



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BİSMİL OVASI (DİYARBAKIR) YERALTI
SULARININ KİRLENMEYE KARŞI
HASSASİYETİNİN DRASTIC YÖNTEMİ
KULLANILARAK BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Alpaslan YÜKSEL

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi H. Alim BARAN

Ağustos-2023
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Alpaslan YÜKSEL tarafından hazırlanan “Bismil Ovası (Diyarbakır) Yeraltı Sularının Kirlenmeye Karşı Hassasiyetinin Drastic Yöntemi Kullanılarak Belirlenmesi” adlı tez çalışması 25/08/2023 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği / ~~oy~~ ~~çokluğu~~ ile Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Sinan ALTUNCU

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi H. Alim BARAN

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Salih DİNÇ

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Osman PAKMA
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü 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 materials and results that are not original to this work.

Alpaslan YÜKSEL
Tarih: 08.08.2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİSMİL OVASI (DİYARBAKIR) YERALTI SULARININ KİRLENMEYE KARŞI HASSASİYETİNİN DRASTIC YÖNTEMİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ

Alpaslan YÜKSEL

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hacı Alim BARAN

2023, 35 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Hacı Alim BARAN

Dr. Öğr. Üyesi Sinan ALTUNCU

Dr. Öğr. Üyesi Salih DİNÇ

Canlılar için hayati önem arz eden doğal kaynaklardan biri tatlı su, tatlı suyun en önemli kaynağı da yeraltı sularıdır. Bu kadar öneme haiz olan yeraltı sularının bilinçli kullanımı ve kirlenmeye karşı korunması da oldukça önemlidir.

Diyarbakır ili Bismil ilçesinin yeraltı sularının kirlenmeye karşı hassasiyetinin belirlendiği bu çalışmada; sondaj verileri coğrafi bilgi sistemleri ile değerlendirilmiş ve DRASTIC metodu kullanılarak yeraltı suyu hassasiyet haritası oluşturulmuştur. 7 parametre kullanılarak uygulanan bu yöntemde Devlet Su İşlerinden alınan, bölgede içme ve sulama amaçlı kullanım için açılmış olan 942 adet sondaj verisi ArcGis programı ile incelenmiştir. Her bir parametrenin yoğunluk haritası IDW interpolasyon yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Haritaların anlamlılığını artırmak ve topografya ile ilişkilendirmek için NASA'dan edinilen 27x27m çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik modeli kullanılarak çalışma alanının kabartma haritası elde edilmiştir.

Yapılan incelemeler sonucunda oluşturulan hassasiyet haritasına göre alansal olarak havzanın %64'ünün düşük hassasiyet, % 18'inin orta hassasiyet ve %8'inin ise yüksek hassasiyete sahip olduğu belirlenmiştir. Yüksek hassasiyet gözlenen alanların yerleşim yerleri veya yakınlarında olması, yeraltı suyu tablasının yüzeye daha yakın olması, olası bir kirlenmede antropojenik etkinin ön planda olabileceğini göstermektedir. Antropojenik etkinin yanı sıra bu bölgelerde alüvyon zemin varlığı, eğimin düşük olması da hassasiyeti artıran parametreler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bismil, CBS, DRASTIC, Kirlenme, Yeraltı suyu

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF THE VULNERABILITY OF BISMIL PLAIN (DIYARBAKIR) GROUNDWATER TO POLLUTION USING THE DRASTIC METHOD

Alpaslan YÜKSEL

**INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES
OF BATMAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN GEOLOGICAL ENGINEERING**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Hacı Alim BARAN

2023, 35 Pages

Jury

Asst. Prof. Dr. Hacı Alim BARAN

Asst. Prof. Dr. Sinan ALTUNCU

Asst. Prof. Dr. Salih DİNÇ

One of the natural resources of vital importance for living things is fresh water, and the most important source of fresh water is groundwater. The conscious use of groundwater, which is of such importance, and its protection against pollution are also very important.

In this study, in which the sensitivity of the underground waters of Diyarbakır province Bismil district to pollution was determined; Drilling data were evaluated with geographic information systems and a groundwater sensitivity map was created using the DRASTIC method. In this method, which is applied using 7 parameters, 942 drilling data taken from the State Hydraulic Works and opened for drinking and irrigation purposes in the region were examined with the ArcGis program. The density map of each parameter was created using the IDW interpolation method. In order to refine the significance of the maps and associate them with the topography, a relief map of the study area was obtained by using the digital elevation model with 27x27m resolution obtained from NASA.

According to the sensitivity map created as a result of the examinations, it was determined that 64% of the basin has low sensitivity, 18% has medium sensitivity and 8% has high sensitivity. The fact that the areas where high sensitivity is observed are located in or near settlements and the groundwater table is closer to the surface indicate that the anthropogenic effect may be at the forefront in a possible pollution. In addition to the anthropogenic effect, the presence of alluvial ground in these regions and the low slope are the parameters that increase the sensitivity.

Keywords: Bismil, GIS, DRASTIC, Pollution, Ground water

ÖNSÖZ

Su, canlıların en küçük yapı taşı olan hücreden yerküreye kadar hayati derecede önemiyle karşımıza çıkmaktadır. Zira yaklaşık oranlarda göz önünde bulundurulursa hücrenin ve yerkürenin %70-80'i sudan oluşmaktadır. Ancak bu kadar fazla bulunmasına rağmen yerkürede kullanılabilir su oranı %2,5 ile bir hayli düşük orandadır. Küresel ısınma, kuraklık, çölleşme vb. tehditler nedeniyle karşımıza birtakım problemler çıkmakta ve bu nedenle kullanılabilir su kaynaklarının korunması insanlık adına olduğu kadar bütün canlı hayatı için en önemli konuların başında gelmektedir.

Bismil Ovası (Diyarbakır) yeraltı sularının kirlenmeye karşı hassasiyetinin DRASTIC yöntemi kullanılarak belirlenmesi başlıklı bu çalışma, kullanılabilir su kaynaklarının bir parçası olan yeraltı sularının kirliliğe karşı hassasiyetinin ölçülmesine Bismil Ovası örneğiyle katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Bu çalışmanın başlangıcından sonuna kadar desteğini hiçbir zaman esirgemeyen engin bilgi ve tecrübelerinden faydalanma şansını bulduğum değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Hacı Alim BARAN'a, çalışma esnasında bölge hakkındaki tecrübelerini paylaşan Jeo. Müh. Müslüm DEDEOĞLU'na, çalışmalarımda katkısı olan arkadaşlarıma ve son olarak her zaman yanımda olan anneme en kalbi duygularla teşekkürü bir borç bilirim.

