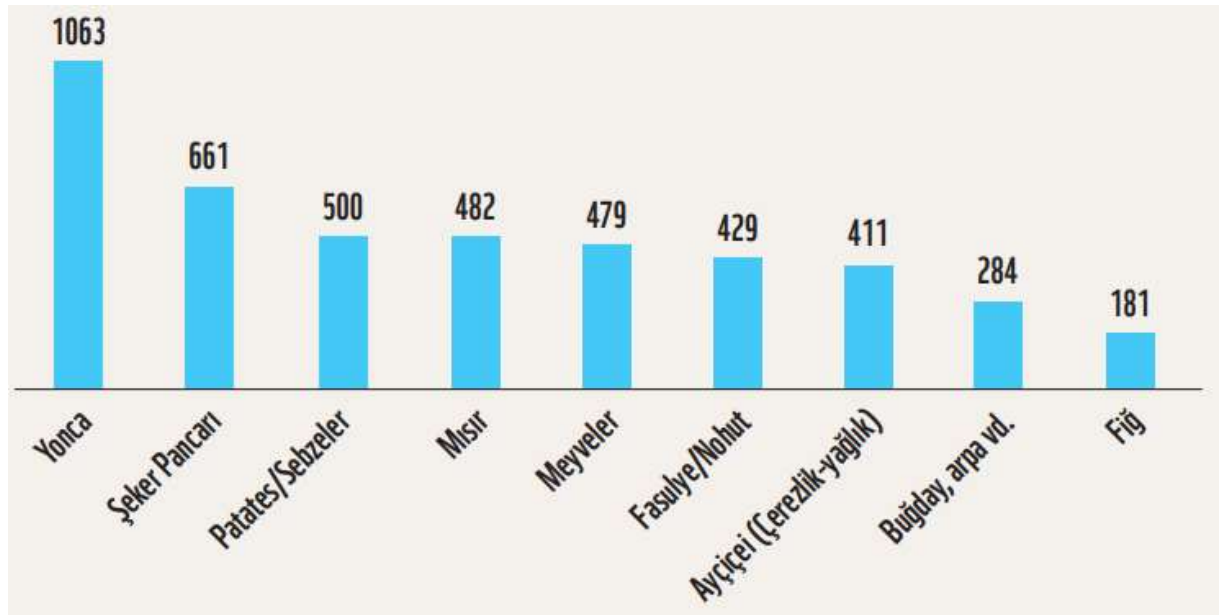
Konya ilinin su gereksinimi Altınapa Barajı, yeraltı suları ve çevredeki Dutlu, Çayırbağı ve Beypınarı gibi bazı kaynaklardan sağlanmaktadır. 2020 sene sonunda Konya'nın il popülasyonu 1 milyona, ilin senelik su ihtiyacı ise 70 milyon m³'e ulaşmıştır. Konya Ovası Projeleri kapsamında Konya'ya 130 milyon m³, Karaman'a 22 milyon m³ ve Aksaray'a 12 milyon m³ olmak üzere toplam 164 milyon m³ su sağlanması planlanmaktadır. Bu seviyenin 42 milyon m³'ü işletmede, geri kalan 122 milyon m³'ü ise yapım halindedir. Sanayi yerlerinin kullanma ve içme suyu il şebekelerinden temin edilmektedir. Konya'da turizm, sanayi ve ulaşım sektörlerinin kullanma ve içme suyu ihtiyacının toplamda yaklaşık 500 milyon m³ olduğu düşünülmektedir. DSİ 4. Bölge Müdürlüğü'nün planında KOP Bölgesi yeraltı su potansiyelinin 435 milyar m³'ü kullanma-içme, hayvansal içme suyu ve sanayi gereksinimlerini giderilmesi için ayrılmıştır (URL1).

4.2.2. Tarımsal su kullanımı

KOP olduğu yerlerde 2,9 milyon hektar civarında tarım arazisi ile Türkiye'nin toplam tarım arazisinin %12'sini ve sulanan bölgelerin %16'sını oluşturur. Bölgedeki 50 ilçe merkeziyle Aksaray, Niğde ve Karaman il merkezlerinde hayatını sürdürenlerin %50'den fazlasının, Konya il merkezinde barınanların ise en az %30'unun direkt veya indirekt olarak tarımsal üretim gelirin'e bağlıdır. Konya Valiliği ve Mevlana Kalkınma Ajansı'na göre Konya'da istihdam edilen nüfusun %62,4'ü tarım sektöründedir ve tarımsal işletme sayısı yaklaşık 109 bine ulaşmaktadır. KOP alanlarındaki tarım

arazilerinin %30'u (865.059 hektar) civarında sulanmakta olup, %70'i (1.995.417 hektar) kuru tarımdır (URL8).

Son 15-20 yılda kamu yatırımlarına paralel olarak sulama alanları da yükselmektedir. 20. yüzyılın ortalarından itibaren Konya'nın gelişmesinde kilit rol oynayan şeker pancarının yanı sıra sebze, meyve, mısır, yonca ve patates gibi su ihtiyacı yüksek bitkilerin ekilmesi yaygınlaşmıştır. Son senelerde Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın "Fark Ödemesi Desteklemeleri" kapsamında verdiği yardımlarla özellikle ayçiçeği ekim alanları hızla yükselmeye başlamıştır. Dolayısıyla sulama alanlarının açılmasıyla birlikte meyvesiz ve meyveli ağaç yetiştiriciliği de gelişmektedir.



Şekil 4. 2. Ürünlerin net sulama suyu ihtiyaçları (URL 6)

Örneğin; Konya'da toplam ekilecek alanın %40'ı sulu tarımdır ve sulanan tarım alanlarının %45'inde halen serin iklim bitkileri yetiştirilmesine rağmen, alanın %55'inde şeker pancarı, patates, yonca, mısır, fasulye ve ayçiçeği gibi su tüketimi yüksek ürünler üretilmektedir. TÜİK verilerine göre 2021 yılında Konya'da ayçiçeğinin %98,5'i, buğday ve arpanın ise %23,5'i sulu tarım ile üretilmiştir. Konya'da bitkilere verilen su miktarının, bitkilerin net su ihtiyacından daha fazla olduğu bilinmektedir. Konya'da 2018-2021 yılları arasında su tüketimi yüksek ürünler olan yonca, mısır, patates ve ayçiçeği ekim alanlarında kayda değer bir yükseliş olmuştur. Bu yükseliş 2021 yılında hızlanarak 2018 yılına göre patates ekim alanının iki katına, mısır ve ayçiçeği ekim alanının ise yaklaşık üç katına yükselmesine sebep olmuştur. Öte yandan daha az su tüketen arpa ve buğday ekim-biçim alanları azalmaktadır. TÜİK verilerine göre 2021

yılında Türkiye’de mısır üretiminin %52,8’i, buğday üretiminin %10,9’u, ayçiçeği üretiminin %19,8’i ve şeker pancarı üretiminin %38,4’ü KOP illerinde yapılmaktadır (URL6).

Çizelge 4. 2. Konya ili ürün deseni değişimi (URL 6)

Ekim Alanı(ha)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Değişim (2016-2021)
Buğday-Arpa	1.144.491	1.086.435	934.891	971.834	999.461	880.063	%-23
Şeker Pancarı	64.543	79.754	85.992	77.306	70.338	65.570	%2
Patates	5.810	7.041	8.747	8.595	9.354	13.660	%135
Yunca	10.269	17.148	10.269	18.907	19.812	21.392	%108
Kuru Fasulye	13.058	13.859	16.268	20.429	16.556	16.171	%24
Mısır	22.242	23.508	23.159	25.429	16.556	59.387	%24
Ayçiçek	20.747	15.793	18.123	25.900	36.720	61.079	%194

KOP Bölgesi’nde senelik yaklaşık 6 milyar m³ su tarımsal sulama için kullanılır. KOP İdaresi tarafından yapılan hesaplama göre alana uygun bitki desenleri ve modern sulama teknikleri uygulansa bile var olan tarım bölgelerinin tamamının (3 milyar hektar) sulanması için yılda yaklaşık 15 milyar m³ sulama suyuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum Konya’nın senelik su bütçesinin dört katının sağlanması gerekecektir. Bu rakam, Türkiye’deki mevcut senelik su kullanımının (44 milyar m³) 1/3’üne tekabül etmektedir (URL6).

Çizelge 4. 3. Konya ilinin ilçe bazında yetiştirilen bitkiler (URL 9)

İLÇE ADI	EKİLEN BİTKİLER	ÜRÜN SAYIS	
		2020	2021
Akşehir	Aspir, Arpa, Mısır, Buğday, Patates, Kuru Fasulye, Triticale, Nohut, Ayçiçeği, Yulaf, Yem Bitkileri	8	11

Altınekin	Arpa, Ayçiçeği, Buğday, Nohut, Mısır, Kuru Fasulye, Mercimek, Triticale, Patates, Yem Bitkileri	7	10
Ahırlı	Ayçiçeği, Arpa, Triticale, Aspir, Buğday, Mısır, Nohut, Kanola, Yem Bitkileri	6	9
Akören	Buğday, Mısır, Arpa, Aspir, Nohut, Triticale, Yem Bitkileri, Ayçiçeği, Patates, Kuru Fasulye	8	11
Bozkır	Nohut, Mercimek, Arpa, Buğday, Kanola, Yem Bitkileri, Triticale	6	8
Beyşehir	Ayçiçeği, Patates, Yem Bitkileri, Arpa, Buğday, Aspir, Mercimek, Kuru Fasulye, Mısır, Nohut	7	11
Cihanbeyli	Ayçiçeği, Buğday, Arpa Mısır, Aspir, Yem Bitkileri, Kuru Fasulye, Patates, Nohut, Mercimek, Triticale	7	10
Çumra	Buğday, Mısır, Kanola, Kuru Fasulye, Soğan, Arpa, Ayçiçeği, Aspir, Yem Bitkileri, Patates	9	11
Çeltik	Ayçiçeği, Arpa, Buğday, Yem Bitkileri, Patates, Mısır, Kanola, Kuru Fasulye, Nohut, Triticale	9	10
Derebucak	Buğday, Arpa, Patates, Kuru Fasulye, Nohut, Triticale, Yem Bitkileri, Yulaf	7	9
Derbent	Buğday, Kuru Fasulye, Arpa, Aspir, Yem Bitkileri, Nohut, Triticale	6	7
Doğanhisar	Ayçiçeği, Arpa, Kanola, Buğday, Patates, Kuru Fasulye, Nohut, Triticale, Yem Bitkileri	7	9
Emirgazi	Çavdar, Arpa, Buğday, Kanola, Yem Bitkileri, Mısır, Nohut, Triticale	5	7
Ereğli	Ayçiçeği, Arpa, Buğday, Soğan, Çavdar, Triticale, Mısır, Nohut, Yem Bitkileri, Patates, Kuru Fasulye,	7	10
Güneysınır	Ayçiçeği, Arpa, Buğday, Nohut, Aspir, Mısır, Kuru	6	7

	Fasulye, Yem Bitkileri		
Hadim	Kuru Fasulye, Yem Bitkileri, Arpa, Tritikale, Buğday, Nohut	6	7
Halkapınar	Yem Bitkileri, Arpa, Çavdar, Buğday, Nohut, Kuru Fasulye, Tritikale	5	8
Hüyük	Ayçiçeği, Arpa, Buğday, Mercimek, Patates, Nohut, Tritikale, Yem Bitkileri	5	7
İlgin	Ayçiçeği, Arpa, Aspir, Patates, Yem Bitkileri, Buğday, Yulaf, Mısır, Nohut, Tritikale, Fasulye	7	10
Kadınhanı	Ayçiçeği, Arpa, Mısır, Aspir, Yulaf, Buğday, Fasulye, Patates, Nohut, Yem Bitkileri, Tritikale,	9	10
Karapınar	Ayçiçeği, Nohut, Arpa, Patates, Buğday, Yem Bitkileri, Çavdar, Kanola, Kuru Fasulye, Tritikale Mısır	7	10
Karatay	Ayçiçeği, Arpa, Patates, Nohut, Tritikale, Aspir, Buğday, Yem Bitkileri, Mısır, Kanola, Kuru Fasulye	8	10
Kulu	Ayçiçeği, Arpa, Nohut, Aspir, Yulaf, Buğday, Mercimek, Çavdar, Kuru Fasulye, Tritikale, Yem Bitkileri	7	10
Meram	Ayçiçeği Arpa, Yem Bitkileri, Yulaf, Aspir, Patates, Nohut, Buğday, Mısır, Kuru Fasulye, Tritikale	8	12
Sarayönü	Ayçiçeği Arpa, Yem Bitkileri, Aspir, Patates, Buğday, Yulaf, Mısır, Nohut, Tritikale, Kuru Fasulye	7	10
Selçuklu	Ayçiçeği Arpa, Patates, Buğday, Yem Bitkileri, Mısır, Kanola, Kuru Fasulye, Tritikale, Nohut	8	11
Seydişehir	Ayçiçeği, Arpa, Patates, Yem Bitkileri, Buğday, Nohut, Mısır, Kuru Fasulye, Tritikale, Soğan	6	9
Taşkent	Nohut, Buğday, Arpa, Yem Bitkileri, Çavdar, Tritikale	6	7

Tuzlukçu	Ayçiçeği, Arpa, Buğday, Patates, Aspir, Çavdar, Mısır, Kuru Fasulye, Yulaf, Nohut, Yem Bitkileri	8	10
Yalılıyük	Buğday, Arpa, Nohut, Kanola, Yem Bitkileri, Kuru Fasulye, Tritikale	5	7
Yunak	Ayçiçeği, Aspir, Arpa, Patates, Buğday, Mısır, Kanola, Nohut, Kuru Fasulye, Tritikale, Yem Bitkileri	8	10

4.3. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (IDW)

Bilinen örnek noktaların değerleri yardımıyla örneklenmemiş noktaların hücre değerlerini belirlemek için kullanışlı bir enterpolasyon yöntemidir. Hücre değeri, ilgili hücrelerden uzaklaşan farklı noktalardan dikkate alınarak ve mesafenin artmasına dayalı olarak hesaplanmaktadır. Tahmini değerler, yakındaki noktaların mesafesinin ve boyutunun bir ölçüsüdür. Mesafe arttıkça tahmin edilecek hücrenin önemi ve etkisi azalmaktadır. Bu teknik genel dağılım, anizotropi ve eğilim kümelenme gibi nitelikler incelenmektedir. Dataların değerlendirilmesi ve karşılaştırılması yalnızca yerel olarak yapılmaktadır. Deterministik bir tekniktir. Ağırlıklı hareketli ortalama, enterpolasyon için popüler olarak kullanılmakta olan bir yaklaşım olarak bilinmektedir. Değişik ağırlıklı fonksiyonların varyantları kullanılmıştır, fakat IDW, CBS sistemlerinde yaygın biçimde kullanılmaktadır. IDW, verilerin değerlerini pekiştiren eksiksiz bir enterpolasyon üreticisidir.

(Göğsu ve Hastoğlu, 2019)'a göre standart IDW tekniğinde $N=\{X,Y,Z\}$ nokta kümesi içerdiği alanda $P(x,y)$ lokasyondaki enterpolasyon noktalarının yüksekliği,

$$Z_e = \frac{\sum_{i=1}^n S_i * Z_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (4.1)$$

Denklemleri ile hesaplanmaktadır. Denklemlerde (x,y,z) lokasyondaki noktaların yükseklik değerini, z dayanak noktasının yüksekliği, S ağırlık değerleri, n nokta sayılarını belirtmektedir. (4.1) numaralı denklemde S 'nin ağırlık değeri, dayanak noktası ile enterpolasyon noktaları arasındaki mesafelerin (d) fonksiyon işlevi olarak,

$$S_i = \frac{1}{d_i^p}, i = 1, 2, 3, 4 \dots \quad p = 1, 2, 3, 4 \quad (4.2)$$

denklemden hesaplanır. Fonksiyonda p güç parametre değeri arttıkça uzak noktaların hesaplamaya etkisi azalmaktadır. Başka bir deyişle, uzak noktalardan elde edilecek verilerin enterpolasyon noktalarının bulunduğu yerdir. Yüzeyin lokasyonda modellenmesinde olumsuz etkilerin en aza indirilmesi hedeflenmektedir. Literatürde popüler olarak p güç parametresinin değerinin 2 olarak kullanıldığı görülmektedir. Fonksiyonda (d) dayanak noktası ile enterpolasyon noktası arasındaki mesafeyi temsil etmektedir.

$$d_i = \sqrt{(x_e - X_i)^2 + (y_e - Y_i)^2} \quad (4.3)$$

denkliğinden hesaplanmaktadır.

Standart IDW yönteminde dayanak noktası seçiminde herhangi bir kısıtlama görülmemektedir. Çalışma alanındaki tüm noktaların hesaplamalara dâhil edilmesi hem hesaplama zorluklarına neden olur hem de enterpolasyon noktasının tahmin edilen değerini negatif etkileyebilir. Pratikte hesaplamalar genellikle interpolasyon nokta merkezli dikdörtgen ya da daire alan içindeki dayanak noktalarına göre yapılır (Göğsu ve Hastoğlu, 2019).

4.3.1. Potansiyel hidrojen (pH) dağılımı

(Ölmez ve Saraç, 2009)'a göre pH asitlik ve bazikliğın bir göstergesi olarak nadiren sorunlara neden olmaktadır. Sulama suyu için tercih aralığı 6.5-8.4 arasındadır. Bunun dışında pH değeri olan su besin elementleri arasında istikrarsızlığa sebep olabilir ya da zararlı bir iyon bulunduruyor olabilir. Düşük tuzlu sular (200 mS/cm den az) istenen değerin dışında olabilir. Bu vaziyet çok büyük bir sıkıntı yaratmaz yalnız iyonlar arasında dengesizlikler olabileceğinden kullanıcı yine de suyu laboratuvar ortamında testlere tabi tutmalıdır. Bu tür sular bitki ve toprak üzerinde kritik problemlere sebep olmasa bile çok yıpratıcı oldukları için sulama sistemini teşkil borularına, kontrol birimine ve yağmurlama başlıklarına hasar verebilmektedir.