Alpaslan YÜKSEL
BATMAN-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER TABLOSU.....	x
ÇİZELGELER TABLOSU	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	2
1.2 Çalışmanın Konumu	2
1.3 Çalışma Alanının İklimi.....	3
1.4 Çalışma Alanının Jeolojisi	4
1.5 Çalışma Alanının Arazi Kullanımı	5
1.6 Kaynak Araştırması	6
2. MATERYAL VE YÖNTEM	9
2.1 Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)	10
2.2 Yeraltı Suyu Hassasiyeti	10
2.3 DRASTIC Yöntemi	13
2.3.1 Yeraltı Suyu Derinliği (D).....	14
2.3.2 Beslenme (R)	14
2.3.3 Akifer Ortamı (A)	15
2.3.4 Toprak Bünyesi (S)	16
2.3.5 Topografya (T).....	17
2.3.6 Doymamış Bölge Etkisi (I).....	17
2.3.7 Hidrolik İletkenlik (C).....	18
2.3.8 DRACTIC İndeksi (DI).....	18
3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	21
3.1 Yeraltı Suyu Derinliği (D)	22
3.2 Beslenme (R).....	23
3.3 Akifer Ortamı (A).....	24
3.4 Toprak Bünyesi (S).....	25
3.5 Topografya (T)	26
3.6 Doymamış Bölge Etkisi (I)	28
3.7 Hidrolik İletkenlik (C)	28
3.8 DRACTIC İndeksi (DI)	29

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	31
4.1 Sonuçlar	31
4.2 Öneriler	31
KAYNAKLAR	32
EKLER	34
ÖZGEÇMİŞ.....	35

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A	: Akifer ortamı
Ar	: Akifer ortamı sınıf değeri
Aw	: Akifer ortamı ağırlık değeri
C	: Hidrolik iletkenlik
Cr	: Hidrolik iletkenlik sınıf değeri
Cw	: Hidrolik iletkenlik ağırlık değeri
D	: Yeraltı suyuna olan mesafe
DI	: DRASTIC indeks
Dr	: Yeraltı suyuna olan mesafe sınıf değeri
Dw	: Yeraltı suyuna olan mesafe ağırlık değeri
I	: Doymamış bölge etkisi
Ir	: Doymamış bölge etkisi sınıf değeri
Iw	: Doymamış bölge etkisi ağırlık değeri
R	: Beslenme
Rr	: Beslenme sınıf değeri
Rw	: Beslenme ağırlık değeri
S	: Toprak ortamı
Sr	: Toprak ortamı sınıf değeri
Sw	: Toprak ortamı ağırlık değeri
T	: Topografya
Tr	: Topografya sınıf değeri
Tw	: Topografya ağırlık değeri

Kısaltmalar

ASTER	: Gelişmiş Uzay Kaynaklı Termal Emisyon ve Yansıma Radyometresi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
IDW	: Ters Mesafe Ağırlığı
NASA	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
USEPA	: ABD Çevre Koruma Ajansı
UTM	: Evrensel Enlem Merkatörü koordinat sistemi
WGS	: Dünya Jeodezik Sistemi
YASS	: Yeraltı su seviyesi

ŞEKİLLER TABLOSU

Şekil 1.1. İnceleme alanının yerbulduru haritası	3
Şekil 1.2. İnceleme alanının 1929-2021 yılları arasına ait ortalama sıcaklık ve yağış grafiği (MGM, 2023).....	4
Şekil 1.3. İnceleme alanının jeoloji haritası	5
Şekil 2.1. İnceleme alanında değerlendirilen sondajların lokasyon haritası	9
Şekil 3.1. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli	21
Şekil 3.2. İnceleme alanındaki sondajlara ait derinlik haritası	22
Şekil 3.3. İnceleme alanındaki sondajların derinlik sınıf değer haritası	23
Şekil 3.4. İnceleme alanındaki sondajların beslenme sınıf değerleri haritası.....	24
Şekil 3.5. İnceleme alanına ait toprak türü haritası.....	25
Şekil 3.6. İnceleme alanının toprak sınıf değeri haritası	26
Şekil 3.7. İnceleme alanının eğim haritası.....	27
Şekil 3.8. İnceleme alanının topografya sınıf değer haritası	27
Şekil 3.9. İnceleme alanının hidrolik iletkenlik sınıf değer haritası	29
Şekil 3.10. İnceleme alanının DI haritası	29
Şekil 3.11. İnceleme alanının DI hassasiyet derecesi haritası	30
Şekil 3.12. Google earth uydu görüntüsü üzerinde DI hassasiyet derecesi haritasının görünümü	30

ÇİZELGELER TABLOSU

Çizelge 1.1. Diyarbakır ili 1929-2021 yılları arası ölçülen meteorolojik veriler (MGM, 2023).....	4
Çizelge 1.2 Bismil ilçesi arazi kullanım verileri (CORINE, 2018)	6
Çizelge 1.3. Bismil ilçesi detaylı arazi kullanım verileri (CORINE, 2018).....	6
Çizelge 2.1. D parametresinin sınıf ve ağırlık değerleri (Aller ark., 1987).....	14
Çizelge 2.2. R parametresinin hesaplanmasında kullanılan parametreler (Piscopo, 2001)	15
Çizelge 2.3. A parametresi sınıf değerleri (Aller ve ark., 1987).....	16
Çizelge 2.4. S parametresi sınıf değerleri (Aller ve ark., 1987)	16
Çizelge 2.5. T parametresi sınıf değerleri (Aller ve ark., 1987)	17
Çizelge 2.6. I parametresi sınıf değerleri (Aller ve ark., 1987)	18
Çizelge 2.7. C parametresi sınıf değerleri (Aller ve ark., 1987).....	18
Çizelge 2.8. DRASTIC metotta kullanılan parametreler ve ağırlık değerleri (Aller ve ark., 1987).....	19
Çizelge 2.9. DRASTIC indeksi ve hassasiyet değerlendirilmesi (Aller ve ark., 1987) ..	20
Çizelge 3.1. D parametresine ait sınıf değeri ve ağırlık verileri	22
Çizelge 3.2. R parametresinin hesaplanmasında kullanılan parametreler (Piscopo, 2001)	23
Çizelge 3.3. A parametresi sınıf değerleri (Aller ve diğ. 1987)	24
Çizelge 3.4. S parametresi sınıf ve ağırlık değerleri	25
Çizelge 3.5. S parametresi sınıf ve ağırlık değerleri	27
Çizelge 3.6. C parametresi sınıf ve ağırlık değerleri.....	28
Çizelge 3.7. DRASTIC indeks sınıflaması ve hassasiyet derecesi	30

1. GİRİŞ

Dünyanın üçte ikisi su ile kaplı olmasına karşın, bu su kitlesinin sadece %2,5'lik kısmı tatlı sudur. Tatlı suların büyük bir kısmının da buzullarda olduğu düşünüldüğünde çoğu canlının yaşamını devam ettirebilmesi için en gerekli bileşen olan tatlı suyun önemi bir kez daha açığa çıkmaktadır.

Günümüzde artan nüfus, yapılaşma, teknolojik yenilikler, endüstriyel ve sanayii alanında üretimin artmasıyla orantılı olarak su temini ve ihtiyacının da giderek artmasına neden olmaktadır. Üretimdeki bu artış, ihtiyaçların karşılanması ve ekonomik açıdan olumlu sonuçlarının yanı sıra hızlı tüketimi içerisinde barındırmaktadır. Su ve hammaddelerin hızlı, plansız kullanımı ve tüketimi ise günümüzde kendini iyiden iyiye hissettirmeye başlayan kaynaklara ulaşım problemlerine neden olmaktadır.

Yeraltı suları Dünyadaki kullanılabilir tatlı su kaynaklarının büyük kısmını oluşturmaktadır. Bu hızlı üretime bağlı olarak oluşan evsel, endüstriyel ve sanayii atıkları ise en hayati ve stratejik kaynağımız olan tatlı su kaynaklarını tehdit etmektedir. Bilinçsiz, plansız ve çevreye karşı duyarsız üretim ve kullanım, son zamanlarda sıklıkla duymaya başladığımız çevresel sorunlara neden olmakta, bunun sonucunda hava, toprak ve su kaynaklarında canlı sağlığını tehdit edecek seviyelere varan kirlenmeler meydana gelmektedir. Tatlı su ihtiyacımızı elde ettiğimiz birinci kaynağımız olan yeraltı suları da diğer su kaynakları gibi kirlilikten etkilenmeye açık olduğundan durumun ne denli önemsenmesi gerektiği açıktır.

Yeraltı suyunun kirlenmesi birçok şekilde meydana gelebilmekte; çoğunlukla canlı sağlığı için gerekli olan bileşenlerden daha fazla kimyasal içeriğe sahip olması ya da suyun bünyesine canlı sağlığını tehdit edebilecek kimyasal bileşenlerin eklenmesi şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Yeraltı suları sanayii ve endüstriyel faaliyetlerden etkilenebildiği gibi maden işletme, tarım, şehirleşme, hatta evsel atıklar da kirlenmeye neden olmaktadır. Tarımsal faaliyetlerde gübre kullanımına bağlı olarak suların nitrat açısından kirlenmesi (Su ve Wang, 2013), maden faaliyetlerine bağlı olarak suda ağır metal zenginleşmesinin gözlenmesi (Baran ve ark., 2023), sanayii atıklarının arıtılmadan doğa salınması nedeniyle yüzeyde ve yeraltı sularında farklı bileşenler açısından kirlenmelerin gözlenmesi bunlara örnektir.

1.1 Çalışmanın Amacı

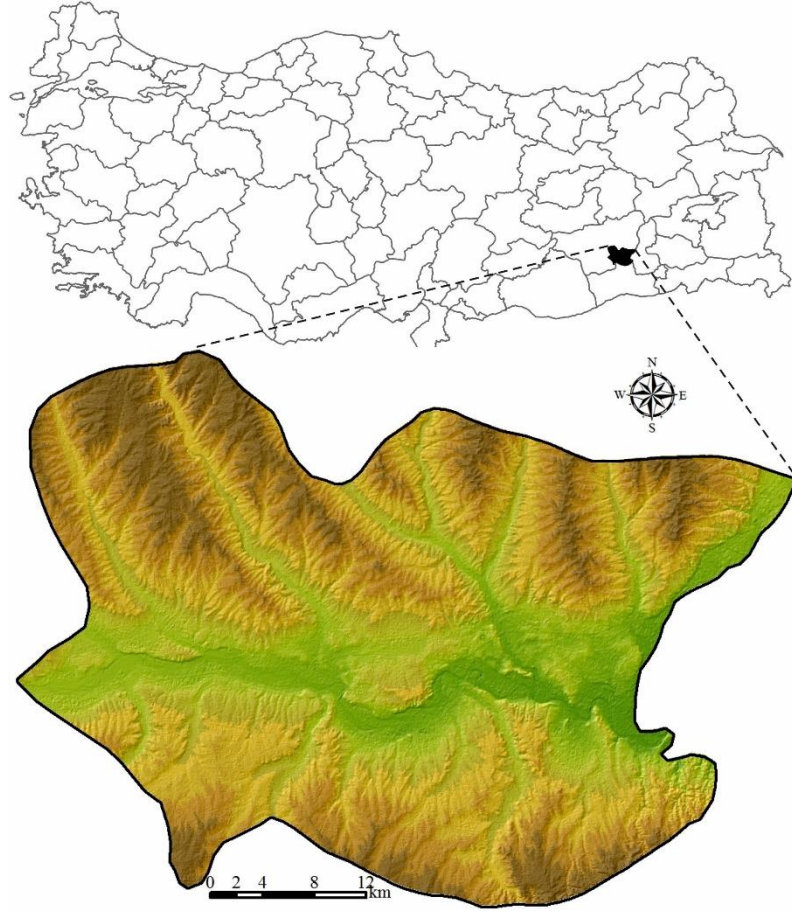
Artan nüfus yoğunluğu ve buna bağlı olarak gelişen yapılaşma, teknoloji, sanayii ve endüstriyel üretimdeki artış doğal kaynakların azalmasına, erişimdeki zorluklara ve kirlenmelerine neden olmaktadır. Çevre kirliliği son zamanlarda nerdeyse en çok duyulan güncel haberlerden biri haline gelmiştir. Doğal kaynakların bilinçli kullanımı, korunması, kaynak yönetim planlarının geliştirilmesi hayati önem arz eder hale gelmiştir.

Bu yüksek lisans çalışması kapsamında Diyarbakır ili Bismil ilçesinin yeraltı sularının kirlenmeye karşı hassasiyetini DRASTIC metodu kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda sahadan elde edilen veriler CBS kullanılarak değerlendirilmiş, hassasiyet haritaları oluşturularak kirlenme hassasiyet alanları belirlenmiştir.

1.2 Çalışmanın Konumu

Bu yüksek lisans çalışmasına konu olan Diyarbakır ilinin Bismil ilçesi Diyarbakır ilinin 48 km doğusunda yer alır ve 1737 km² yüzölçümüne sahiptir (Şekil 1.1.). İlçe, tarımsal faaliyetlerin bol gözlendiği ve su sondajlarının yaygın bir şekilde kullanıldığı bir alandır. Bismil, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Dicle bölümünde yer alan ve genel olarak Güneydoğu Torosların kenar kıvrım kuşağı ile Mardin Eşiği Platosu arasında bulunan depresyonda yer alır. Kuzeydeki Silvan Platosu ile güneydeki Mardin Eşiği Platosu arasında yer alan ve Bismil depresyonu olarak adlandırılan senklinal alanda Dicle Nehri akmakta dolayısıyla bu alan üç jeomorfolojik birim üzerinde yer kaplamaktadır.

İdari olarak Diyarbakır iline bağlı olan Bismil ilçesinin doğu sınırını Batman Suyu ve devamındaki Dicle Nehri, batı sınırını Diyarbakır Merkez İlçe, kuzey sınırını Silvan, güney sınırını ise Gercüş, Savur, Çınar ilçeleri teşkil etmektedir. Diyarbakır havzasının doğu yarısını kapsamakta olan Bismil ilçesi ve yakın çevresi hem jeolojik hem de morfolojik havza ünitesinin bir parçası olma konumundadır. Nitekim ilçenin kuzey ve güneyinde bulunan yüksek jeomorfolojik birimler (Paleosen-Eosen) ile ilçenin kurulu olduğu depresyon tabanındaki Pliyo-Kuvaterner ve Kuvaterner yaşlı depolar bu görüşü destekler niteliktedir.



Şekil 1.1. İnceleme alanının yerbulduru haritası

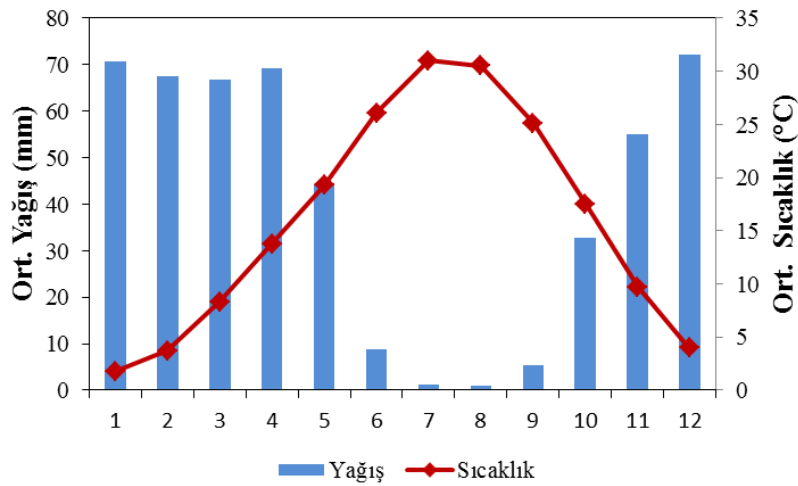
1.3 Çalışma Alanının İklimi

Bismil ilçesi karasal iklimin etkisinde yer almakta olup, yazlar kurak ve sıcak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Meteoroloji genel müdürlüğünün 1929-2021 yılları arası için yapılan ölçümlere göre gözlenen aylık ortalama en yüksek sıcaklık 46,2 °C, ortalama en düşük sıcak -24 °C iken, gözlenen yıllık ortalama en yüksek sıcaklık 22,7 °C, ortalama en düşük sıcak 8,9 °C olarak ölçülmüştür (Çizelge 1.1.).