Toprakların tamponlama yeteneğı yüksek olduğundan sulama suyundan etkilenmesi uzun zaman alır. Toprağın tamponlama yeteneğı yüksek olduğundan sulama suyundan etkilenmesi uzun zaman almaktadır. Eğer toprak etkilenirse suyun pH değerini onarmaya çalışmaktansa toprağın pH değerini onarmak daha doğru bir karar olacaktır. Genel olarak, pH değeri düşük ve kireci fazla pH'a onarmak için sülfür ve diğır asit bazlı bileşikler kullanılmaktadır. Alçı, kalsiyumun oluştuğı hallerde işe

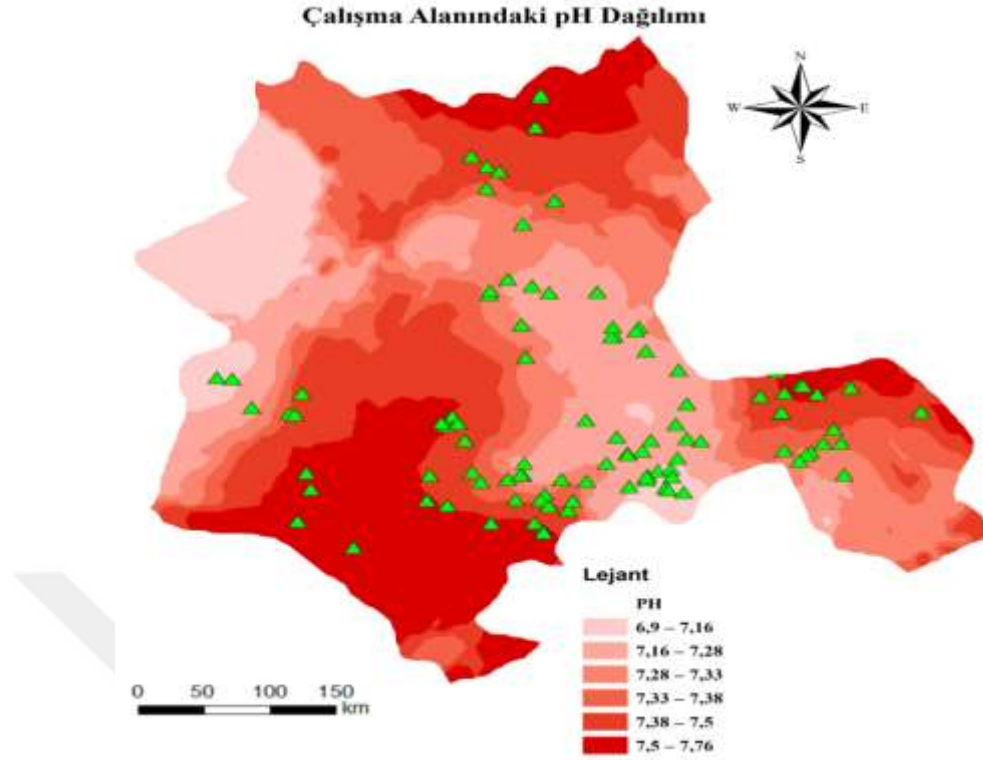
yaramaz, Yalnız sodyum bazlı problemlerin çözümünde kullanılabilir (Sönmez, 2013).

Çizelge 4. 4. Suların pH değerlerine göre sınıflandırılması (Taşan, 2021)

Reaksiyon	pH Değeri	Reaksiyon	pH Değeri
Fevkalade asit	<4.5	Nötr	6.6-7.3
Çok kuvvetli asit	4.5-5	Hafif kalevi	7.4-7.8
Kuvvetli asit	5.1-5.5	Orta derece kalevi	7.9-8.4
Orta derecede asit	5.6-6	Kuvvetli kalevi	8.5-9.0
Hafif asit	6.1-6.5	Çok Kuvvetli kalevi	>9.1

Çizelge 4. 5. Bazı bitkilerde bitki besin maddelerinin alımında optimum (Namlı, 2012)

Bitki Adı	pH Değeri
Buğday	5.5 - 7.0
Arpa	5.5 - 7.0
Yonca	6.0 - 7.0
Elma	5.5 - 7.5
Lahana	5.5 - 7.0
Havuç	5.5 - 7.0
Mısır	5.5 - 7.0
Pamuk	5.5 - 6.5
Salatalık	5.5 - 6.5
Marul	6.0 - 7.0
Yulaf	5.5 - 7.0
Soğan	6.0 - 6.5
Bezeliye	6.0 - 7.0
Biber	5.5 - 6.5
Patates	5.5 - 6.5
Ispanak	6.0 - 7.0
Kabak	5.5 - 6.5
Çilek	5.5 - 7.0
Domates	5.5 - 7.0



Şekil 4. 3. Çalışma alanındaki sulara pH dağılımı

Şekil 4.3'te pH değerlerinden elde edilen dağılım haritalarına bakıldığında Selçuklu, Meram, Karatay, Altınekin Cihanbeyli, Çumra, Eğirli, Karapınar, Halkpınar ve Hüyük ilçelerinin yeraltı suyun pH değerlerine göre buğday, arpa, mısır, ayçiçeği, kanola, kuru, fasulye, nohut, yem bitkileri, patates ve tritikale gibi ürünlerin yetiştirilmesinde herhangi bir sorun görülmemektedir. Ayrıca ilin bazı bölgelerinde Emirgazi, Kulu, Beyşehir, Seydişehir ve Ahırlı ilçelerinde pH değerinin yüksek olduğu nedeniyle bitki üretilmesi uygun görülmemektedir. Son olarak Konya illinin bazı semtlerinde sondaj kuyular bulunmamaktadır. Bunlar Sarayönü, Kadınhanı, Ilgın, Derbent, Doğanhisar, Akşehir, Tuzlukça, Yunak ve Çeltik olmak üzeredir.

4.3.2. Elektriksel iletkenlik (EC) dağılımı

Bir çözeltinin elektriği iletme yeteneğine o çözeltinin iletkenliği denilmektedir. Çoğunlukla iletkenlik doğrudan toplam çözünen molekül miktarına bağlıdır. Suda iletkenlik testinin belirli aralıklarla sürekli olarak yapılması suyun saflığı hakkında bilgi verilmesini sağlar. Yüksek nitelikli suların iletkenliği genellikle 55 mS/cm, içme suyunda 5-50 mS/cm ve deniz suyunda ise 50 mS/cm olmak üzeredir.

Çizelge 4. 6. EC değerleriyle ilişkili su sınıfları (Erdoğan ve Dağdelen, 2012)

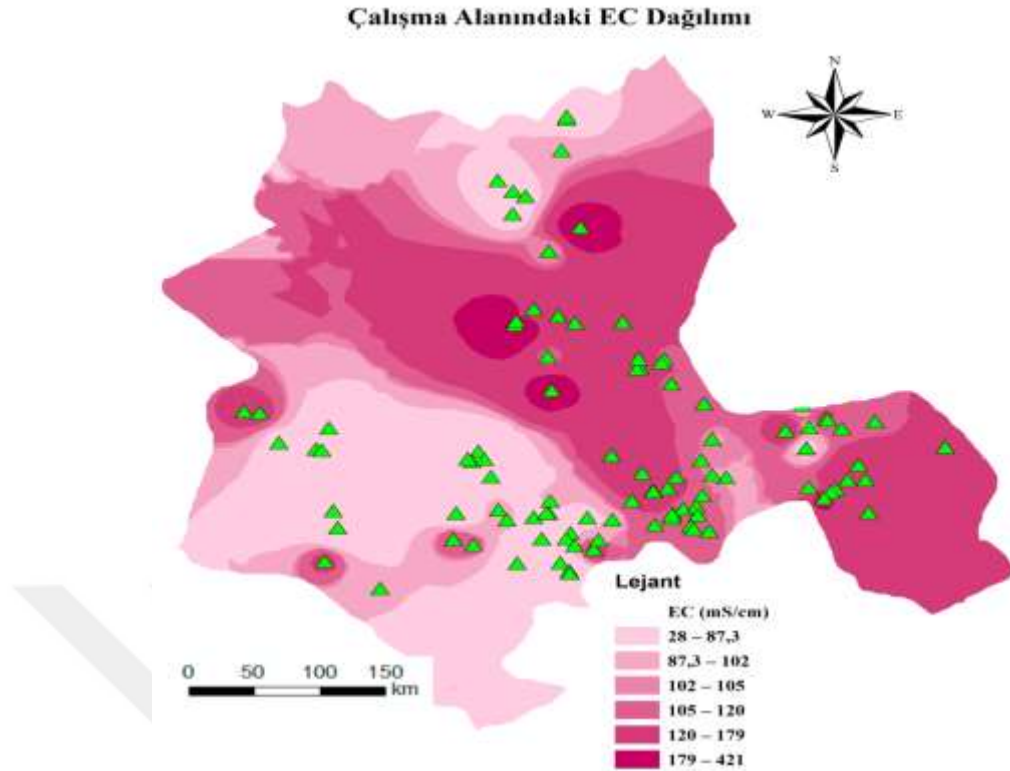
SINIFI	EC mS/cm
(C1) Az Tuzlu Su	0-250
(C2) Orta Tuzlu Su	250-750
(C3) Yüksek Tuzlu Su	750-2250
(C4) Çok Yüksek Tuzlu Su	2250-5000

C1 (Az Tuzlu Sular): Elektriksel iletkenlik değerleri 0-250 milisiemens/santimetre (mS/cm) arasında olup her bitki ve toprak için uygundur, tuzluluk sorunu yaratmadan içme ve sulama suyu olarak kullanılabilir. Örneğin: Soğan, Fasulye, Çilek, Marul gibi birçok bitki bu az tuzlu sulardan yararlanabilir.

C2 (Orta Tuzlu Sular): EC değeri 250–750 mS/cm arasındadır. Yalnız tuza orta derecede hassas olan bitkilerde yıkamaya dikkat edilmelidir ve bu sular sulama suyu olarak kullanılabilir. Örneğin: Greyfurt, Portakal, Kaysı, Erik, patates, Salatalık, Lahana, Mısır, Yonca gibi bitkiler sulanabilir.

C3 (Yüksek Tuzlu Sular): EC değeri 750-2250 mS/cm arasında ve çok miktarda tuz içerirler. Sürekli kullanıldığında tuzluluk sorununa yol açmamak için her sulama suyuna bir miktar yıkama suyu uygulanmalı ve büyütülecek bitki tuza dayanabilir olmalıdır. Özel olarak drenaj şartlarının yeterli görülmediği bölgelerde kullanılmamalıdır. Uygun bitki ve toprak koşullarında kullanılabilir. Örneğin: Buğday, arpa, şeker pancarı, darı, pamuk, gazal boynuzu, ayçiçeği gibi pek çok bitkiler bu sudan yararlanabilir.

C4 (Çok Yüksek Tuzlu Sular): EC değeri 2250-5000 mS/cm'den yüksek olan ve normal şartlarda bu sular sulamaya uygun görülmemektedir. Bu sular yalnızca drenajı ve toprak geçirgenliği çok iyi olan topraklarda, tuza çok dayanıklı bitkiler yetiştirmek ve bol miktarda yıkama suyu uygulamak şartıyla kullanılabilir. Sulama açısından çok önemli bir sulama suyu değildir.

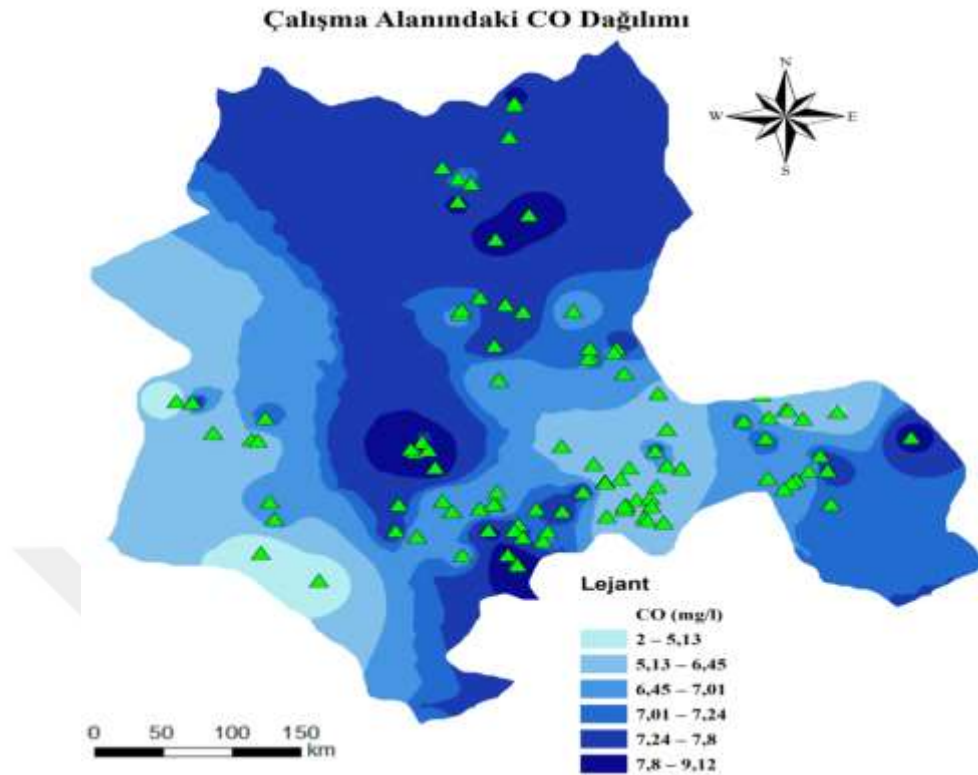


Şekil 4. 4. Çalışma alanındaki sularda EC dağılımı

Şekil 4.4'te EC değerlerinden elde edilen EC dağılım haritasına bakıldığında Konya şehrinin neredeyse hiç, çok yüksek tuzlu sular yeraltında görülmemektedir. Dolayısıyla yeraltı su kaynaklarından yararlanarak ayçiçeği, buğday, nohut, arpa, mısır, kanola, kuru fasulye, tritikale, patates, yem bitkileri gibi birçok bitki türleri yetiştirilebilmesi mümkündür.

4.3.3. Kobalt (CO) dağılımı

Kobalt, tutum olarak nikel ve demire benzeyen ve yer kabuğunun %0,001'ini oluşturan ağır bir metaldir. Kullanım yerleri seramik, petrol, boya, mürekkep, elektronik sanayi ve askeri bölgeler olarak sıralanabilmektedir. Kobalt hayvanlar ve insanlar, prokaryotlar için temel bir element olmasına rağmen bitkilerdeki işlevi bütün olarak anlayamamıştır. Ancak az dozlarda uygulanan kobaltın bitki verim ve kalitesinde yükseliş sağladığı bildirilmiştir. Domates bitkileri için nütrient çözeltisinde 0.1 mg/L'de toksiktir. Nötr ve alkalın toprak tarafından tutulma çabasıdadır (Okudan, 2009).



Şekil 4. 5. Çalışma alanındaki sularda CO dağılımı

Şekil 4.5'te Konya ilinin sondaj kuyularından CO değerlerinden elde edilen dağılım haritasına göz gezdirildiğinde CO'nun yüksek (+9mg/l) olduğu yerler koyu tonlu ve düşük (2,00 mg/l) açık renkli olarak görülmekte ve saf kobalt doğada çok nadirdir. (Okudan, 2009)'a göre kobaltın bulunması ve işlenmesi zor işlemler gerektirmektedir. Çeşitli bileşiklerle birlikte ayık edilebilir veya bazı işlemlerden sonra kobalt elde edilir. Örneğin kobalt, kükürlü filizler ve arsenik kavurma işlemlerinden sonra elde edilir. Arsenik, demir, nikel, bakır, manganez ve çinko cevherlerinden yan ürün olarak elde edilebilmektedir.