Bölgede yazlar sıcak ve kurak yaşandığı için temmuz, Ağustos ve eylül aylarında yağış gözlenmemektedir. Bu aylarda ortalama güneşlenme süresinin artması ve dolayısıyla sıcaklığında en üst seviyelerde gözlenmesi yaz aylarının kurak geçmesini kaçınılmaz kılmaktadır (Şekil 1.2).

Çizelge 1.1. Diyarbakır ili 1929-2021 yılları arası ölçülen meteorolojik veriler (MGM, 2023)

DIYARBAKIR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	1.8	3.7	8.3	13.8	19.3	26.1	31	30.5	25.1	17.5	9.7	4	15.9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.7	9.2	14.5	20.4	26.7	33.6	38.4	38.2	33.3	25.4	16.3	9.2	22.7
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-2.2	-1	2.5	7	11.3	16.6	21.7	21.1	16	10.1	4.2	-0.2	8.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.9	4.9	5.6	7.2	9.6	12.2	12.4	11.7	10	7.5	5.5	3.9	7.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	6.67	3.33	3.33	3	4	1.67	-	-	-	1	3.33	6.33	NaN
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	70.6	67.6	66.8	69.1	44.3	8.7	1.3	1	5.4	32.8	55.1	72.2	494.9
En Yüksek Sıcaklık (°C)	16.9	21.8	28.3	35.3	39.8	42	46.2	45.9	42	35.7	28.4	22.5	46.2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-24.2	-21	-14	-6.1	0.8	1.8	9.9	11.4	0	-1.8	-12.9	-23.4	-24.2

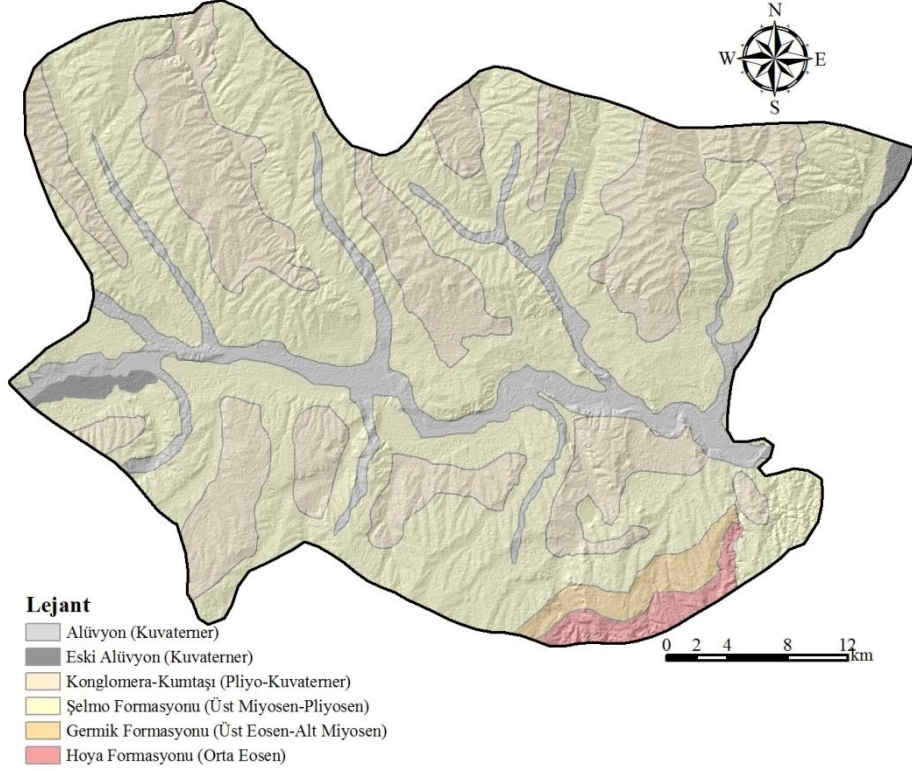


Şekil 1.2. İnceleme alanının 1929-2021 yılları arasına ait ortalama sıcaklık ve yağış grafiği (MGM, 2023)

1.4 Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanında Orta Eosen yaşlı Hoya Formasyonu, Üst Eosen-Alt Miyosen yaşlı Germik Formasyonu, Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Şelmo Formasyonu ile Kuvaterner yaşlı eski ve yeni alüvyonlar gözlenmektedir (Şekil 1.3.). Hoya Formasyonun hakim litolojik birimi karbonatlı kayaçlar olup, kireçtaşı ve dolomitlerden oluşmaktadır. Birimde alttan üste doğru kireçtaşından dolomitlere geçiş gözlenir. Kireçtaşları ve dolomitler açık renkli (bej, krem), orta-kalın tabakalıdır. Anhidrit ve jipsli seviyeler içeren yer yer dolomitik ve killi kireçtaşında oluşan Germik formasyonu beyaz, gri, bej renklerde gözlenir. Sarı, kırmızımsı ve kahverengi renklerde gözlenen Şelmo

Formasyonu çakıltası, kumtaşı, silttaşı ve marn ardalanmasından oluşmaktadır (Dinç ve Keskin, 2017). Kuvaterner yaşlı eski alüvyonlar eski dere yataklarını işaret ederken güncel alüvyonlar mevcut dere yataklarında gözlenmektedir.



Şekil 1.3. İnceleme alanının jeoloji haritası

1.5 Çalışma Alanının Arazi Kullanımı

Diyarbakır ilinin en büyük ilçesi olan Bismil geniş ve verimli tarım alanlarına sahiptir. Buğday, arpa, pamuk, mısır, ayçiçeği, nohut, fasulye, domates, salatalık vb. sebze ürünleri ile elma, armut ve kiraz gibi meyveler de yetiştirilmektedir. CORİNE projesi verilerine göre inceleme alanı olan Bismil ovasında arazi kullanım verilerine göre en geniş alanı % 93,09 ile tarımsal alanlar oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla %4,19 ile orman ve yarı doğal alanlar, % 1,57 ile su kütleleri, %0,97 ile yapay bölgeler ve %0,18 ile sulak alanlar takip etmektedir (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2 Bismil ilçesi arazi kullanım verileri (CORINE, 2018)

Alanlar	Alan (ha)	Yüzde (%)
Tarımsal Alanlar	155949,06	93,09
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	7026,71	4,19
Su Kütleleri	2623,78	1,57
Yapay Bölgeler	1625,29	0,97
Sulak Alanlar	303,52	0,18

İlçenin sahip olduğu arazilerin detaylı kullanım alanları ve oranları Çizelge 1.3'te sunulmuştur.

Çizelge 1.3. Bismil ilçesi detaylı arazi kullanım verileri (CORINE, 2018)

Katman	Alan (ha)	Yüzde (%)
Sürekli Sulanan Alanlar (2121)	100220,39	59,82
Sulanmayan Ekilebilir Alanlar (2111)	46518,56	27,77
Seyrek Bitki Alanları (333)	4202,72	2,51
Doğal Bitki Örtüsü İle Karışık Tarım Alanları (243)	4004,36	2,39
Mera Alanları (231)	3890,71	2,32
Sahiller, Kumsallar, Kumluklar (331)	2497,08	1,49
Su Yolları (511)	2451,85	1,46
Sulanmayan Karışık Tarım Alanları (2421)	1140,18	0,68
Sürekliliği Olmayan Yerleşim Alanları (1122)	764,83	0,46
Sürekliliği Olmayan Kırsal Yerleşim Alanları (1121)	730,37	0,44
Bataklıklar (411)	303,52	0,18
Doğal Çayırliklar (321)	284,41	0,17
Kıyı Lagünleri (521)	171,93	0,1
Sulanmayan Meyve Alanları (2221)	135,87	0,08
Endüstriyel ve Ticari Birimler (121)	93,68	0,06
Bitki Değişim Alanları (324)	42,49	0,03
Sulanan Karışık Tarım Alanları (2422)	38,98	0,02
Maden Çıkarım Sahaları (131)	36,41	0,02

1.6 Kaynak Araştırması

Aller ve ark. (1987) 7 parametreden oluşan indeks tabanlı bir yöntem olan DRASTIC metodunu önermişlerdir.

Özgen (2007) Bismil ilçesinin coğrafyası konulu doktora tez çalışmasında ilçenin coğrafik özelliklerini ortaya koymuştur.

Sener ve Davraz (2012) yaptıkları çalışmada, Eğridir gölü havzasının yeraltı suyu hassasiyetini CBS tabanlı DRASTIC ve metot ile modified-DRASTIC-AHP metodları ile incelemişlerdir.

Bedirhanoglu Yıldız (2013) Yukarı Dicle havzasında yer alan 7 bölgeden yapmış olduğu örnekleme ile Dicle nehri su kalitesini zenginleşme faktörü kullanarak zamansal ve mekânsal değişimini tespit etmiştir. 4 lokasyonda kirlenme tespit edilen çalışmada kirlenmenin kaynağının antropojenik olduğu belirlenmiştir.

Varol ve ark. (2013) Dicle nehrinin ağır metal içeriğini 7 bölgeden aldıkları örnekler ile mekânsal ve zamansal olarak çalışmış, 3 bölgede orta kirlenmeden düşük kirlenmeye değişen kirlilik tespiti gerçekleştirmiş ve özellikle Cu, Ni ve Zn elementlerinde gözlenen kirlenmenin kaynağının antropojenik olduğunu belirlemişlerdir.

Türkay (2015) Köyceğiz-Dalyan havzasında DRASTIC metodu uygulayarak yeraltı suyu hassasiyet çalışması gerçekleştirmiştir. Havza alanının %24,4'ünün çok yüksek, %8,3'ünün yüksek yeraltı suyu hassasiyetine sahip olduğunu belirlemiştir.

Çelik (2017) 1996-2011 yılları arasına ait verileri kullanarak Bismil Ovasının sulama nedeniyle yeraltı suyu statik su seviyesi değişimlerini CBS tabanlı olarak incelemiştir. Çalışmada statik su seviyesinde düşüş gözlemlendiği ve her geçen yıl düşüş miktarının arttığı tespit etmiştir.

Sayılgan (2019) Göksu deltasında yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışması kapsamında kıyı akiferinin yeraltı suyu hassasiyetini CBS tabanlı olarak DRASTIC metodu ile belirlemiştir. Çalışma ile akiferin alansal olarak kirlenmeye karşı hassasiyet eğiliminin %22,69 yüksek, %49,8 orta ve % 27,2 düşük olarak belirlemiştir.

Varol ve ark. (2020) yapmış oldukları çalışmada, Salda Gölü havzasında yaptıkları çalışmada havzanın yeraltı suyu hassasiyetini DRASTIC metodu ile CBS tabanlı olarak incelemiş, havzanın alansal olarak %13,71'inin yüksek, %10,13'ünün orta ve %76,15'inin düşük kirlilik potansiyeline sahip olduğunu belirlemişlerdir.

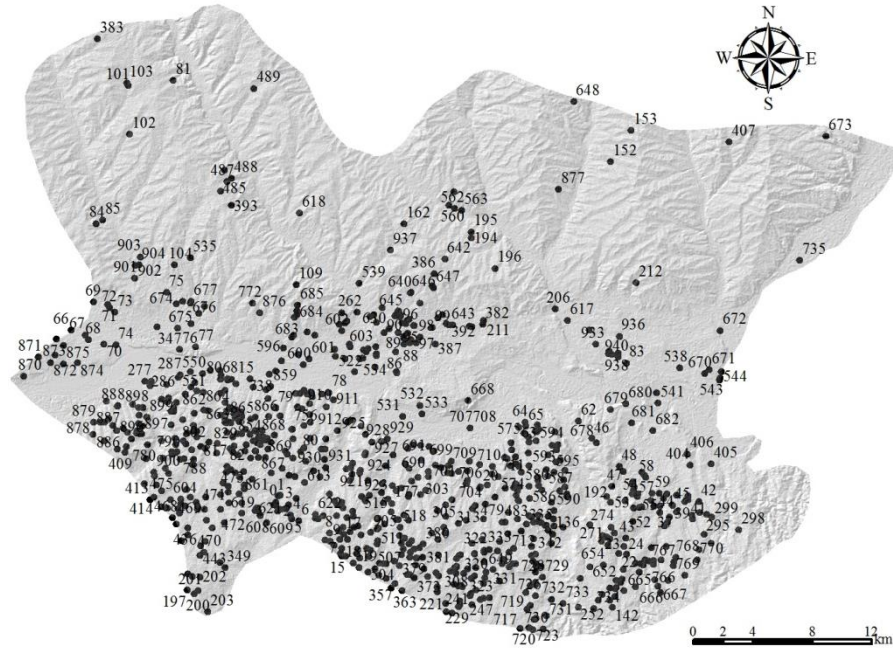
Shah ve ark. (2021) Pakistanın Safdarabad Tehsil bölgesinde yaptığı çalışmada DRASTIC indeks ve jeo-elektrik teknikler kullanarak bölgenin yeraltı suyu hassasiyetini incelemişler ve iki yönteminde pozitif korelasyon sunduğunu belirlemişlerdir.

Ghosh ve ark. (2021) Hindistan Birbhum bölgesinde DRASTIC metodu kullanarak yeraltı suyu hassasiyeti çalışması gerçekleştirmiş, bölgenin batısında yeraltı suyu hem yüzeye daha yakın olduğu hem de bölgede gözlenen altere granitler nedeniyle zararlı minerallerin kolayca çözünerek suya karıştığını belirlenmişlerdir.

Chakraborty ve ark. (2022) Hindistan'ın batı Bengal bölgesindeki Dwarakeshwar nehri havzasında CBS tabanlı DRASTIC metot çalışması ile yeraltı suyu hassasiyeti değerlendirmesi gerçekleştirmiş, yüksek hassasiyete sahip belgelerin varlığını belirlemiş ve özellikler havzanın üst kısımlarında yeraltı suyu yüzeye yakın olduğu için hassasiyetin daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında Bismil ilçesinde kamu kurumu veya şahıslar tarafından açılmış ve DSİ tarafından kontrol edilerek kullanıma izin verilmiş olan sondaj verileri kullanılarak Bismil ilçesinin yeraltı suyu hassasiyeti belirlenmiştir. DSİ'den alınan veriler veri-konum oyumu, veri güvenliği ve uyumsuzluk değerlendirmeleri yapıldıktan sonra geriye kalan 942 adet sondaj verisi coğrafi bilgi sistemi yazılımı olan ArcGis 10.8 programı ile değerlendirilmiştir (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. İnceleme alanında değerlendirilen sondajların lokasyon haritası

Çalışma esnasında kullanılan edilen veriler, oluşturulan haritaların anlamlılığını artırmak için çalışma alanının NASA tarafından EarthExplorer ortamında paylaşılan 27m hassasiyetine sahip ASTER sayısal yükseklik modelinden faydalanılmıştır. Bu görüntü kullanılarak çalışma alanının kabartma haritası, eğim haritası ve çalışma alanının 3 boyutlu blok diyagramı (Ek 1) hazırlanmıştır. Önceki çalışmalardan alınan jeoloji haritası ArcGis programı kullanılarak sayısallaştırılmış ve kabartma haritasına giydirilmiştir. Toprak bünyesi hesaplaması için önceki çalışmalarda yer alan bölgenin toprak yapısı bilgisi ile CORINE projesi verilerinden yararlanılmıştır. Oluşturulan bütün haritalarda UTM projeksiyon sistemi European ED 1950 datum kullanılmıştır. Dağılım ve yoğunluk

haritaları ters ağırlık değerlendirme (IDW) intrerpolasyon yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır.