4.3.4. Sodyum (Na) dağılımı

(Ayers, Westcot ve Ünlükara, 1989)'a göre bitkiler yapraklarında sodyum biriktirerek ya da onu yapraklardan dışarı atarak sodyuma çok değişik tepki vermektedir. Yüksek sodyum ya da yüksek SAR ile bitkilerde yüksek klorun neden olduğu semptomları ayırt etmek çok zordur. Yüksek sodyum durumunda, fazla klorda yaprak uçlarının yanmasına karşı önce yaprakların kenarları yanmaya başlayacaktır. Yanık semptomları yaşlı yaprakların kenarlarında ilk ortaya çıkar ve toksisite derecesi

yükseldikçe damarlar boyunca ortaya çıkmaktadır. Ayrıca aşırı sodyum toprağın fiziksel strüktürünü bozduğu için indirekt olarak bitki büyümesini engellemektedir. Sulama suyunun teşkil edecek zararını belirlemek için sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) kullanılmaktadır.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \quad (5.4)$$

Çizelge 4. 7. Na değerleriyle ilişkili su sınıfları (Güllüoğlu, 2006)

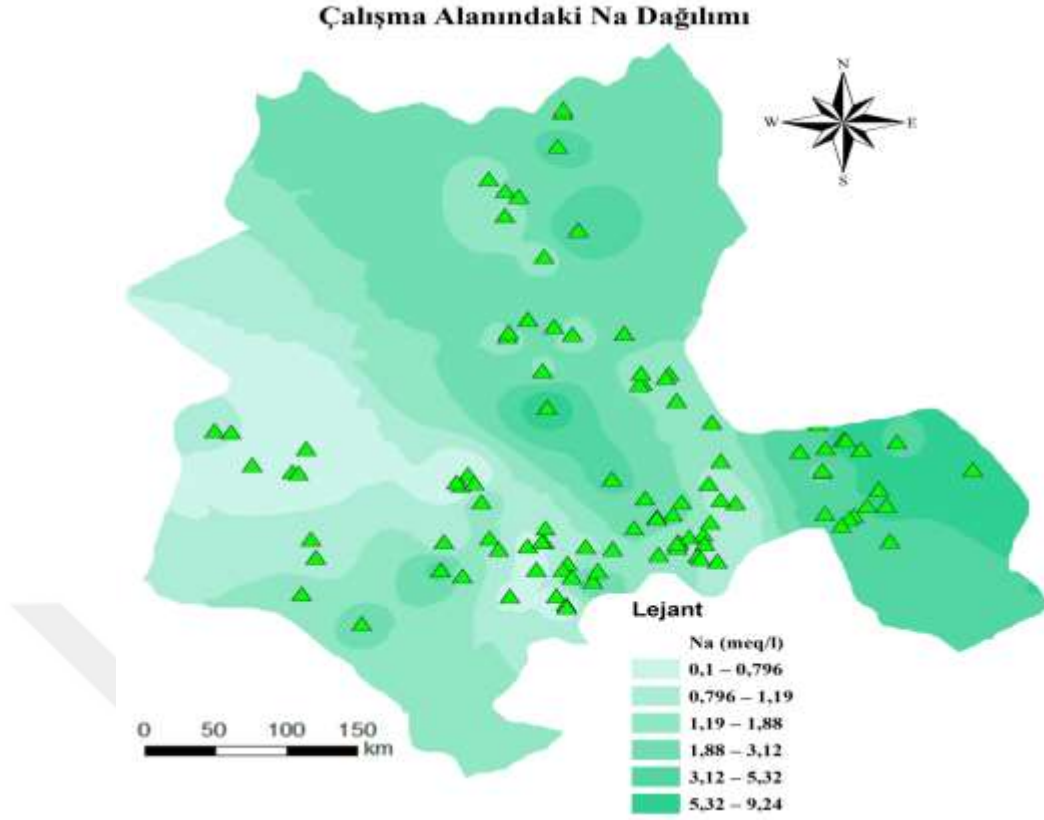
SINIFI	SAR	Durum
(A1) Az Sodyumlu Su	0 -10	Mükemmel
(A2) Orta Sodyumlu Su	10 – 18	İyi
(A3) Yüksek Sodyumlu Su	18 – 26	İzin verilebilir
(A4) Çok Yüksek Sodyumlu Su	>26	Uygun değil

A1) Az Sodyumlu Sular: Bu gruptaki sular her türlü bitki ve toprakta kullanılabilmesi öngörülmektedir. Bitkiye ve toprağa herhangi bir hasar vermeyecek ve bu sular aynı anda içme suyu olarak da kullanılabilir. Örneğin; Avokado gibi sodyuma duyarlı bitkiler için dikkat gerektir.

A2) Orta Sodyumlu Su: İnce bünyeli (killi ve yüksek katyon değiştirme kapasitesine sahip) topraklarda, özellikle az yıkama şartlarında hissedilir derecede bir alakalılık tehlikesi ortaya çıkar. Toprakta jips mevcut ise durum daha az tehlikelidir. Bu sular kaba bünyeli (kumlu) ve geçirgenliği iyi olan organik (türbiyer) topraklarda kullanılabilir.

A3) Yüksek Sodyumlu Sular: Geçirgenliği yüksek kumlu topraklarda kullanılabilmekte ve toprak tuzluluğu da düşük olmalıdır. Genel olarak bu suların uygun drenaj, organik madde ilavesi ve aşırı toprak yıkaması yapılmadan kullanılması sakıncalıdır. Alçı içermeyen topraklarda kimyasal iyileştirici molekül kullanılmalıdır.

A4) Çok Yüksek Sodyumlu Sular: Bu sular kullanılmaya uygun görülmemektedir. Ancak toplam tuz içeriği düşük ve çözünür Ca içeriği yüksek olan topraklarda yıkama ile beraber kimyasal iyileştirici molekül uygulanması şartıyla birlikte kullanılabilir.



Şekil 4. 6. Çalışma alanındaki sularda Na dağılımı

Şekil 4.6'da DSİ'den elde edilen sondaj kuyu datalarına göre Na dağılım haritası oluşturulmuştur. Bilginiz üzere Konya bir tarım şehri olduğu için yeraltı suyunda Na değeri çok yüksek olmadığı bilinmektedir ve sadece birkaç ilçe dışında yeraltı sularında her hangi bir sorun gözükmemektedir. Bazı sondaj kuyu sularında yüksek Na olduğu ilçeler Ereğli, Selçuklu, Cihanbeyli olmak üzere bu kuyuların suyundan ekim-biçime uygun olmadığını söylenmektedir. Ancak geri kalan ilçelerde her türlü bitki için sondaj kuyu suyundan istifade edebilmektedir. Çoğunlukla bu ilçelerde ayçiçeği, arpa, kuru fasulye, buğday, mısır, çavdar, patates, nohut, yem bitkileri, yulaf ve benzeri tahıllar yetiştirilmesi söz konusudur.

Çizelge 4. 8. Bazı bitkilerin sodyuma karşı gösterdikleri dirençler (URL 9)

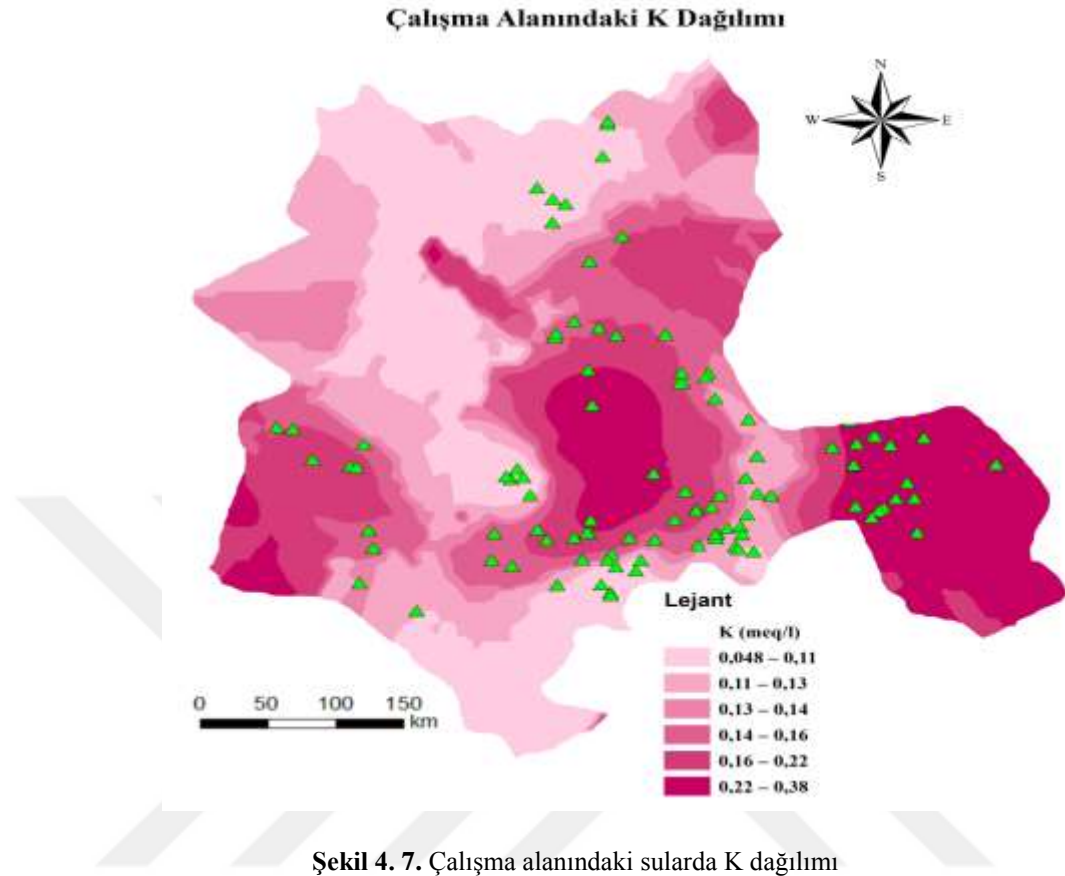
Duyarlı	Yarı Dayanıklı	Dayanıklı
Avokado	Havuç	Yonca
Yap. Döken meyve	Üçgül	Arpa
Yeşil fasulye	Şeker kamışı	Şekerpancarı
Pamuk	Soğan	Çim
Mısır	Çeltik	Pamuk
Bezelye	Sorgum	Çayırotu
Altıntop	Ispanak	
Portakal	Domates	
Şeftali	Buğday	
Mercimek		
Yer fıstığı		
Böğrülce		

4.3.5. Potasyum (K) dağılımı

Bitkilerin potasyumu alma şekli K^+ iyonları şeklindedir. Azottan sonra bitkilerin en çok ihtiyaç duyduğu besin potasyumdur. Bitki besin maddelerinden biri olan potasyumun bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı tepkilerini etkilediğini ve bitki sağlığının belirlenmesinde önemli olduğunu açıklamaktadır. Potasyumun dokuların sertliğini ve bitkinin morfolojisini etkilediğini gözlemlemiştir. Bu nedenle potasyumdaki farklılık hastalık ve zararlılara karşı direnci tesir etmektedir. Özellikle potasyum eksikliğinde stomadaki açılma ve kapanma metabolizmasının olumsuz etkilendiğini gözlemlemişlerdir. Stomalar uzun süre açık kaldığında bitki içindeki bakteri ve mantar patojenlerinde artış göstermektedir. Elde edilen veriler sonucunda potasyumla beslenmenin bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı direncinin artmasında ciddi rol oynadığını açıklanmaktadır (URL 10).

Potasyum, bitkilerde kök gelişimi ve olgunlaşma üzerinde olumlu etkiye sahiptir, bitkilerde yatmayı önler, soğuğa karşı direnci arttırır, erken gelişmeye katkıda bulunur, azotun aktivitelerini arttırır, hastalık ve zararlılara karşı direnci yüksek oranda etkiler. Bu aktiviteler ile potasyum ürün miktarına olumlu etki yapar. Bu nedenlerle

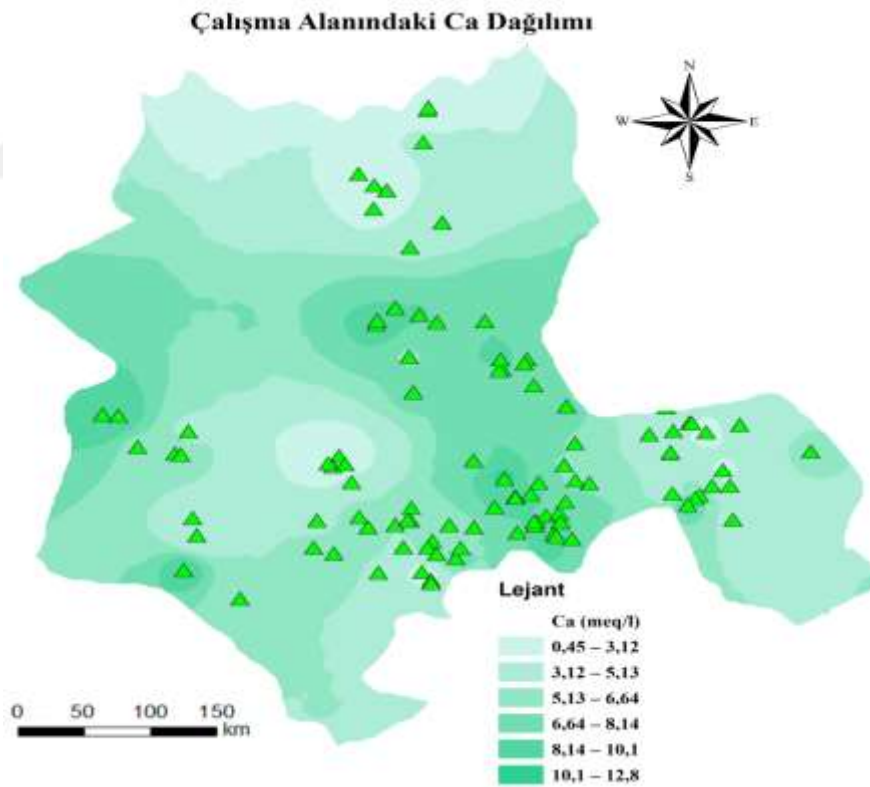
potasyumlu gübrelerin toprak ve su analizleri doğrultusunda ülkemizdeki gübreleme programlarına dâhil edilmesi gerektiğini ifade etmiştir.



Şekil 4.7’de K değerlerinden elde edilen haritaya bakıldığında Konya yeraltı su kaynaklarında göze çarpan bir sorun olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla potasyum protein kapsamalarını yükseltmek amacıyla gıda ve yem bitkilerinin nütrient değerini artırır ve kaliteyi pozitif olarak etkilemektedir. (Kacar, 2005)’a göre meralardaki baklagil bitkileri, daha uzun süre daha sağlıklı ve güçlü büyümelerine yardımcı olur ve yem bitkilerinin daha kaliteli olmasını sağlar. Tahılların homojen erken olgunlaşmasını sağlayarak mısır ve diğer tahıl ürünlerinin kalitesini artırır. Bitkilerde hastalık ve zararlılara karşı direnci artırırken soya fasulyesi ve benzeri bitki tohumlarında çekmeyi önleyerek kaliteyi olumlu yönde artırır. Sebze ve meyvelerin daha renkli ve canlı görünmesini sağlayarak kalitesini artırır. Son olarak Konya’nın sayılı ilçelerinde kuru fasulye, mercimek, nohut, tritikale, yem bitkileri, çilek, elma ve benzeri gibi bitkiler yetiştirilmektedir.

4.3.6. Kalsiyum (Ca) dağılımı

Bitki gelişimi ve büyümesi için gerekli minerallerden biri olan kalsiyum, bitkilerdeki çoğu fizyolojik ve biyokimyasal süreçte kayda değer bir elementtir. Bor ile benzer fonksiyonlara sahip olan kalsiyum, seçici iyon alımı, hücre duvarı, hücre uzaması, hücre bölünmesi, polen çimlenmesi ve polen tüplerinin büyümesi, membran geçirgenliği ve stabilitesi için gerekli bir elementtir. Kalsiyum, bitki hücre duvarının mühim bir parçasıdır ve yeni hücre oluşumu için gereklidir. Bakteriyel ve viral hastalıklara karşı direnci artırır. Yaprak ve kök büyümesini düzenleyen çeşitli enzim sistemlerini harekete geçirir. Kalsiyum eksikliği doğada nadirdir, fakat düşük baz doygunluğu veya yüksek asidik birikimi olan topraklarda ortaya çıkabilir. Hem kalsiyum eksikliği hem de yüksek konsantrasyonları lokal hücre ölümüne neden olduğundan, bitki boyunca kalsiyum taşınması sıkı kontrol altındadır. Kalsiyum eksikliği olan koşullarda yetiştirilen bitkilerin bitki patojenlerine karşı daha duyarlı oldukları belirlenmiştir (Gürbüz, 2021).



Şekil 4. 8. Çalışma alanındaki sularda Ca dağılımı

Şekil 4.8'e bakıldığında Konya ilinin ilçelerinde bulunan sondaj kuyu değerlerinden elde edilen Ca dağılım haritası oluşturulmuştur. Bölgelerde koyu renkli olduğu yerlerde K değerini yüksek (+12 meq/l) ve açık renkli olduğu yerlerde is düşük

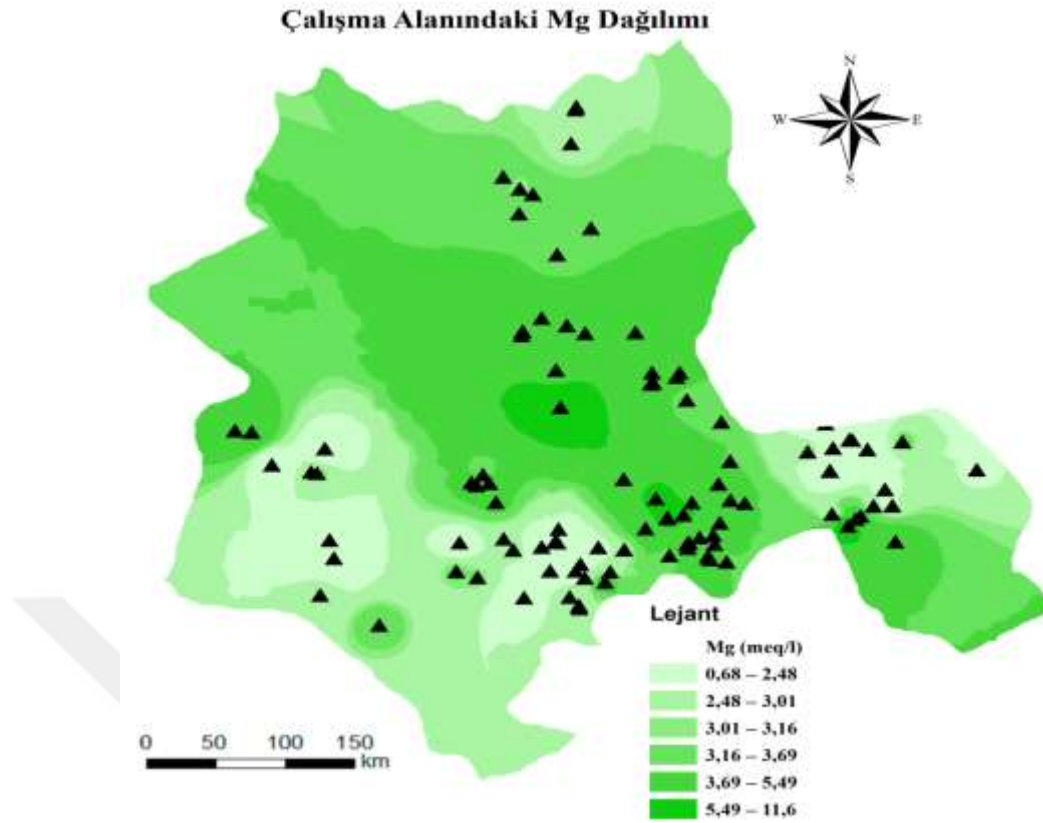
(0,45 meq/l) olduğu görülmektedir. Dolayısıyla Ca katyonunun sulama sularında fazla oranda bulunması istenmektedir. Çünkü, kalsiyum katyonu toprakta alkaliliği yok etmekle ve toprağın fiziksel özelliklerini onarmaktadır.

(Canlı 2014)'a göre su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre Ca için bir ölçüt belirtilmemiştir ancak literatüre göre Ca'un sulama suyundaki uygun seviyesi 0-20 meq/l olarak belirtilmiştir Buna göre DSİ'den elde edilen Ca değeri 0-20 meq/l arasında olduğundan sulama suyu olarak kullanılabilen ve yeraltı suların bütün bitkilere kullanılması uygun görülmektedir.

4.3.7. Magnezyum (Mg) dağılımı

Magnezyum bitkilerde aktive bir besin maddesi olduğu için yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınabilir. Bu nedenle magnezyum noksanlığı belirtileri öncelikle yaşlı yapraklarda görülür ve yaprak damarları yeşildir, yaprakların damarları arasında benekli bir görünüm oluşur ve bitkilerin yapraklarında kloroz oluşturmaktadır.

(Kaçar ve İnal, 2010)'a göre magnezyum eksikliğinde; Protein sentezi olumsuz bir şekilde etkilenir. Magnezyum noksanlığına daha çok sızma tehlikesi bulunan topraklarda rastlanmaktadır. Ayrıca çok miktarda potasyumlu gübre uygulanan bitkilerde de magnezyum noksanlığı görülmektedir. Magnezyum noksanlığında bitkilerde yaprakların yukarı kıvrılması, zayıf gövde, uzun tüylü kökler, meyvelerin hasattan önce dökülmesi gibi belirtiler görülmektedir. Fazla magnezyum nadir görülen bir durumdur. Magnezyum fazlalığının olumsuz etkilerinden biri de K ve Ca besinlerinin alımını engellemesidir. Ayrıca bitkilerde bulunan Magnezyum fazlalığı özellikle kuraklık stresinde fotosentez oluşumunu ve bitki büyümesini engellemektedir.



Şekil 4. 9. Çalışma alanındaki sularda Mg dağılım

Şekil 4.9’da elde edilen datalar yardımıyla çalışma alanındaki sondaj kuyularının Mg dağılım haritası gösterilmektedir. Çalışma alanında bulunan Mg değerinin en düşük (0,68 meq/l) olduğu açık renk tonlu ve yüksek (11,6 meq/l) olduğu yerler ise koyu renk tonlu olarak görülmektedir. Sulama suyunda Mg değeri 0-5 meq/l olması gerekmektedir. Konya ilinin Selçuklu, Karapınar, Doğanhisar, Güneysınır ilçelerinde bulunan kuyularında Mg değeri yüksek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu bölgelerde ekim-biçim için bu kuyulardan suyun kullanılması sakıncalı olduğu bilinmektedir. Genel olarak ilin geri kalan bölgelerinde bitki yetiştirmemeye her hangi bir neden bulunmamaktadır. Son olarak bu ilçelerde genelde ayçiçeği, arpa, mısır, aspir, buğday, kuru fasulye, çavdar, patates, nohut, yem bitkileri ve yulaf gibi bitkiler yetiştirilmektedir.

4.3.8. Klor (Cl) dağılımı

(Erdoğan ve Dağdelen, 2012)’a göre en yaygın toksiklik sulama suyundaki klorlardan kaynaklanır ve klor toprakta tutulmaz veya emilmez. Böylece bitkiler tarafından

alınan, bitki terleme akımında taşınan ve yapraklarda biriken su ile kolaylıkla taşınır. Yapraklardaki klor konsantrasyonu bitki toleransını aşarsa yaprak yanıklığı veya yaprak dokularının kuruması gibi hasar belirtileri gelişir. Normalde bitki hasarı öncelikle yaprak uçlarında başlar ve şiddeti arttıkça yaprak uçlarından yaprak kenarları boyunca geriye doğru ilerler. Sulanan alanlar için, klor alımı sadece su kalitesine değil, aynı zamanda meydana gelen sızıntı miktarı tarafından kontrol edilen toprak kloruna ve bitkilerin kloru alma kabiliyetine bağlıdır. Bitki klor toleransları tuzluluk toleransları kadar iyi belgelenmemiştir.

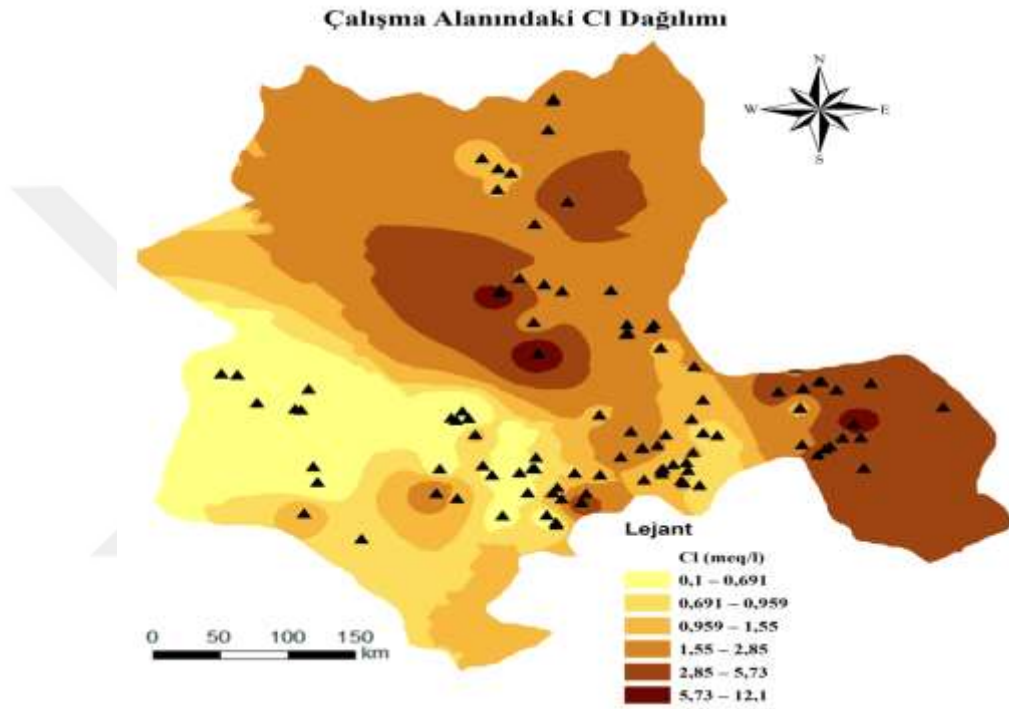
Çizelge 4. 9. Baz bitkilerin sulama suyundaki Cl'e karşı toleransı (URL9)

Bitki Adı	Sulama Suyundaki Klor(Cl)'a Karşı Tolerans
Erik	Çok hassas
Üzüm	Dayanıklı
Soğan	Orta Hassas
Patates	Dayanıklı
Buğday	Dayanıklı
Çilek	Çok Hassas
Havuç	Dayanıklı
Turp	Orta Hassas
Marul	Orta hassas
Arpa	Çok Dayanıklı
Mısır	Orta Hassas
Karnabahar	Dayanıklı
Şeker Pancarı	Dayanıklı
Tütün	Dayanıklı

Tablo 4.9'da birkaç bitkinin Sulama Suyundaki Cl'a Karşı Toleransı bahsedilmektedir. Örneğin tütün, klora karşı toleranslı olmasına rağmen sulama suyu klor seviyeleri yükselirse, depolama ömrü kısaldıkça daha fazla istenmeyen yaprak yanıklığı özelliği kazanır. Bu, tütünün piyasa değerini büyük ölçüde düşürmektedir.

Çizelge 4. 10. Cl değerleriyle ilişkili sınıflandırılması (Taşan, 2021)

No	Cl (meq/l)	Durum
1	0-4	Mükemmel
2	4-7	İyi
3	7-12	İzin verilebilir
4	12-20	Şüpheli
5	>20	Uygun değil



Şekil 4. 10. Çalışma alanındaki sularda Cl dağılımı

Şekil 4.10'da Konya'da bulunan sondaj kuyularından elde edilen veriler yardımıyla Cl dağılım haritası oluşturulmuştur. Haritaya bakıldığında Cl değerleri çok yüksek olmadığı ve bütün bitkiler bu kuyu sularından kullanabilir. Ancak tablo 4.9'da görüldüğü gibi bazı bitkiler erik ve çilek çok hassas olduğu, soğan, trüf, marul ve mısır orta hassas ve geri kalan bitkiler Cl karşı çok dayanıklı olduğu bilinmektedir.

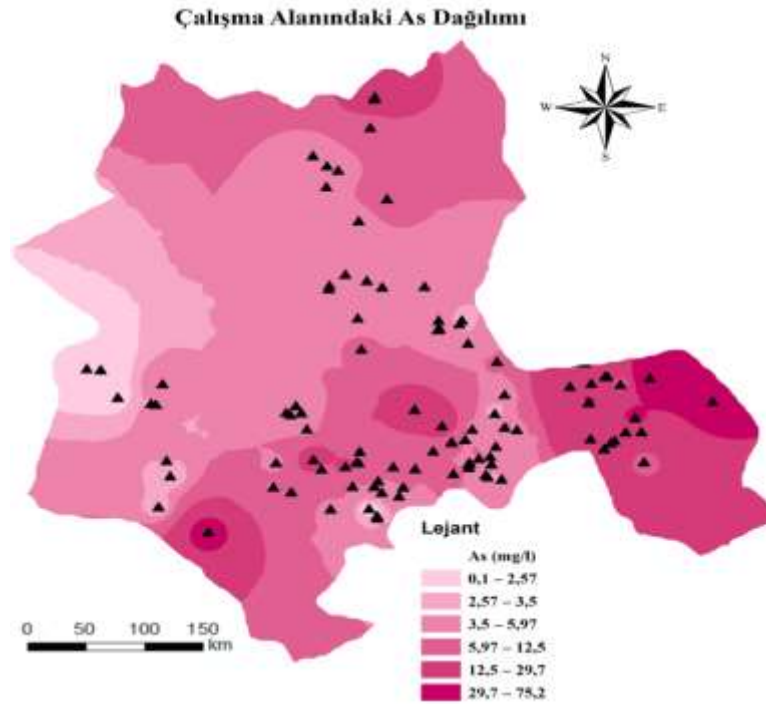
4.3.9. Arsenik (As) dağılımı

Diriler için gerekli bir öge olmayan arsenik, dünyada doğal olarak bulunmaktadır. Endüstriyel faaliyetler, kimyasal gübreler, belediye, fosil yakıtların yakılması ve endüstriyel atıkların bertarafı gibi yapay etkinlikler sonucu oluşan arseniğe yerüstü ve yeraltı sularında, ekim ve biçim alanlarında ve bitki bünyesinde karşılaşması

muhtemeldir. Arseniğe maruz kalan bitkilerde büyüme-gelişme engellenir ve bitki daha sonraki adımda ömrü sonra erebilir. Arseniğin tesiri ile bitkide birçok fizyolojik bozukluk meydana gelmektedir. Arsenik bitkide oksidatif strese sebep olmaktadır. Oksidatif stres neticesinde verim ve kalite düşmektedir. Hücrelerin inhibisyonuna sebep olan arsenik miktarının artması ile doku hasarı gözlenmektedir. Toprak işleminin geleneksel yöntemlerle yapıldığı ve topraktaki fosfor içeriğinin fazla olduğu şartlarda bitkinin arsenik alımının daha fazla olduğu görülmektedir. Arseniğin topraktaki hareketi fosforunkine benzer olduğu için fosfor alımının artmasıyla arsenik alımı artmaktadır. Kadife çiçeği ve filkulağı bitkilerinin köklerinde ve gövdelerinde arsenik biriktirerek toprağı ağır metallere arındırmak için kullanılabilecek iyi bir fito-remediasyon tekniğı olduğu belirtilmektedir (Yerli ve vd., 2020)

Çizelge 4. 11. Bazı bitkilerin As değerleriyle ilişkili sınıflandırılması (URL 9)

NO	Bitki	Sulama Suyunda As(mg/l)
1	Pirinç	0.06-0.72
2	Karnabahar	0.5-1.02
3	Domates	1-5
4	Fasulye	0-10
5	Mercimek	0-10
6	Eğrelti Otu	5-40



Şekil 4. 11. Çalışma alanındaki sularda As dağılımı

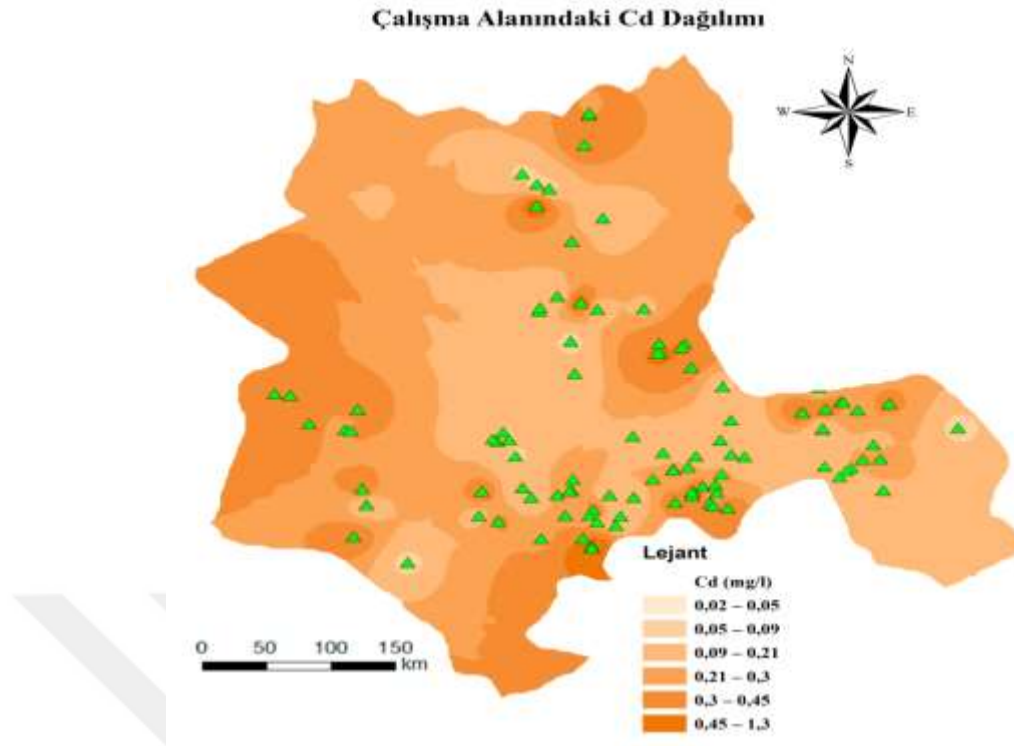
Şekil 4.11’de Konya ilinin sondaj kuyularından elde edilen As değerleri ile As dağılım haritası oluşturulmuştur. Haritaya bakıldığında ilin bazı bölgelerinde As’n çok fazla olduğu ve bazı alanlarda çok az olduğu görülmektedir. As’n yüksek olduğu bölgeler Karatay, Seydişehir, Karapınar, Ereğli, Cihanbeyli, Emirgazi ve Kulu olmaktadır. Bu bölgelerde en çok fasulye, mercimek ve eğrelti otu yetiştirilmektedir. As değerinin düşük olduğu yerlere ise pirinç, karnabahar ve domates ekim-biçimi yapılabilir.

4.3.10. Kadmiyum (Cd) dağılımı

(Kahvecioğlu vd., 2003)’a göre kadmiyum korozyona karşı koruyucu niteliğinden ötürü gemi, sanayi, elektronik ve boya gibi birçok yerde istifade edilmektedir. Uzun biyolojik ömrü ve düşük konsantrasyonlar da bile fazla etkinliği nedeniyle en toksik ağır metallerden biri olmaktadır. Ek olarak kadmiyum çok yüksek bir suda çözünme kapasitesine sahiptir. Bu nedenle su membalarının kirlenmesine ve su membalarındaki canlı varlıkların azalmasına sebep olmaktadır. Kadmiyum, motorlu taşıt yağlarının yanması sonucu oluşan toz parçacıklarının çökmesi ile bitkilere ve topraklara geçebilmektedir. Tarım ilacı ve bilinçsiz gübre kullanımı, atık su ve arıtma çamurlarının tarım arazilerinde kullanılması, toprak ve su membalarında kadmiyum toplanmasına sebep olur. Özellikle toprağa uygulanan fosforlu gübreyle topraklarda toplanan kadmiyum miktarının arttığı çalışmalarla desteklenmiştir. Bitki yapısına giren kadmiyum, nitrojen ve karbonhidrat metabolizmasını değiştirmekte, enzim etkinliğini engeller, stomaların kesilmesine neden olur ve böylece terleme yoluyla su kaybını azaltmaktadır. Kadmiyum stresine maruz kalan bitkilerde K ve NO₃ alımı azalır. NO₃ alımının azalmasıyla bitkilerde sürgün gelişimi zayıflayacak, birçok fizyolojik niteliğe negatif etkilenecek, bitkilerde tahribat vakaları meydana gelecek ve zamanla toprakta toplanan aşırı nitrat yeraltı sularına sinerek sularda nitrat kirliliğine sebep olur. Dünya sağlık örgütü (WHO) içme suyunda tolere edilebilir Kadmiyum seviyesini 0,005 µg/l olarak belirlemiştir.