2.1 Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)

Adından da anlaşılacağı gibi coğrafi objeler ile verileri ilişkilendirme, değerlendirme ve karar vermede kullanılan yazılımlara coğrafi bilgi sistemleri denilmektedir. Bu programlar büyük hacimli verilerin depolanması, mekânsal analizleri, sorgulanması, zamansal değişimlerinin belirlenmesi gibi uygulamaları mevcuttur. Bu amaçla kullanılan birçok yazılım mevcuttur. ArcGis, Mapinfo, Qgis bunlardan en yaygın olarak kullanılanlardır. Coğrafi bilgi sistemleri çok geniş bir kullanım alanına sahip olup, bunlardan bazıları;

- Jeoloji ve yer bilimleri
- Su kaynakları ve yönetimi
- Coğrafya
- Tarım
- Ormancılık
- Petrol ve maden arama
- Şehir ve bölge planlama
- Haritacılık
- Navigasyon
- Araç takip ve taşımacılık
- Kaynak yönetimi
- Askeri uygulamalar
- Meteoroloji
- Güvenlik

şeklinde sıralanabilir. Bunların yanı sıra birçok alt kullanım alanları da mevcuttur.

2.2 Yeraltı Suyu Hassasiyeti

Su gezegenimiz yüzeyinde en bol gözlenen bileşik konumundadır. Suyun gezegenimizde sürekli bir dönüşüm halinde olduğu döngü su döngüsü olarak tanımlanmaktadır. Bu döngü her ne kadar yeryüzünde toplam su miktarının korunmasını sağlasa da kimi zaman farklı türdeki suların birbirine dönüşümü şeklinde de gelişebilir. Örneğin denizlerde bulunan su tatlı su iken, buharlaşma, yoğunlaşma ve yağış sonucunda yeryüzüne ulaşır. Bu su yağış olayının gerçekleştiği yerin iklim, jeolojik ve coğrafik

özelliklerine bağlı olarak kimi zaman yüzey akışları ile göl veya denize ulaşır kimi zaman ise yeraltına süzülerek yeraltı sularını besleyerek canlılar açısından en önemli tatlı su kaynağı olan yeraltı suyuna dönüşür. Yeraltında tatlı suları barındıracak porozite ve permeabiliteye sahip, geçirgen jeolojik birimler akifer olarak adlandırılırken, akiferde bulunan sulara ise yeraltı suyu olarak adlandırılır (Atalay, 2005).

Yeraltı suları, içme suyu olarak kullanılabilen tatlı su kaynaklarının yaklaşık %99'una karşılık gelir. Dolayısıyla canlıların hayatını idame ettirebilmesi için vazgeçilmez ve yeri doldurulamaz bir kaynak olması sebebiyle bilinçli kullanımı, kirlenmeye karşı korunması elzemdir. Yeraltı suları genellikle yüzeyde gözlenmese de yeryüzü ile direk olarak bağlantılı olması, yağışların ve/veya yüzey sularının yeraltına süzülmesi ile olumsuz etkilere açıktır. Bu etkiler kimi zaman maden oluşumları, alterasyon bölgeleri, tektonik yapılar gibi doğal jeolojik oluşumlar olabileceği gibi çoğunlukla antropojenik etkiye bağlı olarak insan eliyle direk ya da dolaylı yoldan meydana gelebilmektedir.

Yeraltı sularının kirlenmesi, suların yapısında doğal olarak bulunabilen bileşenlerin canlı sağlığına zararlı olabilecek miktarlara ulaşması ya da direk canlı sağlığını olumsuz etkileyecek bileşenlerin suyun kimyasal bileşimine eklenmesi şeklinde meydana gelebilmektedir. Örneğin Al elementi su vb. şekilde canlı sağlığına zararlı olacak miktarlarda bulunarak bünyeye girmesi halinde yıkıcı etki meydana gelmekte, Alzheimer, beyin ve merkezi sinir sistemine zarar verebilmektedir (Alasfar ve Isaifan, 2021). Sularda doğal olarak bulunan katyon ve anyonların yanı sıra iz ve ağır elementler için de aynı durum söz konusudur. Örneğin Pb, As, Hg gibi ağır elementler açısından kirlenmiş bir su canlıda sinir sistemi, beyin ve solunum sisteminde büyük hasarlara neden olabilmekte hatta tahribatın boyutları can kaybına kadar varabilmektedir (Baran ve Gumus Kiral, 2023).

Yeraltı suyu hassasiyeti belirleme yöntemleri, jeoloji, coğrafya ve suyun kalitesini belirleyecek akifer özellikleri gibi parametreleri kullanarak aslında direk olarak kirlenme tespitine değil meydana gelebilecek olası bir kirlenme ihtimalinin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Bu amaçla geliştirilmiş birçok yöntem mevcut olmakla beraber bazı yöntemler sınırlı ortamlarda kullanılabilirken bazıları her ortam için kullanılmaya uygundur. Yine de yeraltı sularının kirlenmeye karşı hassasiyeti çalışmalarının doğrudan ölçüm ve kesin sonuca ulaşmaktan ziyade yalnızca kirlenme ihtimalinin değerlendirildiği nitelikte olduğunu belirtmekte fayda olacaktır. Kirleticinin suya olan uzaklığı, yeraltı suyunun ve bulunduğu bölgenin özellikleri kirlenme hassasiyetini etkilemektedir.

İki şekilde yapılan kirlenme hassasiyeti değerlendirmesinin ilki kirleticinin izlediği yolun bulunduğu ortamın doğal özellikleri dikkate alınarak belirlenen özel hassasiyet derecesidir. İkincisi ise hem yeraltı suyunun hem de yeraltı suyunun bulunduğu ortamın doğal özelliklerini dikkate alan içsel hassasiyet derecesidir.

Akiferlerin kirlenmeye karşı hassasiyetinin belirlenmesi için de hassasiyet haritaları hazırlanmakta ve bu haritalar dört temel yöntemde toplanmaktadır. Birinci yöntem olarak istatistiksel yöntemler ile elde olan veriler doğrultusunda verilerin az ya da yetersiz olduğu bölgeler için çeşitli bağıntılar kurarak değerlendirmeler geliştirilmektedir. Gözlem tabanlı yöntemler olan ikinci yöntemde gözlem kuyularında belirlenen kirliliğe dayanan hassasiyet haritaları hazırlanmakta ve hem kirleticinin kaynağı hem de kirleticinin yeraltı suyuna uzaklığı göz ardı edilmektedir. Süreç tabanlı yöntemler olan üçüncü yöntemde gözlem tabanlı yöntemin aksine yeraltı suyunun bulunduğu birimin özellikleri ile beraber kirleticinin kaynağı ve yeraltı suyuna olan uzaklığı göz önünde bulundurulmakta, yaklaşık tahminler ve simülasyon modelleri ile hassasiyet haritaları oluşturulmaktadır. Son olarak indeks tabanlı yöntemlerde ise kirleticinin yeraltı suyuna ulaşırken aldığı yol dikkate alınmaktadır. Dolayısıyla hassasiyet haritaları oluşturulurken kirleticinin geçtiği ortamlar ve bu ortamların çeşitli özellikleri göz önünde bulundurulmaktadır.