Çizelge 4. 12. Cd değerleriyle ilişkili sınıflandırılması(URL 11)

NO	Su Cinsi	Cd Değeri
1	Kaynak	<0.05
2	Kuyu	<0.05
3	Yüzey Suyu	<0.05



Şekil 4. 12. Çalışma alanındaki sularda Cd dağılımı

Şekil 5.12’de elde edilen veriler yardımıyla çalışma alanındaki sondaj kuyularındaki Cd dağılım haritası oluşturulmuştur. Sulama suyu ile ilgili her hangi bir miktar belirtilmemiştir. Ancak Konya ilinin geneline bakıldığında Cd çok yüksek olduğu görülmemektedir.

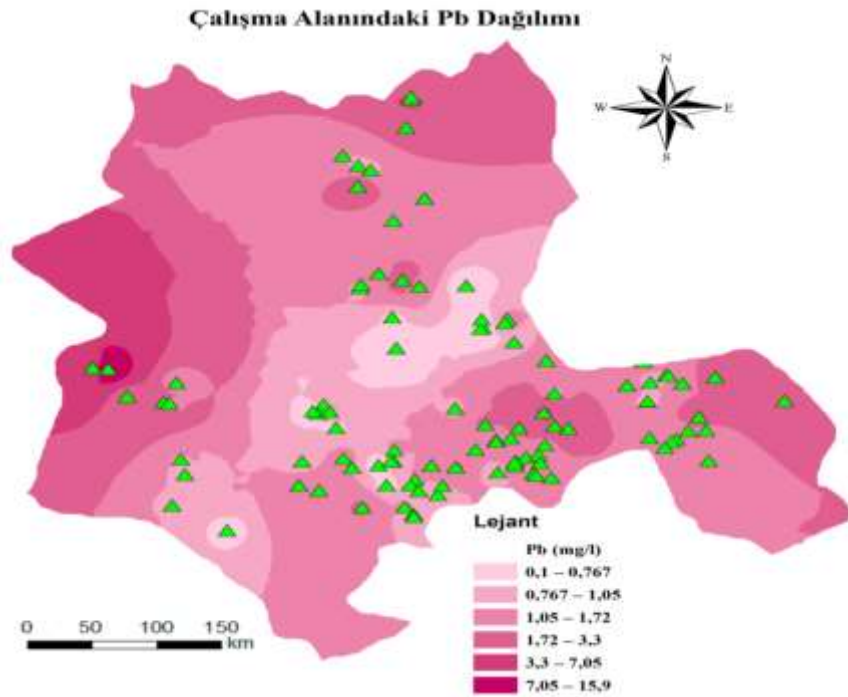
4.3.11. Kurşun (Pb) dağılımı

(Hussain, vd., 2013)’a göre kurşun ilk metal olmasına rağmen insan kaynaklı aktivitelerle doğaya hasar veren en değerli ağır metallere birisidir. Organik ve organik olmayan formlara sahip olan kurşunun organik olmayan formu atmosferde zerrecikler şeklinde olup, organik formu uçucu olduğundan gıda maddelerine, toprak ve su kaynaklarına kolaylıkla geçebilmektedir. Bu nedenle kurşunun atmosfer kirliliği üzerinde önemli bir tesiri vardır. Kurşun kuyumculuk, kozmetik, petrol, tarım ilaçları gibi birçok endüstride istifade etmesine rağmen, motorlu taşıtların egzoz gazlarından kaynaklanan çevre kirliliğinin büyük bir kısmı meydana gelmektedir. Bu nedenle taşıt trafiğinin kalabalık olduğu karayollarının kıyılarında yer alan topraklarda kurşun miktarları fazla seviyede görülmektedir. Toprağa işlenen kurşun, çözünür formda olduğunda topraktan yıkanabilir ve yeraltı suyuna sinerek su membalarının kirlenmesine

sebeptir. Topraktaki çözünür kurşun formu, topraktaki mikroorganizmalar yada başka ağır metaller, organik maddeler ve bileşikler tarafından pasif forma dönüştürülebilmektedir. Kalsiyum ve fosfor içeren gübreler, bitkiler tarafından kurşun alımını azaltmak için kullanılabilir. Yüksek miktarda kurşun ile bitki biyokütlesinde, yaprak sayısında, protein içeriğinde ve gövde uzunluğunda eksilmeler görülmektedir. Kurşun toksisitesi hücre duvarlarının stabilitesini, hücre turgorunu, yaprak alanını ve stoma açma ve kapama döngülerini negatif etkilemektedir. Bu negatif etkiler bitkinin fotosentezini, su ve besin alımını azaltmaktadır. Yeterince yem ve su alamayan bitkilerin gelişimi zayıflar ve köklerinde daha çok kurşun toplanmasının sebebi, bitkilerin gövdesi, meyve ve sürgünleri kurşun toksisitesine karşı muhafıza etmek için uyguladığı bir savunma mekanizması olarak değerlendirilebilmektedir.

Çizelge 4. 13. Pb değerleriyle ilişkili sınıflandırılması (URL 9)

No	Pb(mg/l)	Durum
1	≤ 1	Mükemmel
2	1-2	İyi
3	2-3	Normal
4	> 5	Kötü

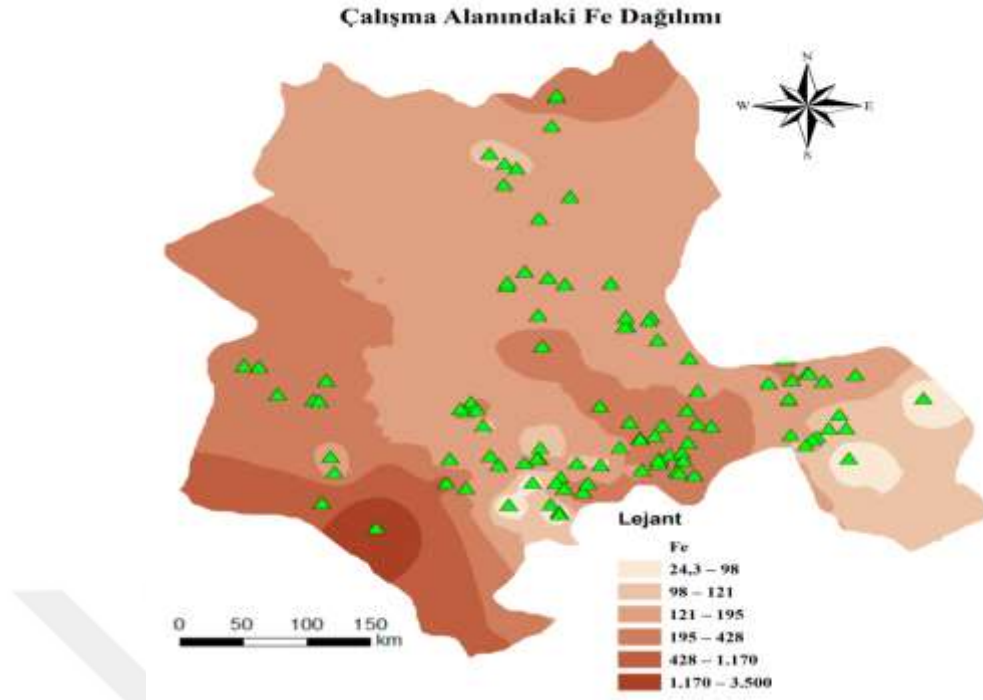


Şekil 4. 13. Çalışma alanındaki sularda Pb dağılımı

Şekil 4.13'te Konya şehrinin ilçelerinde bulunan sondaj kuyularından alınan verilerle Pb haritası oluşturulmuştur. Kuyu verilerine göre kurşun açısından herhangi bir sorun bulunmamaktadır. Dolayısıyla yeraltı kuyu sularından her türlü bitki için faydalı olduğu düşünülmektedir. (Yerli, vd., 2020)'a göre suyun doğal elementlerinden biri olan kurşun, kilogramda yaklaşık 16 mg bulunmaktadır. Dünyadaki göl ve nehir sularının ortalama kurşun içeriği litre başına 1-10µg, ancak suda bu değer nadir olmakla birlikte endüstriyel kirlilik sonucu daha yüksek olabilir. Arıtma işlemlerinden sonra dağıtım şebekesine su verilmeden önce bu değer çok düşüktür. Evlere dağıtılan şebeke suyunda dağıtım kurşun borularla yapılıyorsa veya kurşunlu depolarda tutuluyorsa bu miktar daha fazladır. Kurşun miktarı Özellikle suyu yumuşak, bol oksijenli, nitrat miktarı yüksek ve asidik karakterli ise borularda korozyonun artmasından dolayı daha fazla olur.

4.3.12. Demir (Fe) dağılımı

Demir bitkilerde fotosentezin başyapıtı olarak adlandırılmaktadır. Klorofil pigmentinin sentezinden mesul olan demir, azınlık durumunda fotosentezin akmasına sebep olan temel bir besindir ve demir toksisitesi çok meşhur değildir. Genel olarak toksik tesiri, bazı bitkinin toprak pH değeri azaltan kök hastalığı nedeniyle demir alımının yükselmesiyle ortaya çıkmaktadır. Toksik etkisi olan demir, yapraklarda yanıklara, kök ve gövdelerde bodurlaşmaya neden olmaktadır. Ayrıca bitkide aminoasit bağlanması ve protein sentezi demir toksisitesinden negatif etkilenir. Toprakta fazla mangan toplanması bitkinin demir alımını negatif etkilemektedir. Fazla mangan içeriğine sahip demirden faydalanamayan bitkilerde, demir noksanlığından klorofil sentezi negatif etkilenir ve kloroz görülmektedir. Toprağa uygulanan demir içeren gübreler, kirecin fazla olduğu şartlarda tesir etmemektedir. Bu vaziyet demir ve kalsiyumun antagonistik tesirinden ortaya çıkmaktadır. Ayrıca toprak pH değerinin 8'den fazla olduğu durumlarda bitkinin demir alımını engellediği belirtilmiştir. Bu vaziyet, alkali topraklarda demirin bitkiler için alınamayacak forma dönüşmesi ile ilgilidir (Tacıroğlu, vd., 2016).



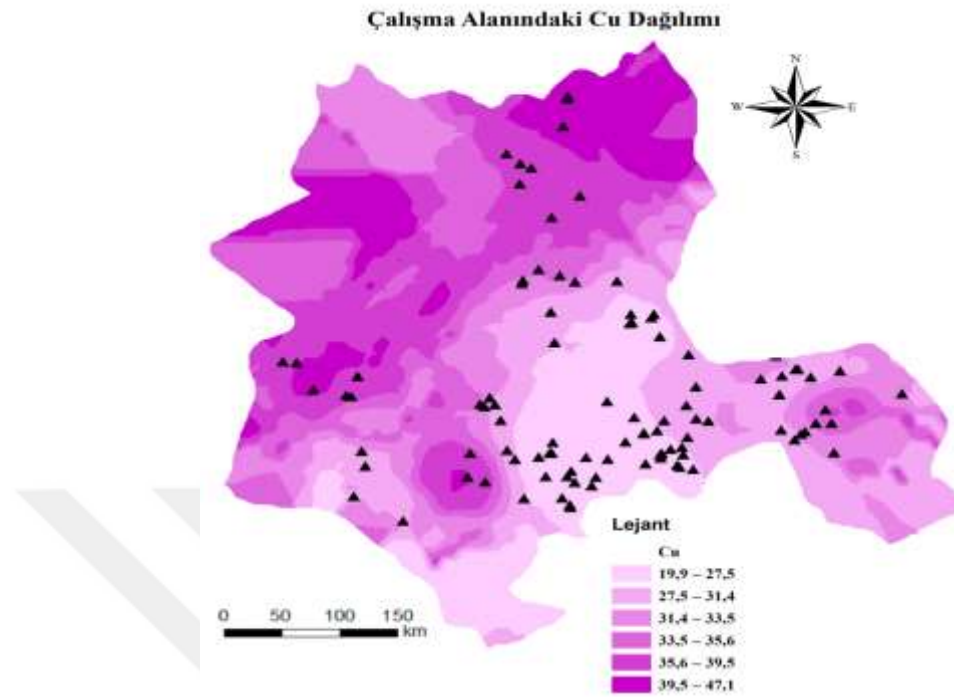
Şekil 4. 14. Çalışma alanındaki sularda Fe dağılımı

Şekil 4.14'te Konya şehrinin ilçelerinde bulunan sondaj kuyularından alınan verilerle Fe haritası oluşturulmuştur. İçme suyundaki demir için estetik amaç 0,05 mg/l'den daha az olması gerekir. Yeraltı suyundaki çözülmüş demir miktarı, belirli bir kuyu için mevsimsel olarak değişebilir. Genellikle bu, yüksek şarj dönemlerinde yüzeyden oksijenli bir su akışı ile ilişkilidir. Bu oksijenli su, demir çözülmesini önleyecektir ve kuyudan pompalanan su bu metallerin düşük konsantrasyonlarına sahip olacaktır. Şarj suyundaki oksijen tüketildikten sonra, demir tekrar çözülür ve su demir özelliklerini çözer.

4.3.13. Bakır (Cu) dağılımı

Bakır bitki için gerekli bir unsur olmasına rağmen fazla konsantrasyonunun bitki üzerinde toksik etkisi vardır. Bakır, enzim aktivitesinde, karbonhidrat ve lipid metabolizmasında, RNA ve DNA imalında, rahatsızlık ve noksanlara karşıt dirençte önemli rol oynar. Fazla miktarı ile toksik etkiye sahip olan bakır, bitki fizyolojisini zarar vererek protein sentezini, membran stabilitesini ve besin alımını solunumu negatif etkilemektedir. Kloroplast yapısına geçerek strüktürünü değişmesine sebep olan bakır, klorofil miktarını eksilmektedir. Eksilen klorofil miktarı ile bitkilerde klorozis görülebilmektedir. Bakır zehirlenmesi ile kökler nitelikleri kaybeder ve buna dayalı

olarak bitki-su dengesi negatif etkilemektedir. Birçok bitkiler için nütrient çözeltilerinde 0.1-1.0 mg/L seviyelerinde bile toksiktir (Okcu, 2009).



Şekil 4. 15. Çalışma alanındaki sulara Cu dağılımı

Şekil 4.15'e bakıldığında Konya'nın ilçelerinde bulunan sondaj kuyu değerlerinden elde edilen Cu haritası oluşturulmuştur. Bölgelerde koyu renkli olduğu yerlerde Cu değerini yüksek(+47) ve açık renkli olduğu yerlerde is düşük (20) olduğu görülmektedir. Bakırın eksikliği durumunda bitkinin üremesi durmaktadır. Bakırın hastalıklar karşısındaki direnç mekanizmasında görevi bulunmaktadır. Bakırda bulunan miktarlarda eksikliğinde olduğu gibi fazla olmasında da bitkiler zarar görmektedir. Henüz tam keşfedilmemişse bile bakır miktarının az oluşunda bakırın dolaylı etkisi olduğu söylenebilir.

4.3.14. Sülfat (SO₄) dağılımı

Sülfat, çevresindeki sularla doğal olarak karışan en mühim iyonlardan biri olmakla beraber ve tüm doğal sular değişen miktarlarda içermektedir. Bazı endüstriyel atık sular yüksek SO₄ içeriğine sahiptir ve doğal sularla karıştırıldığında sülfat miktarını da artırırlar. Bu madde, farklı reaksiyonlar sonucunda oluşturduğu koku, tat, korozyon ve zehirlilik gibi sorunlarla önemli bir kirleticidir.

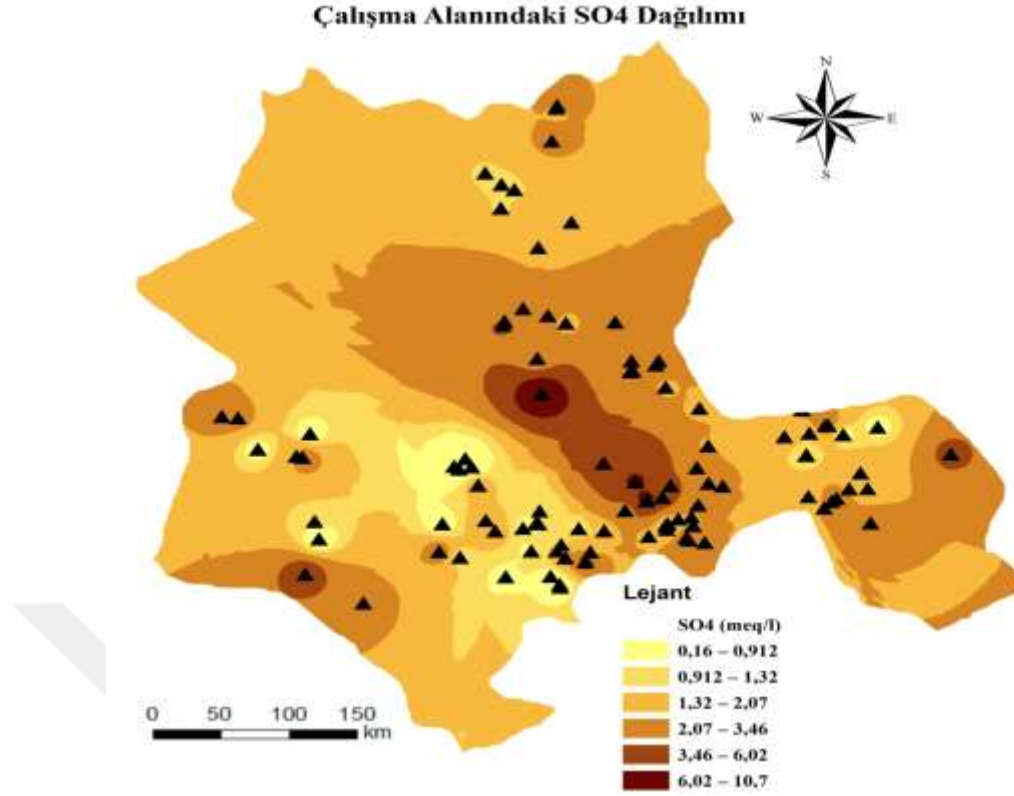
Yeraltı Sularında Fazla SO₄'ın Anlamı; fazla sertlik, fazla sodyum tuzu ve fazla asiditedir. Magnezyum SO₄ ve Na₂ SO₄ insanlarda müshil etkisi olduğundan 250 mg/lit üst limit ile sınırlandırılmıştır. Hayvanlar için bu limit 1000 mg/l olarak belirlenmiştir ve sülfatlar suya acı bir tat verirler. Ayrıca kazan sularında CaSO₄ ve MgSO₄ çökeltileri oluştuğundan bu tip sularda çok az miktarlarda tutulmalıdırlar (URL12).

Çizelge 4. 14. SO₄ değerleriyle ilişkili sınıflandırılması (Taşan, 2021)

No	SO ₄	Durum
1	<4	Mükemmel
2	4-7	İyi
3	7-12	İzin verilebilir
4	12-20	Şüpheli
5	>20	Uygun değil

Çizelge 4. 15. Bitkilerin sülfata dayanımı (URL 9)

Dayanıklı	Yarı Dayanıklı	Duyarlı
Kuşkonmaz	Ayçiçeği	Ceviz
Şeker Pancarı	Patates	Enginar
Yonca	Pamuk	Fasulye
Bakla	Domates	Erik
Soğan	Bezelye	Armut
Şalgam	Turp	Elma
Lahana	Zeytin	Üzüm
Marul	Arpa	İncir
Havuç	Buğday	Kiraz
	Mısır	Şeftali
	Yulaf	Kaysı
	Biber	Portakal
	Lima Fasulyesi	Limon



Şekil 4. 16. Çalışma alanındaki sularda SO₄ dağılımı

Şekil 4.16'ye bakıldığında Konya'nın ilçelerinde bulunan sondaj kuyu değerlerinden elde edilen SO₄ haritası oluşturulmuştur. Bölgelerde koyu renkli olduğu yerlerde SO₄ değerini yüksek(+8 meq/l) ve açık renkli olduğu yerlerde is düşük (0.16 meq/l) olduğu görülmektedir. SO₄ yüksek olduğu bölgeler Cihanbeyli, Emirgazi, Ereğli, Güneysınır ve Beyşehir ilçelerinde kuşkonmaz, şeker pancarı, yonca, bakla, soğan, şalgam, lahana, marul ve havuç gibi bitkiler bu ilçelerde yetiştirilmektedir. Buğday, ayçiçeği, bezelye, patates, turp, pamuk, arpa, mısır, domates, zeytin, lima fasulyesi, yulaf ve biber benzeri bitkiler geri kalan bölgelerde yetiştirilmesi makul görülmektedir. Hassas bölgelere ise elma, erik, ceviz, üzüm, enginar, portakal, fasulye, armut, kaysı, şeftali, incir ve kiraz ağaçlarının yetiştirilmesi için uygundur.

5. SONUÇ

Bilim ve teknolojide yaşanan ilerlemeler birçok disiplinde olduğu gibi coğrafya biliminde ve coğrafyanın kullanım alanlarında da köklü değişimlere yol açmıştır. CBS son yüzyılın en önemli teknolojik sistemlerinden biri olarak yerini almış ve sahip olduğu özellikleri sayesinde kolaylıkla yorumlanabilen tematik haritaların üretilmesini ve bu haritalar üzerinden kullanıcıların ekonomik, acil ve sağlıklı kararlar almasına imkân sağlamaktadır. 1960'lı yıllarda tanınmaya başlanan haritalama esaslı CBS, 1980'lerde su kaynaklarında ve hidroloji alanlarında, 1990'lı yıllarda ise yeraltı suyu modellemelerinde sıkça uygulama alanı bulmuştur. CBS bu alanlarda kullanılırken harita yapma tekniği ve sanatı olarak bilinen "Kartografya" biliminden de oldukça fazla faydalanmakta ve multidisipliner uygulamalar işe koşularak dijital ortamda tematik haritalar hazırlanmaktadır. Literatürde bulunan ilgili araştırmalar incelendiğinde hem yerli hem de yabancı çalışmalarda bu konunun oldukça ilgi gördüğü anlaşılmaktadır. Çalışmalarda genellikle yeraltı sularının kalite değerleri ve standartlarının analiz edildiği, yeraltı sularının verimlilik ve kirlilik haritalarının modellendiği, yeraltı suyu hareketliliği ve akım modellerinin oluşturulduğu, yıllara bağlı yeraltı suyu seviyesi değişimlerinin belirlendiği, Jeomorfolojik, jeolojik ve jeoelektrik analizlerin yapılarak yeraltı suyu veri tabanının belirlendiği ve su potansiyel alanlarının işaretlenerek modellerin geliştirildiği tespit edilmiştir. Araştırmalardan elde edilen sonuçlar genel olarak; yeraltı sularının büyük bir kirlenme tehlikesiyle karşı karşıya olduğuna, bazılarının bölgesel özelliklerinden dolayı kalite standartlarının ve sertliklerinin istenilen seviyelerde olmadığına ve birçok yeraltı su kaynağı su dinamik ve statik seviyelerinde ise yıllara göre büyük düşüşler yaşandığına işaret etmektedir.

Doğada kendiliğinden gerçekleşen hidrolik dolaşımın bir sonucu olarak meydana gelen yeraltı suları yerin altında geçirimli jeolojik formasyonların suya doygun kuşağında bulunan ve kuyular, kaynaklar, nehirler, göl ve deniz gibi su kütleleri aracılığıyla yüzeye ulaşabilen su olarak bilinmekte ve tükenmemesi için yağışlarla beslenmesi gerekmektedir. Yağışların yere düşmesi, sızmanın başlaması ve suyun toprak ve kayaçların gözeneklerinden içeri girmesi ile su temastan dolayı bir takım maddelerin çözünmesine neden olur ve bu çözünen maddeleri bünyesine katarak yer çekiminin de etkisiyle aşağıya doğru hareketine devam eder. Bu olay yeraltı suyunun da kalite değerlerinin ortaya çıkmasına yol açan bir durumdur. Yeraltı suları dışarıdan fiziki bir müdahale yoksa genellikle yüksek kalitelidir, kirlenmesi zordur, kimyasal bileşim değerleri stabildir ve içme, kullanma ve sulama için yüzeysel sulara göre daha

niteliklidir. Ancak yeraltı su kaynaklarının bulunduğu bölgelerde gerçekleştirilen yanlış uygulamalar, değişen iklim koşulları ve endüstriyel kirlenmeler yeraltı sularının ifade edilen bu avantajlarını tehlikeye atmaktadır. Su kalitesi standartları için her ülke, kurum ve birliğin farklı özel eşik parametrik değerleri bulunmakla birlikte genel olarak ABD EPA standartları ve Avrupa Birliği standartları oldukça yaygın kullanılmaktadır. Türkiye’de de yeraltı sularının kirlenmeye ve bozulmaya karşı korunması hakkında yönetmeliği de yeraltı sularının sürdürülebilirliği açısından büyük önem ihtiva etmektedir. Su kalitesi ve suların sınıflandırılması denilince birçok parametrenin ortaya çıktığı ve bunların eşik değerlerinin mutlaka belirlenmesi gerektiği görülmektedir. Bunlar toplam çözünmüş katı miktarı, elektriksel iletkenliği (EC), pH değeri, “Arsenik, Bakır, Bromat, Bor, Florür, Cıva, Krom, Alüminyum, Kadmiyum, Nikel, Selenyum, Kurşun, Siyanür, Demir, Nitrat ve Nitrit” maddelerini içerip içermemesidir.

Araştırma alanı olan Konya ili; Anadolu Yarımadası’nın ortasında yer alan İç Anadolu Bölgesinin güneyinde dendi adı ile anılan Konya Bölümünde bulunmaktadır. İlin genel özellikleri, topoğrafyası, jeolojik ve hidrolojik özellikleri, iklimi ve meteorolojisi, toprak ve su özellikleri incelendiğinde Türkiye’de birçok bölgesine göre oldukça farklı bir kimlik yapısında olduğu ve bu durumun hem avantaj hem de dezavantajlar ortaya çıkardığı görülmektedir. Konya ili, bulunduğu coğrafi konum itibarıyla Türkiye’nin en az yağış alan bölgelerden biri olarak tanınmaktadır. Bu nedenle yüzey su potansiyeli açısından oldukça sınırlı bir varlığa sahiptir. Bölgenin su varlık kapasitesi ve su tüketimi miktarlarına göre su bütçesinde her yıl açık verildiği ve bu açığın büyük bir bölümünün yeraltı sularından karşılandığı görülmektedir. Bu durum, Konya yeraltı su potansiyeli için büyük bir tehdit olarak değerlendirilebilir. Zira Konya bölgesinin ekolojik ve tarımsal açıdan sürdürülebilirliği ve ilde yaşayan canlıların içme ve kullanma suyuna kolaylıkla ulaşması sağlıklı ve kaliteli yeraltı sularının devamlılığına bağlıdır. Fakat Konya’nın son yıllarda kişi başına düşen ortalama yüzey ve yer altı su oranlarının düşmesi ile kentin su azlığı çeken bir il statüsünde değerlendirilmesine neden olmuştur. Ayrıca artan nüfus ile birlikte yer altı su kaynaklarından çekilecek su miktarının artmasıyla ilerleyen yıllarda Konya ilinin su kıtlığı çekme ihtimali oldukça yüksektir. Bu bağlamda Konya ili yeraltı su kaynaklarının dinamik ve statik su seviyelerinin tespit edilmesi, mekânsal dağılımın yapılması, yeraltı sularının kalite parametrelerinin belirlenmesi ve yeraltı sularının tematik haritalarının üretilmesi sayesinde yaşanması muhtemel olan su sıkıntısı konusunda düzenlemelerin yapılması, stratejilerin belirlenmesi ve gerekli politikaların

üretilmesi için bir pusula olarak kullanılabilir. Ayrıca CBS kullanılarak üretilen tematik haritalar kullanıcılar ve yorumlayıcılara Konya ili su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin sağlanmasında kolay, hızlı ve sağlıklı kararlar alınmasına katkı sağlamaktadır.

İl genelinde elde edilebilen ve analiz edilebilen su kalitesi ile ilgili olarak, pH, EC, CO, Na, K, Ca, Mg, Cl, As, Cd, Pb, Fe, Cu ve SO₄ gibi diğer elementler modele ait su kalitesi bilgileri genel ve sınıflandırma haritalarında gösterilmektedir. Konya ilinde pH değeri 6.23 ile 8.26 arasındadır. Konya ilinde bulunan Karakış, Mutlu, Çavuş, Oymalı, Kayacık, İslık, Sazlıpınar ve Kazanhüyükü isimli kuyularında pH < 7 ile asit karakter sahip olduğu, bunun dışında tüm ilin sondaj kuyu sularının pH > 7 ile bazik olduğu tespit edilmiştir. EC değerleri 55-420 (mS/cm) arasında değişmektedir. İlin güneybatı kesimlerinde 55 ile 113 (mS/cm) arasındaki EC değerleri 'çok iyi' sınıfta en yüksek kalitede kabul edilmektedir. Değer ilçelerinin tamamına yakını 113-172 mS/cm aralığındaki EC değerleri ile 'iyi' sınıfta yer almaktadır. Bu su kalite elementleriyle ilgili değerler standartlar tarafından önermekte olup izin verilen maksimum değerlerin altında görülmektedir.

Konya şehri içme ve sulama suyu ihtiyacının büyük bir kısmını yeraltı sularında açılan kuyulardan karşılamaktadır. Gelecekte su ihtiyacının alternatif su kaynaklarından karşılanmaması durumunda kuzey-batı bölgelerinde yeni kuyular açılarak yeraltı sularından faydalanılması kaçınılmazdır. Konya ili sınırları içindeki yeraltı suyu rezervesi, miktarını ve kalitesini bilmek amacıyla oluşturulan modeller, yeraltı suyunun etkin kullanım olanakları ve açılacak kuyuların yer seçimi konusunda fikir verebilmektedir. Su ihtiyacının karşılanması için kuyularla su temininden başka bir alternatif yoksa oluşturulan tematik haritalar ile uygun yerler belirlenmeli ve kuyular açılmalıdır. Yüzeysel ve yeraltı su kaynakları hayati ve ekonomik değere sahiptir. Kentsel içme suyu, sanayi ve tarım suyuna yönelik hızla artan talebin karşılanabilmesi için sınırlı tatlı su kaynaklarının uzun vadeli programlar çerçevesinde ciddi ve etkin bir şekilde korunması gerekmektedir. Konya havzası farklı kullanım amaçlarına uygun olarak yeraltı suyu kalitesini korumak ve iyileştirmek için kirlilik durumu hakkında güvenilir ve zamanında bilgi edinilmeli, olumsuz etkileri önceden tahmin edilmeli ve aşağıdaki önlem ve öneriler dikkate alınmalıdır.

Su kaynakları dünyada her geçen gün kalitesini kayıp ederek kirlenmektedir. Artan popülasyona dayalı olarak tarımda üretim ihtiyaçların yükselmesi ve suların yeraltından çekilmesinin yeraltındaki suların geleceğini riske atılacağı net bilinmektedir. Bunlar göz önüne alarak gerekli plan ve projeler üretmeli ve bu plan ve projeler icraata

dökülmelidir. Tarım aktivelerinde fazla gübre kullanılması, yanlış gübre seçilmesi, gübre kullanım yöntemiyle yeraltı ve yüzey sularının gübre molekülleri ile kirlenmesi ve buna dayalı olarak sağlık problemler çevreyi negatif etkilemektedir. Azotlu gübrelerin fazla oranda tüketilme nedeniyle toprak yıkama ile yeraltı sularındaki nitrat seviyesini artabilir. Tarımsal bölgelerde akarsu ortamına drenaj sularında kalite standartlarının korunabilmesi için ilk olarak azotlu gübre tercihi az yıkanabilen amonyumlu gübreler seçimine özen gösterilmeli, amonyumlu gübrelerin seçimine özen gösterilmelidir. Yıkama ve kalıcı olmayan kimyasalların pestisit kullanımında, çiftçilere bu konuda eğitim verilmeli ve ıslatma ya da damlama yöntemini kullanılmalılardır. Dolayısıyla gelecekte oluşabilecek negatif etkilerin tespiti ve gerekli tedbirlerin alınması için teknik ve bilimsel düzeyde çok sayıda toplantılar teşkil edilmeli ve uluslararası işbirlikleri kurulmalıdır. Her çeşit endüstriyel atık çevre yasanına bağlı kontrol altına alınmalı ve kirliliğin en alt seviyeye indirmek için alıcı ortamdan standartlara uygun atık deşarjı sağlayacak arıtıcı tesisler inşa edilmelidir. Konut ve diğerden kaynaklan kirleticilerin kontrol altına alınmalı, üstelikle kentsel alanlarda sıvı atıklarına uygun arıtıcı tesislerin yeterli derecede temizliği yapıldıktan sonra çevre ortamına bırakılmalıdır. Dünyadaki sınırlı miktardaki tatlı su pınarlarını bilinçli kullanımı dikkat edilmelidir. Tatlı sular pınarları arasında kayda değer bir yere sahip olan yeraltı suyuna gereken özen gösterilmelidir. Türkiye'nin hızla gelişmekte olan Konya şehrinin öncelikli olarak ihtiyaçlar arasında yer alırken, su pınarları kirletilmemeli ve gereken değer verilmesi hayattır. Bölgede genel anlamda hemen hemen her alanında benzer ürünle yetiştirilmektedir. Aynı değerlendirmelerle böyle bir çalışma daha büyük bölgeler için yapılması, daha detaylı bilgiler verecektir. Bu tezde yapılan lokal uygulama ile verim artırmak ve daha bilinçli zirai faaliyetlerde bulunmak için örnek model önerileri sunulmuştur.

6. TARTIŞMA

Konya yeraltı suyu içme, kullanma, endüstriyel ve tarımsal sulama maksatlı kullanılan bir su kaynağıdır ve bu kullanım amaçlarına belli kalite standartlarını sağlaması gerekmektedir. Bununla birlikte yeraltı su kaynakları yüzeyden bırakılan kirletici elementler sebebiyle kirlenmeye de açık kaynaklardır. Konya yeraltı su kalitesinin değerlendirilmesi için DSİ'den kimyasal (pH, EC, CO, Na, K, Ca, Mg, Cl, As, Cd, Pb, Fe, SO₄) elementler elde edilerek IDW yöntemi ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmeye göre şekil 4.3'te pH dağılımı haritasına bakıldığında Konya'nın (Kulu, Cihanbeyli'nin kuzey-batısı, Meram, Seydişehir, Akören, Ahırlı, Bozkır, Hadım ve Taşkent) ilçelerinde ekim-biçim için uygun görülmemektedir. Konya bir zirai il olduğu için yeraltı suyunda EC ve CO değerlerinde herhangi bir sorun bulunmamaktadır.

Şekil 4.6'da Na dağılım haritasına dikkat edildiğinde bazı bitkiler Na karşı duyarlı (Avokado, Yeşil fasulye, Pamuk, Mısır, Bezelye, Şeftali, Mercimek, Yer fıstığı), yarı duyarlı (Havuç, Soğan, Çeltik, Ispanak, Domates ve Buğday), dayanıklı (Yonca, Arpa, Çim ve Çayrotu) olarak bilinmektedir. Bundan dolayı Na değeri yalnızca Ereğli, Selçuklu, Cihanbeyli ilçelerinde fazla olduğu için bazı bitkilerin yetiştirilmesi uygun değildir. Şekil 4.7'de görüldüğü gibi K değerlerinin yeraltı suyunda en yüksek 0,38 meq/l ve en düşük 0,05 meq/l değişen değerlere sahiptir. K değerlerinde bir sıkıntı görülmemektedir.

Şekil 4.8'de Ca dağılım haritası görülmektedir. En düşük değeri 0,45 meq/l ve en yüksek değeri 12,80 meq/l olmaktadır ve dolayısıyla sulama sularında Ca değerini fazla olması önerilmektedir. Mg dağılım haritasına (Şekil 4.9) bakıldığında bazı ilçelerde Mg değerinin fazla olduğu bilinmektedir. Konya ilinin Selçuklu, Karapınar, Doğanhisar, Güneysınır ilçelerinde bulunan kuyularda Mg değeri yüksek olduğu görülmektedir. Bu ilçelerde bazı tahılların yetiştirilmesi uygun olmadığını söylemektedirler.

Cl dağılımına (Şekil 4.10) bakıldığında yeraltı suyunda Cl değerinin çok yüksek olmadığı bilinmektedir. Bu nedenle bazı bitkiler Cl karşı çok hassas (erik ve çilek), ve bazıları orta hassas (soğan, trüf, marul ve mısır) ve geri kalan bitkiler Cl karşı çok dayanıklı olduğu bilinmektedir. Şekil 4.11'de As dağılımı yapılmıştır. As yüksek olduğu (Karatay, Seydişehir, Karapınar, Ereğli, Cihanbeyli, Emirgazi ve Kulu) bölgelerde fasulye, mercimek, eğrelti otu ve As değerinin düşük olduğu yerlere ise pirinç, karnabahar ve domates gibi bitkilerin yetiştirilmesine önem verilmesi

gerekmektedir. Cd dağılımında (Şekil 4.12) Konya havzasının yeraltı suyunda Cd ile ilgili bir sorun olmadığı görülmektedir. Sulama suyu ile ilgili her hangi bir miktar belirtilmemiştir ve dolayısı ile her tür tahıl için yeraltı suyundan kullanılabilir.

Pb değerleri de Fe parametresinde olduğu gibi ilin çevre kısımlarında yüksek ve iç kısımlarda düşük değerlere sahip olduğu Şekil 4.13 ve 4.14 de görülmektedir. Konya ili bir tarım şehri olduğu için yeraltı suyunda Pb ve Fe değerleri ziraat için bir sakıncası olmadığı bilinmektedir. Aynı şekilde Cu dağılımında da (Şekil 4.15) yeraltı suyunda bitkiler için bir sorun olmadığı görülmektedir.

Şekil 4.16'de SO₄ dağılım haritasına bakıldığında en yüksek değeri 8 meq/l ve düşük değeri 0,16 meq/l olduğu görülmektedir. SO₄ yüksek olduğu (Cihanbeyli, Emirgazi, Ereğli, Güneysınır ve Beyşehir) alanlarda kuşkonmaz, şeker pancarı, yonca, bakla, soğan, şalgam, lahana, marul ve havuç gibi bitkiler yetiştirilmektedir. Geri kalan ilçelerde Buğday, ayçiçeği, bezelye, patates, turp, pamuk, arpa, mısır, domates, zeytin, lima fasulyesi, yulaf ve biber benzeri bitkilerin ekim-biçimi uygundur. Hassas bölgelere ise elma, erik, ceviz, üzüm, enginar, portakal, fasulye, armut, kaysı, şeftali, incir ve kiraz ağaçları gibi meyve ağaçları yetiştirilmektedir.

Son olarak Konya bir tarım şehri olduğu için bazı bölgelerde belirli bitkiler yetiştirilememektedir. Bu sorun sadece sudaki elementlere bağlı değil aynı zamanda bölgedeki toprağın kimyasal ve hava şartlarını detaylı bir şekilde irdeleyerek hangi bitkinin hangi alanda yetiştirilmesi ve hangi bitkinin hangi alanda yetiştirilmemesi için uygun bir çalışma yapılması gerekmektedir. Konya ilinin güney-batı ilçelerinde yeterli sayıda sondaj kuyuları bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu konuda sorumlu belediyeler, DSİ, Tarım ve Orman Bakanlığı ve ilgili kurum ve kuruluşlara bu tezde öneriler getirilmiştir.

7. KAYNAKÇA

- AGI, 1992, Cartography and Geographical Information Systems. Education, Training and Research Committee of Association for Geographic Information (AGI), UK, *The Cartographic Journal*, Vol.29, No.1.
- Ağacık, Ö., 1975, *Konya-Çumra-Karapınar Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu*, MTA Basılmamış Rapor, Ankara.
- Aka, A. S., 2007, Konya Şehrinin Kuruluş ve Gelişimini Etkileyen Coğrafi Faktörler. Yayımlanmamış Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*. Konya
- Akay, O., 2017, Yeraltı Suyu Akımı Etkisinde 45 Derecelik Şevde Oluşan Kumlu Tın Toprak Erozyonunun Deneysel İncelenmesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(6): 967-973.
- Akay, O., Özer, A.T., Yüzer, Y.L., Bilen, M. ve Bozkır, Ş., 2017, *Sızma Erozyonunun Laboratuvar Ölçeğinde Değerlendirilmesinde Üç-Boyutlu Lazer Tarama*, 9. Ulusal Hidroloji Kongresi, Diyarbakır, Türkiye, 4-6 Ekim, 2017
- Aksoy, H. ve Kavvas, M.L., 2005, A Review Of Hillslope And Watershed Scale Erosion And Sediment Transport Models, *Catena*, 64(2-3): 247-271.
- Aksoy, A., Bulut, E., Yenilmez, F., 2006, *Ulubat Gölü Ötrofikasyon Kontrolü için Maksimum Alıcı Ortam Fosfor Yüklerinin Belirlenmesi*, TÜBİTAK Deniz Bilimleri ve Çevre Araştırmaları Grubu Projesi, 105s. Ankara.
- Anbazhagan, S. ve Archana, M.,N., 2004, Geographic information system and groundwater quality mapping in Panvel Basin, *Environmental Geology*, 45: 753-761.
- Ardel, A., 1965, Anadolu Havzalarının Teşekkül ve Tekamülü Hakkında Düşünceler, *İ.Ü. Coğr. Enstitüsü Dergisi*, 8 (15), Baha Mat., İstanbul.
- Aronoff, S., 1991, *Geographic Information Systems: A Management Perspective* (No. BOOK). *WDL publications*.
- Arıburnu, B., 2020, Coğrafi Bilgi Sistemleri-Temel Kavramlar. Erişim adresi: <https://medium.com/@barisariburnu/co%C4%9Fafi-bilgi-sistemleri-temel-kavramlar-e66d88acbd2>, (27.11.2021).
- Arkoç, O., 2018, Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Üretilen Tematik Haritalar Yardımıyla Edirne Kent Merkezi ve Çevresi Yeraltı Sularının Sulama ve Kullanma Açısından Değerlendirilmesi, *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19, 1, 9-20. ISSN: 2147-0308

- Arslan, H., ve Karadoğan, S., 2004, Coğrafi Çalışmalarda Bilgisayar Destekli Haritaların Oluşturulmasına Bir Örnek: Raster Tabanlı Grafik Programları Ve Layer Kullanımı, *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 128-137.
- Atalay, İ., 2005, Kuaternerdeki İklim Değişmelerinin Türkiye Doğal Ortamı Üzerine Etkileri, Türkiye Kuaterner Sempozyumu Trqua V, *İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü*.
- Aydoğan, M., 2006, *Kentsel Yönetişim Bağlamında E-Planlama Yaklaşımları İzmir Örneği*, İzmir: Yayınlanmamış Doktora Tezi.
- Ayers, R.S. & Wescot, D.W., 1989, Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage, 29 Rev. 1, Roma, 123-124.
- Ayers R.S, Westcot D.W. ve Ünlükaya A., 1989, Tarımda Su Kalitesi, FAO Irrigation and Drainage Paper No:29, Roma.
- Berke, M.Ö., Dıvrak, B.B. ve Sarısoy, H.D., 2014, Konya'da Suyun Bugünü Raporu. Ofset Yapımevi, Erişim Adresi: https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/konya_da_suyun_bugnu_raporu.pdf, (15.12.202)
- Başçiftçi, F., Durduran, S.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.
- Batty, M., 2010, Using Geographical Information Systems, (Key Methods in Geography, Eds: Nicholas Clifford, Shaun French, Gill Valentine), *SAGE Publications Ltd, USA*
- Bryan, R.B., 2000, Soil Erodibility And Processes Of Water Erosion On Hillslope, *Geomorphology*, 32: 385-415.
- Carney, M., 1991, European drinking water standards, *Journal American Water Works Association* 83, no: 6:48-55.
- Canlı, Ş. 2014, Menemen ovasında tarımsal su gereksinimi ve sulama sularının bitki, toprak ve sulama sistemleri açısından olası etkileri. Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üni Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı*, Erzurum.
- Chen, C.H., Hsieh, T.Y. & Yang, J.C., 2017, Investigating Effect Of Water Level Variation and Surface Tension Crack on Riverbank Stability. *Journal of Hydro-environment Research*, 15: 41-53.
- Çabuk, A. (ed.), 2011, Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş. Anadolu Üniversitesi Yayını, No: 2206, *Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Web-Ofset Tesisleri*.

- Çakır, K., 2020, Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Yolören Mahallesi (Edremit-Balıkesir) Yerleşim Alanındaki Zeminlerin Jeo-Mühendislik Özelliklerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir.
- Çan, T., 2020, Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramları. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Powerpoint Sunumu*.
- Çelebi, H., 1969, Yüzeş Akış ve Yüzeş Akış Miktarlarını Hesaplama Metodları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, *Teknik Bülten*, Erzurum.
- Çelik, R., 2007, Diyarbakır Ovası'nın Yeraltı Sularının İncelenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) İle Modellenmesi, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Çelik, R., 2015, Temporal Changes İn The Groundwater Level İn The Upper Tigris Basin, Turkey, determined by a GIS technique, *Journal of African Earth Sciences*, 107: 134-143.
- Çelik, R. ve Hamidi, N., 2017, Silvan İlçesi Ovası Yeraltı Suyu Potansiyeli ve Tematik Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemi ile Belirlenmesi, *DÜMF Mühendislik Dergisi* 9, 2, 929-937.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005, *Konya 2004 Yılı İl Çevre Durum Raporu*, KONYA.
- Çiftci, Ç., Dursun, Ş., Levend, S., ve Kunt, F., 2013, Topoğrafik Yapı, İklim Şartları ve Kentleşmenin Konya'da Hava Kirliliğine Etkisi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(1), 19-24.
- Çobanoğlu, S., 2016, Kartografya ve Uygulamaları, Ders Notları, *Harita Genel Komutanlığı Matbaası*, Ekim 2016, Ankara.
- Değerliyurt, M. ve Çabuk, S., 2015, Coğrafyayı Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Tanımlamak. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 20(33): 37-48.
- Delgado, C., Pacheco, J., Cabrera, A., Batllori, E., Orellana, R. ve Bautista, F., 2010, Quality Of Groundwater For İrrigation İn Tropical Karst Environment: The Case Of Yucatan, Mexico, *Agricultural Water Management*, 97: 1423–1433.
- DeMers, M. N., 1997, Fundamentals of Geographic Information Systems, *John Wiley & Sons*, Inc.
- Dinç, O., 2000, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Teknolojisi ve Veri Analiz Yöntemleri. *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yayın No:FBE-2000-1*, Adana.
- Doğdu, N., 2013, Jeotermal Kaynak Aramalarında Hidrojeoloji Çalışmaları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, Ankara, s. 103,

https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/kutuphane/ekonomi-bultenleri/2013_15/99.pdf

- DSİ 4. Bölge Müdürlüğü, 2021, Toprak ve Su Kaynakları, Konya. Erişim Adresi: <https://bolge04.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/922>, (26.11.2021).
- Dursun, Ş. ve Gürü, M., 1995, SO₂ Konsantrasyonunun Meteorolojik Faktörlerle İlişkisinin Araştırılması ve Yağmur Suyunda Oksitlenmemiş SO₂'nin Ölçümü, *Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü III. Ulusal Sempozyumu*, Ankara.
- Engel, B. A. ve Navulur, K. C. S., 1999, The Role of Geographical Information Systems in Groundwater Engineering. The Handbook of Groundwater Engineering, Editör: Delleur, J.W., CRC Press.
- EPA, 2018, Edition Of The Drinking Water Standards And Health Advisories Tables. *Washington, DC: United States Environmental Protection Agency*.
- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1987, Yeraltıları Jeolojisi (Hidrojeoloji). *İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları*, Yayın No:23, S:339, İstanbul.
- ESRI, 2008, ArcGIS desktop 9.3 Kullanım Kitabı, *İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti. Yayını*, Ankara.
- Erdoğan, N. ve Dağdelen, E., 2012, Sulama Suyu Kalitesinin Önemi, Etkileri ve Değerlendirilmesi.
- Fazal, S., 2008, GIS Basics, *New Age International (P) Ltd., Publishers*, New Delhi
- Fetter, C.W., 2001, Uygulamalı Hidroloji. 4. Baskı. ISBN 0-13-088239-9 Prentice-Hall, Inc. Çev. Mustafa Afşin ve Kamil Kayabalı, *Gazi Kitabevi*, Ankara.
- Fox, G.A., Wilson, G.V., Periketi, R.K. & Cullum, R.F., 2006, Sediment Transport Model For Seepage Erosion Of Streambank Sediment. *Journal of Hydrologic Engineering*, 11(6): 603-611.
- Freeze, A.R. & Cherry, J.A., 2003, Groundwater. 604, *Prentice-Hall, Inc*, New Jersey, USA.
- George, G. K., Akhilasree, D. G., Chandran, M. L., Reshma, P. R., & Siga, G., 2015, Study Of Ground Water Pollution Around An Industry Using GIS, *International Journal of Civil and Structural Engineering Research*, 2(2): 145-150.
- Govarchin Ghale, Y.A., 2014, Multitemporal Change Detection On Urmia Lake And Its Catchment Area Using Remote Sensing And Geographical Information Systems. *İstanbul Technical University Graduate School Of Science Engineering And Technology*, M.Sc. Thesis, İstanbul, s, 258.

- Göçmez, G. ve İşçioğlu, A., 2004, Konya Kapalı Havzasında Yeraltı Suyu Seviye Değişimleri, *I. Yeraltı Suları Ulusal Sempozyumu*, 23-24 Aralık 2004, 9-19. Konya.
- GreenFacts, 2020, Su Kaynakları Hakkındaki Gerçekler, Birleşmiş Milletler Dünya Su Gelişim Raporu 2'nin Özeti, Erişim Adresi: <https://www.greenfacts.org/tr/water-resources/water-resources-foldout-tr.pdf>, (01.04.2022).
- Güler, Ç., 1997, Su Kalitesi. *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:43*, Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, ss. 95, Ankara.
- Güzel, G. ve Gökgez, T., 1998, Sayısal Kartografyanın Coğrafi Bilgi Sistemlerindeki Yeri ve Önemi, *Mülkiyet Dergisi (Tapu Ve Kadastro Müfettişleri Derneği Yayın Organı)* Kasım Sayı :30, İstanbul.
- Göğsu S. ve Hastaoğlu K. Ö., 2019, Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yönteminde Güç Fonksiyonu Etkisinin İncelenmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 17. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Nisan, Ankara.
- Göçmez G.ve İşçioğlu A., 2014, Konya Kapalı Havzası'nda Yeraltı Suyu Seviye Değişimleri, *Yeraltı suyunun Kullanımı, Problemler ve Çözüm Yolları*, Aralık, Konya.
- Gürbüz, S. G., 2021, Emeklilik Buğday Yetiştirilen Alanların Bitki Besleme Kapasitelerinin Toprak Analizleri ile Belirlenmesi: Tekirdağ İli Ergene İlçesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Güllüoğlu, M. S., 2006, Harran Ovası Yeraltı Suyu Kalitesinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Şanlıurfa.
- Hakyemez, C., 2019, SU: Yeni Elmas, TSKB, İstanbul.
- Han, Z., 2013, Groundwater Resources Protection And Aquifer Recovery In China. *Environmental Geology*, 44(1), 106- 111
- Hsin-Fu Y., Youg-Sin, C., Hung-I, L. & Cheng-Haw, L. (2016). Mapping groundwater recharge potential zone using a GIS approach in Hualian River, Taiwan. *Sustainable Environment Research*, 26(1): 33-43.
- Ibrahim, M., Koch, B., 2015, Assessment and mapping of groundwater vulnerability using SAR concentrations and GIS: A case study in Al-Mafraq, Jordon, *Journal of Water Resource and Protection*, 7(7): 498-506.
- İnan, N., 1999, Konya'nın Coğrafi Yapısı ve Tarihi, Milli Mücadeleden Günümüze Konya (1915-1965), Cilt:1, *T.C. Konya Valiliği İl Kültür Müdürlüğü Yayınları*, KONYA

- İngiliz Kartografya Birliği (BCS), 1963, Harita ve Haritacılık, Erişim Adresi: <https://stringfixer.com/tr/Map>, (02.04.2022).
- İpbüker C., 1999, Topografik ve Tematik Haritaların Yapımına Veri Kaynağı Oluşturacak Uydu Görüntülerinin Dönüşüm Yöntemleri Analizi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Haziran.
- Kalkınma Bakanlığı, 2018, Su kaynakları Yönetimi ve Güvenirliği, Onbirinci Kalkınma Planı Özel İhtisasa Komisyon Raporu, Ankara. YAYIN NO: KB: 3012- ÖİK: 793, Erişim Adresi: https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/SuKaynaklariYonetimi_ve_GuvenligiOzelIhtisasKomisyonuRaporu.pdf
- Kalkınma Bakanlığı KOP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, 2012, KOP Bölgesinde DSİ Yeraltı Suyu (YAS) eylem planı ve Kuyulara Su Tahsisi Uygulaması, *Genel Değerlendirmeler ve Öneriler Raporu*, Aralık, Konya.
- Keller, E.A., 2007, Introduction to Environmental Geology, Prentice Hall, *Pearson Education Inc.*, S: 752, USA.
- Kılıçarslan, A., 1991, Konya Kenti'nin İçme ve Kullanma Suyunun Kaynağı Olan Altınapa Barajının Kirilenmesi Üzerine Bir Araştırma, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi*, Konya.
- Konya Büyük Şehir Belediyesi, 2020, Karayolu, Demiryolu Ve Endüstri Gürültü Haritası Final Raporu, Stratejik Gürültü Haritası, KONOISE Konya Gürültü Yönetimi Projesi. http://www.konya.bel.tr/images/cevregurultuharitalari/finalrapor_proje.pdf.
- Konya İli Analitik Etüdüleri, 1963, İller Bankası, Ankara.
- Konya İl ve Kültür Turizm Müdürlüğü, 2021, Konya'nın Coğrafi Konumu. Erişim Adresi: https://www.konyakultur.gov.tr/index.php?route=pages/pages&page_id=2.
- KOP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, 2012, KOP Bölgesinde DSİ Yeraltı Suyu (YAS) eylem planı ve Kuyulara Su Tahsisi Uygulaması, *Genel Değerlendirmeler ve Öneriler Raporu*, Kalkınma Bakanlığı, Aralık, Konya.
- KOP Bölgesi'nde Havza Dışından Su Temini Önerileri Raporu, 2019, *Kalkınma Bakanlığı KOP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı*, Ocak, Konya.
- Kacar, B., 2005, Potasyumun bitkilerde işlevleri ve kalite üzerine etkileri. *Tarımda Potasyumunun Yeri ve Önemi Çalıştayı*, Ekim, Eskişehir.
- Kacar, B. ve İnal, A., 2010, Bitki Analizleri. Nobel Yayınları No:1241, Ankara.
- Mahapatra S.S., Nanda S.K. & Panigrahy B.K., 2011, A Cascaded Fuzzy Interference System For Indian River Water Quality Prediction. *Adv. Eng. Softw.* 42: 787e796.

- Muluk, Ç.B., Kurt, B., Turak, a., Türker, A., Çalışkan, M.A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G., Zeydanlı, U., 2013, Türkiye’de suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği-Doğa Koruma Merkezi. Erişim Adresi: <http://www.skdturkiye.org/files/yayin/turkiyede-suyun-durumu-ve-su-yonetiminde-yeni-yaklasimlar-raporu.pdf>, (02.04.2022).
- Munsuz, N. ve Ünver, İ., 1995, Su Kalitesi, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, Yayın No: 1389, S: 335, Ankara.
- Murthy, K. S. R., 1999, Ground Water Potential In A Semi-Arid Region Of Andhra Pradesh A Geographical Information System Approach Center For Remote Sensing And Information Systems, *Department of Geo-Engineering, Andhra University*, Visakhapatnam no: 9: 1867–1884.
- Muslu, Y., 2004, Su ve Atıksu Mühendisliği Cilt 2: Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü. *Su Vakfı Yayınları*, S: 342, İstanbul.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021, Konya İli Resmi İstatistikleri, Çevre Şehircilik Ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Erişim Adresi: <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=Konya>.
- MTA, 1998, Konya İli Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları, *Yayınlanmamış Proje Çalışması*, Konya.
- Namlı A., 2012, Suyun Kimyasal Özellikleri, pH, Tuzluluk, Kolloidler Bitki Besin Elementleri.
- Ojo, J.S., Olorunfemi, M.O., Akintorinwa, O.J., Bayode, S., Omosuyi, G.O., Akinluyi, F.O., 2015, GIS integrated geomorphological, geological and geoelectrical assesment of the groundwater potential of akure metropolis, southwest Nigeria. *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*, 5(14): 85-101.
- Olgun, K., 2011, Konya İli Yeraltı ve Yerüstü Suyu Potansiyeli, *Konya Kent Sempozyumu* Konya İl Koordinasyon Kurulu 26-27 Kasım, Konya.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2012, Erozyonla Mücadele Eylem Planı 2013-2017. Erişim Adresi: <http://www.cem.gov.tr/erozyon/Files/yayinlarimiz/EROZYON%20EYLEM.pdf>, (20.11.2021).
- ORSAM/ Ortadoğu Stratejik Araştırmalar Merkezi, 2011, Sınır aşan yeraltı suları, Orsam Rapor 63, *Orsam Su Araştırmaları Programı Rapor 7*, ISBN: 978-605-5330-10-1., Ankara.
- Okudan M., 2009, Kobalt ve Molibden İçeren Kullanılmış Hidrodesülfürizasyon (HDS) Katalizör Atıklarına Asidik ve Alkali Liç Uygulaması, *Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üni.* Isparta.

- Özdemir, H., 2017, Coğrafya Bilgi Sistemleri. İstanbul Üniversitesi Açık Ve Uzaktan Eğitim Fakültesi Ders Notları, Erişim adresi: uzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/cografya_lisans_ao/cografya_bilgi_sistemleri.pdf, (12.06.2021).
- Özege, Z., Altınbaş, S., Karaca, H.Ö. ve Örenel, A., 2009, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Web Servisleri, *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 02-06 Kasım 2009, İzmir.
- Ölmez M. ve Saraç D., 2009, Su Ürünleri İçin pH'nın Önemi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi*, Aralık, Isparta.
- Pirnia, S.A., 2012, A Groundwater Vulnerability Assessment Method Using GIS and Multivariate Statistics - Gotland, Sweden, *TRITA LWR Degree Project 12:12*, Sayfa: 31, Sweden.
- Rahmati, O., Pourghasemi, H.R., Melesse, A.M., 2016, Application of GIS-based data driven random forest and maximum entropy models for groundwater potential mapping: A case study at Mehran Region, Iran. *Catena*, 137: 360–372.
- Reis, S., 2003, Çevresel Planlamalara Altlık Bir Coğrafi Bilgi Sistemi Tasarımı ve Uygulaması: Trabzon İl Bilgi Sistemi (TİBİS) Modeli, Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.
- Reis, S., 2014, Kartografya, 2014-2015 Ders Notları, Erişim Adresi: https://silo.tips/queue/kartografya-ders-sorumlusu-do-dr-seluk-res?&queue_id=-1&v=1638199119&u=NDYuMTk2LjIwOC4xMDQ, (02.11.2021).
- Rine, J.M., Shafer, J.M., Covington, E. & Berg, R., 2003, GIS Mapping Of Geologic Sensitivity And Groundwater Flow To Model Aquifer Vulnerability At The Marine Corps Air Station Beaufort, Sc Earth Sciences And Resources Institute, *Univ Of South Carolina, Columbia, sc 29208, Seattle Annual Meeting* (November 2-5, 2003): 32-7.
- Sargın, A. H., 2010, Yeraltı suları, Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı. 200s. Ankara.
- SAWSC/ Güney Atlantik Su Bilimleri Merkezi, 2021, Erişim Adresi: <http://ga.water.usgs.gov>, (02.11.2021).
- Saygılı, R., 2016, Konya ili Haritası, Erişim Adresi: cografyaharita.com, (29.11.2021).
- Selçuk, M., Uçar, D., Bildirici, İ. Ö., Gökgez, T., Başaraner, M., ve Doğru, A. Ö., 2006, Sayısal Kartografya ve Mekansal Bilişim. Türkiye Bilişim Ansiklopedisi (689-694) *Publisher: Türkiye Bilişim Vakfı - Papatya Yayıncılık*.

- Sharma, B., Jangle, N., Bhatt, N. & Dror, D. M., 2015, Can climate change cause groundwater scarcity? An estimate for Bihar, *International Journal of Climatology*, 35(14): 4066- 4078.
- Snow, J., 1855, On the Mode of Communication of Cholera, Koleranın İletişim Modu, Londra İngiltere, UCLA Epidemiyoloji Departmanı web sitesinde, <https://www.ph.ucla.edu/epi/snow/highressnowmap.html>, (03.12.2021).
- Soyaslan, İ. İ., Hepdeniz, K., 2020, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Bucak Havzası Yeraltı Suyu Sertlik Haritasının Hazırlanması, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 99-108.
- Subramani, T., Krishnamurthi, P., 2014, Geostatical modelling for ground water pollution in Salem by using Gis, *International Journal of Engineering Research and Applications*, 4(6): 165-172.
- Sungur, T., 1973, Bitkisel Besinlerimizde Civa Rezidüleri Konusunda Bir Araştırma, *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası*, 26(1): 117-128.
- Sümer, V., 2012, KOP Bölgesi ve Su İhtiyacı: Su Temin Alternatiflerine Genel Bir Bakış, Eylül.
- Sönmez S., 2013. Bitki Beslemenin Temel Unsurları, Hasad Yayıncılık, s.176.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018, Havza Koruma Eylem Planlarının Nehir Havzası Yönetim Planlarına Dönüştürülmesi İçin Teknik Yardım. Konya Kapalı Havzası Yönetim Planı, EuropeAid/134561/D/SER/TR Tarım Ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, s. 2. Erişim Adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/NHYP%20DEN%C4%B0Z/KONYA%20KAPALI%20NEH%C4%B0R%20HAVZASI%20Y%C3%96NET%C4%B0M%20PLANI.pdf>, (09.10.2021).
- Taştekin, N., 2019, Beyşehir (Konya) Ovasının Hidrojeolojik - Hidrojeokimyasal Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
- Taysun, A., 1989, Toprak ve Su Korunumu, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tezler No:92-III*, Bornova/İzmir.
- Tecim, V., 1999, Bilgi Teknolojilerinde Yeni Bir Gelişme: Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bilgi Sistemleri Arasındaki Yeri, *D.E.Ü.İ.İ.B.F. Dergisi*, 14 (1):1-12.
- Tecim, V., 2008, Coğrafi Bilgi Sistemleri: Harita Tabanlı Bilgi Yönetimi, 1. Baskı, (https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=iyfoDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=kartografya+ve+bilgi+sistemlerinde+temel+kavramlar&ots=neqVkkO5_1&sig=2Q_kZkjO0XOyw4ydglnOmVBQl28&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false), (21.10.2021).

- Tiwari, A. K. & Singh, A. K., 2014, Hydrogeochemical Investigation and Groundwater Quality Assessment of Pratapgarh District, Uttar Pradesh, *Journal of the Geological Society of India*, 83(3): 329-343.
- Tomar, A., 2009, Toprak ve Su Kirliliği ve Su Havzalarının Korunması, *TMMOB İzmir Kent Sempozyumu*, 333-345, İzmir.
- Topal, M. ve Arslan Topal, E.I., 2015, 2014-2015 Kış Sezonunda Caro Deresi (Elazığ)'nin Fizikokimyasal Parametreler Açısından Su Kalitesinin Belirlenmesi, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(1): 43-53.
- Tóth, J., 1971, Groundwater Discharge: A Common Generator Of Diverse Geologic And Morphologic Phenomena. International Association of Scientific Hydrology, *Bulletin (Hydrological Sciences Journal)*, 16(1): 7-24.
- TS266, 2005, Sular- İnsani Tüketim Amaçlı Sular, *Türk standardı, Ankara*, 20 sf.
- Turner, A.K., 1991, Three-dimensional Modeling with Geoscientific Information Systems, *Kluwer Academic Publishers*, S: 443, Dordrecht, The Netherlands.
- Tüzel, M., 2008, Ören Yerleri Turizm İlişkisinin Tematik Haritalar Yardımıyla Analizi. Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Taşan M., 2021, Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Aralık, Trabzon.
- Uçar, D. ve Bildirici, İ.Ö., 2003, Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Model Genelleştirme Kavramı ve Geometri ile İlişkisi, *Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu (TUJK) 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı: CBS ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, 94-103, Konya.
- Uçar, D., İpbüker, C., ve Bildirici, İ.Ö., 2012, Matematiksel Kartografya, Harita Projeksiyonları Teorisi ve Uygulamaları, 2. Basım, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Uluslararası Kartografya Birliği (ICA), 1973, ICA/ACI-International Cartographic Association-Association Cartographique Internationale, Erişim Adresi. <http://www.icaci.org>, (14.09.2021).
- URL1, DSİ Türkiye Yeraltı suyu Potansiyeli Raporu-2017, Erişim Adresi: <http://www.dsi.gov.tr/docs/tuhk/turkiye'deyeraltusuyu-potansiyeli-ve-kullanimi.pdf?sfvrsn=2>, (01.12.2021)
- URL2, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021, Hidrolojik Çevrim, Hidrometeoroloji, <https://www.mgm.gov.tr/genel/hidrometeoroloji.aspx?s=4>, (05.10.2021).
- URL3, Devlet Su İşleri 2020 Yılı Resmi Su Kaynakları İstatistikleri, Erişim Adresi: <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1499>, (02.09.2021).

- URL4, Hidrografya, Açıköğretim Ders Notları, <https://cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/ders/hidrografya/5/index.html>, (20.09.2021).
- URL5, TR 52 Bölgesi (Konya-Karaman) Kuraklık İndeksi, Mevlana Kalkınma Ajansı, Erişim Adresi: <https://www.mevka.org.tr/Pages.asp?dil=0&kid=684>, (08.04.2022)
- URL6, TÜİK web sitesinden tedarik edilmiştir, Erişim Adresi: <https://www.tuik.gov.tr>, (15.04.2022)
- URL7, Konya'da suyun bugünü, Erişim adresi: <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/konya-kapali-havzasi-kuraklikla-bogusuyor/1775473>, (10.04.2022).
- URL8, Konya Ticaret Odası, Erişim Adresi: <http://www.kto.org.tr/tarimsal-sanayi-ve-kop-projesi-461s.htm>, (15.04.2022).
- URL9, Tarım ve Onarım Bakanlığı, Erişim Adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/>, (20.03.2022).
- URL10, Tohum Dağıtıcıları Alt Birliği(TODAB), Erişim Adresi: <https://todab.org.tr/tr>, (22.04.2022).
- URL11, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Erişim Adresi: <https://www.dsi.gov.tr>, (10.04.2022).
- URL12, MTA Genel Müdürlüğü, Erişim Adresi: <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/sodyum-sulfat>, (30.04.2022).
- Usul, N., 2017, Mühendislik Hidrolojisi, *ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş.*, ISBN: 978-9944-344-57-9, Ankara.
- Uyguçgil, H., 2009, CBS Veri Tipleri ve Modelleri, (Harita Bilgisi ve Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş, Ed. Alper Çabuk), *Anadolu Üniversitesi Yayınları*, No:1947, Eskişehir.
- Ünal, B., 2015, Hidroloji. Bozok üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Erişim adresi: <https://silo.tips/download/bahar-hidroloji-yrd-do-dr-burhan-nal-yrd-do-dr-burhan-nal-bozok-niversitesi-n-aa>, (28.11.2021).
- Ward, A.D. & Trimble, S.W., 2003, Environmental Hydrology, Second Edition, Taylor & Francis Group, ISBN: 978-1-4200- 5661-7, Boca Raton.
- WHO, 2011, The Guidelines for Drinking-water Quality, *WHO Press*, s: 541, Switzerland.
- Wilson, C.G., Kuhnle, R.A., Bosch, D.D., Steiner, J.L., Starks, P.J., Tomer, M.D. & Wilson, G.V., 2008, Quantifying Relative Contributions From Sediment Sources In Conservation Effects Assessment Project Watersheds, *Journal of Soil and Water Conservation*, 63(6): 523-532.

- Yavuz, V. S., 2017, Batman Ovasının Yeraltı Suyu Potansiyeli Ve Kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) İle Modellenmesi, Doktora Tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Diyarbakır.
- Yılmaz, A., 2005, Konya Hakkında Genel Bilgiler. Erişim adresi: <http://wowturkey.com/forum/viewtopic.php?t=29723&start=5>. Eri, (25.07.2021).
- Yönter, G., 2021, Havzalarda Yüzey Akış Hesaplama Yöntemleri. Erişim Adresi: <http://avesis.ege.edu.tr/resume/downloadfile/gokcen.yonter?key=809daa05-6d05-4d5b-b951-1e6aebde1294>, (21.08.2021).
- Yomralıoğlu, T. 2000, Coğrafi Bilgi Sistemleri-Temel Kavramlar ve Uygulamalar. *Seçil Ofset*, İstanbul.
- Yüksel, S., Yürüm, Y., 2010, Removal of Boron From Aqueous Solutions By Adsorption Using Fly Ash, Zeolite, and Demineralized Lignite, *Separation Science and Terchnology*, 45: 105-115.
- Yerli C., Çakmakçı T., Şahin Ü. ve Tüfenkçi Ş., 2020, Ağır Metallerin Toprak, Bitki, Su ve İnsan Sağlığına Etkileri, *Türk Doğa ve Fen Dergisi*.
- Zacharias, I., Dimitriou, T. & Koussouris, E., 2003, Estimating groundwater discharge into a lake through underwater springs by using GIS Technologies, *Environmental Geology*, 44: 843-851.