Yeraltı suları genel olarak göz önüne alındığında geçirimli katmanlara sahip alanlarda ve özellikle jeolojik ve jeomorfolojik depresyonlarda yaygınlık gösterdiği görülmektedir. Dolayısıyla Türkiye’de yeraltı sularının en yaygın olduğu ve aynı zamanda bu sulardan en fazla yararlanan bölgelerden birisi olarak Güneydoğu Anadolu bölgesi karşımıza çıkmaktadır.

Yarı kurak Step iklimi ve karst topografyasına sahip olan Bismil yöresinde yaz dönemlerinde su sıkıntısının oldukça fazla olduğu bilinmektedir. Yeterli miktarda doğal kaynaklı içme ve kullanma suyunun olmadığı için söz konusu yörede, tüketilen suyun hemen hepsi yeraltı sularından, özellikle de sondajlardan elde edilmektedir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin genelinde olduğu gibi Bismil depresyonunda da yeraltı suyu rezervinin zengin olduğu bilinmektedir. Bismil depresyonunda neojen tortulların (özellikle Şelmo formasyonu) yüzlerce metre kalınlıkta olması nedeniyle yağış ve yüzey suları yeraltına kolaylıkla sızabilmektedir. Bismil ilçesinde zengin yeraltı suyunun bulunduğu alanlarda Dicle Nehri vadisi tabanı ve yakın çevresi karşımıza çıkmaktadır. Bu alanlarda yer altı suyu 30- 40 m derinlikte yer alırken Silvan ve Mardin Eşiği Platolarında ise Dicle Nehri vadisi ve yakın çevresinin aksine yer altı suyunun

derinliği 450- 500 m'ye kadar inebilmektedir. Yaz döneminde su tüketiminin artması ve yağışların olmamasıyla özellikle plato kuşağındaki yeraltı suyu seviyesinde (kuyularda) önemli azalmalar görölmektedir.

Yeraltı suyu hassasiyeti belirlemede araştırmacılar tarafından birçok metot önerilmiştir. GOD, SINTACS, AVI, EPIK, PI ve COP, SEEPAGE, ISIS ve DRASTIC bu yöntemlerden birkaçıdır. Bilimsel literatüre yeni katılar sağlandıkça yeni yöntemlerin geliştirilmesi ve/veya mevcut yöntemlerin modernize/modifiye edilmesi mümkündür. Bu çalışmada yeraltı suyu hassasiyeti belirlemede DRASTIC yöntemi kullanılmıştır.

2.3 DRASTIC Yöntemi

1987 yılında Aller ve arkadaşları tarafından geliştirilen ve ABD Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından sunulan DRASTIC yöntemi, yeraltı suyu ortamını etkileyen yedi farklı parametreyi ölçü almaktadır. Bu parametreler sırasıyla;

1. Yeraltı suyu derinliği (Depth to Water),
2. Net beslenme (Net Recharge),
3. Akifer ortamı (Aquifer Media),
4. Toprak ortamı (Soil Media),
5. Eğim (Topography),
6. Doymamış bölge etkisi (Impact of Vadose Zone)
7. Hidrolik iletkenliktir (Hydraulic Conductivity).

DRASTIC Yönteminde her bir parametrenin kirliliğe olan etkisi oranında sabit bir ağırlık değeri belirlenmiş, bu değeri yöntem kılavuzunda açıklanarak kullanıcılar tarafından değıştirilmesinin önüne geçilmiştir. Ağırlık değeri lerinin yanı sıra her bir parametre için sınıf değeri ler de atanmış olup, bu sınıf değeri ler belirli aralıktaki değeri lere karşılık geldiğinden her çalışma alanı için farklılık göstermektedir. Her bir parametreye ait ağırlık ve sınıf değeri nin çarpılması ile ilgili parametre değeri elde edilmekte, elde edilen yedi parametre değeri nin toplanması ile DRASTIC İndeks değeri hesaplanmaktadır. DRASTIC İndeks değeri nin düşük olması yeraltı suyu hassasiyeti nin düşük olması anlamına gelmekteyken, yüksek olması yeraltı suyu hassasiyeti nin yüksek olması anlamına gelmektedir.

Bahsi geçen şekilde hesaplanan DRASTIC yöntemi dört ana unsur üzerinde geliştirilmiştir. Bu unsurlar ise aşağıdaki şekildedir;

1. Kirletici yüzeyde yani toprak üzerinde bulunmakta,
2. Kirletici yeraltı suyuna yağmur suyu aracılığıyla ulaşmakta,

3. Kirletici suyun hareketi ile ilerlemekte,
4. DRASTIC yöntemi ile değerlendirilecek alan 0,4 km²'den büyük olmaktadır.

2.3.1 Yeraltı Suyu Derinliği (D)

DRASTIC metoduna göre yeraltı suyunu kirleten etkenler yeryüzünde yer aldığından yani kirleticiler ve kirlenme kaynağı yüzeyden geldiğinden bu parametre çok önemlidir. Yüzeyden itibaren yeraltı suyuna olan mesafe olarak tanımlanır ve bu mesafe ne kadar kısa ise kirlenme hassasiyeti o kadar fazladır. Çalışma alanındaki sondajlardan elde edilen derinlik verilerine göre her sondaj için metot tarafından önerilen sınıf değerleri (Çizelge 2.1) atanmıştır. Bu işlem yapılırken öncelikle her bir sondaj için derinlik haritası oluşturulmuştur. Her bir sondajın derinlik verisine göre önerilen sınıf değer atamaları gerçekleştirilmiş ve derinlik sınıf değer haritası (Dr) elde edilmiştir. Metot tarafından önerilen ağırlık (Dw) değeri ile çarpılarak yeraltı suyu derinlik değeri (D) elde edilmiştir.

$$D = Dr * Dw$$

Çizelge 2.1. D parametresinin sınıf ve ağırlık değerleri (Aller ark., 1987)

Parametre (D)	Sınıf	Sınıf Değeri (Dr)	Ağırlık (Dw)
Yeraltı suyu derinliği (m)	0 - 1,52	10	5
	1,52 - 4,57	9	
	4,57 - 9,14	7	
	9,14 - 15,24	5	
	15,24 - 22,86	3	
	22,86 - 30,48	2	
	> 30,48	1	

2.3.2 Beslenme (R)

Yüzeyden sızarak akiferi besleyen suyu ifade den beslenme, kuyularda yapılan periyodik gözlem ile belirlenebildiği gibi beslenme değeri hesaplanacak alanın geçirgenlik (permeabilite), eğim (topografya) ve yıllık yağış miktarı kullanılarak da hesaplanabilir (Piscopo, 2001). Piscopo (2001) tarafından önerilen denklemde çalışılacak alan için hesaplanan parametrelere bağlı sınıflandırma ile beslenme sınıf değerinin (Rr) belirlenmesini mümkün kılmaktadır (Çizelge 2.2). Çalışma alanındaki her sondaj noktası için yağış miktarı tespit edilerek buna karşılık gelen yağış (RA) parametresi bulunmuştur.

Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli kullanılarak eğim haritası oluşturulmuş ve bu harita yardımıyla denklemin diğer bir parametresi olan topografya (T) belirlenmiştir. Akiferin hidrolik iletkenliği sınıflandırılarak buna bağlı SP değeri tespit edilmiştir. Belirlenen parametreler aşağıdaki denklem kullanılarak Rr sınıf değeri bulunmuştur.

$$R = RA + T + SP$$

Beslenme sınıf değeri (Rr) metot ağırlık değeri (Rw) ile çarpımı sonucunda beslenmenin etkisi belirlenmiştir.

$$R = Rr * Rw$$

Çizelge 2.2. R parametresinin hesaplanmasında kullanılan parametreler (Piscopo, 2001)

Yağış (mm/y)		Topografya (%Eğim)		Permeabilite		Beslenme Değeri	Sınıf Değeri (Rr)	Ağırlık (Sw)
Aralık	RA	Aralık	T	Aralık	SP	Aralık		
< 500	1	> 33	1	Çok düşük	1	3 - 5	1	4
500 - 700	2	10 - 33	2	Düşük	2	5 - 7	3	
700 - 850	3	2 - 10	3	Orta	3	7 - 9	5	
> 850	4	< 2	4	Yüksek	4	9 - 11	8	
				Çok yüksek	5	11 - 13	10	

2.3.3 Akifer Ortamı (A)

Yeraltı suyunu barındıracak porozite ve permeabiliteye sahip ve suya doymun olan birim olarak tanımlanan akiferin türü DRASTIC metodun uygulanmasında kirlenmenin hızı ve etkisi açısından önemli parametrelerden biridir. Çalışılacak alan için belirlenen akifer ortamının Çizelge 2.3'te verilen sınıflamaya uygun olarak ortalama sınıf değeri (Ar) belirlenir. Sınıf değerinde verilerin aralık olarak verilmesi doğada aynı litolojinin farklı jeolojik özelliklere sahip olarak gözlenebilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle incelenecek alanda yer alan birimlerin jeolojik değerlendirilmesi sonucunda litolojiye uygun olarak ortalama sınıf değeri (Ar) tespit edilir. Bu değer parametrenin sistem üzerine etkisi olan ağırlık değeri (Aw) ile çarpılması ile akifer ortam etkisi belirlenir.

$$A = Ar * Aw$$

Çizelge 2.3. A parametresi sınıf değerleri (Aller ve ark., 1987)

Akifer Ortamı (A)	Sınıf Değeri	Ortalama Sınıf Değeri (Ar)	Ağırlık (Aw)
Masif şeyl	1 - 3	2	3
Metamorfik/Volkanik kayaç	2 - 5	3	
Bozunmuş metamorfik/Volkanik kayaç	3 - 5	4	
Buzul çökeli	4 - 6	5	
Tabakalı kumtaşı, kireçtaşı ve şeyl	5 - 9	6	
Masif kumtaşı	4 - 9	6	
Masif kireçtaşı	4 - 9	8	
Kum ve çakıl	4 - 9	8	
Bazalt	2 - 10	9	
Karstik kireçtaşı	9 - 10	10	

2.3.4 Toprak Bünyesi (S)

Toprak, yüzeydeki her türlü etkiye açık olan, olası bir kirlenmeye doğal olarak kaynak olabilen veya kirlenmeden direk olarak etkilenen ve bu etkiyi de yer altına iletebilen bir parametredir. Yüzey suları veya yağış etkisi ile topraktaki olumsuz etkiler yeraltı suyuna iletelebilmekte ve toprağın türü ve özellikleri bu aşamada önemli rol oynamaktadır. Metodu öneren araştırmacılar tarafından belirlenen toprak sınıfları için tespit edilen sınıf değeri (Sr) ve parametre ağırlığı (Sw) kullanılarak toprak bünyesinin hassasiyete etkisi belirlenir (Çizelge 2.4).

$$S = S_r * S_w$$

Çizelge 2.4. S parametresi sınıf değerleri (Aller ve ark., 1987)

Toprak Bünyesi (S)	Sınıf Değeri (Sr)	Ağırlık (Sw)
Küçülmemiş veya kümelenmemiş kil	1	2
Bataklık	2	
Killi tın	3	
Siltli tın	4	
Tın	5	
Kumlu tın	6	
Küçülmüş veya kümelenmiş kil	7	
Torf	8	
Kum	9	
Çakıl	10	
İnce veya yok	10	

2.3.5 Topografya (T)

DRASTIC metodu yeraltı suyunun kirlenmesine neden olan kirleticinin kaynağı yüzey olduğu kabulü üzerine geliştirilmiş bir tekniktir. Yüzeydeki kirliliğin yeraltı suyuna ulaşmasını da yüzey suları ve/veya yağışlar sağlamaktadır. Bu nedenle hassasiyet değerlendirilmesi yapılacak alanın eğimi, yağış sularının yeraltına süzülmesinde direk olarak etkili bir parametredir. Eğim ne kadar fazla ise yeraltına süzülme o kadar az olacak, eğim ne kadar az ise süzülme miktarı ve dolayısıyla kirlenme hassasiyeti artacaktır. Eğim için belirlenen sınıf (Tr) ve ağırlık değeri (Tw) kullanılarak topografya (T) parametresi hesaplanır (Çizelge 2.5).

$$T = Tr * Tw$$

Çizelge 2.5. T parametresi sınıf değerleri (Aller ve ark., 1987)

Eğim (T, %)	Sınıf Değeri (Tr)	Ağırlık (Tw)
0 - 2	10	1
2 - 6	9	
6 - 12	5	
12 - 18	3	
> 18	1	

2.3.6 Doymamış Bölge Etkisi (I)

Yeryüzünden itibaren suya doymun bölge sınırı olan yeraltı su seviyesine kadar olan bölgeye doymamış bölge veya vadoz zon denir. Bu kısım yüzey sularının yeraltı suyuna olan süzülme hareketi boyunca kat ettiği zon olduğundan, bu bölgenin özellikleri kat edilecek mesafe ve süre üzerinde etkili olmaktadır. Ayrıca zonun jeolojik özelliklerinin de olası kirlenmeye olumsuz veya olumsuz etkisi mevcuttur. Farklı litolojik birimler için önerilen sınır (Ir) değerleri ile doymamış bölge etkisi için atanan ağırlık (Iw) değerleri kullanılarak bu parametre hesaplanmaktadır (Çizelge 2.6).

$$I = Ir * Iw$$

Çizelge 2.6. I parametresi sınıf değerleri (Aller ve ark., 1987)

Doymamış Bölge Etkisi (I)	Sınıf Değer Aralığı	Sınıf Değeri (Ir)	Ağırlık (Iw)
Karstik kireçtaşı	8 - 10	10	5
Bazalt	2 - 10	9	
Kum veya çakıl	6 - 9	8	
Mağmatik veya metamorfik	2 - 8	4	
Belirgin miktarda silt ve kil içeren kum ve çakıl	4 - 8	6	
Katmanlı kumtaşı, kireçtaşı ve şist	4 - 8	6	
Kumtaşı	4 - 8	6	
Kireçtaşı	2 - 7	6	
Şist	2 - 5	3	
Silt veya kil	2 - 6	3	
Geçirimsiz tabaka	1	1	

2.3.7 Hidrolik İletkenlik (C)

Hidrolik iletkenlik diğer parametrelerden farklı olarak direk akifere ait bir özelliktir. Akiferin gözenekliliği (porozite), gözeneklerin birbirleriyle bağlantılı olmasına bağlı olarak suyu iletebilme (geçirgenlik, permeabilite) ve akiferin hidrolik eğimine bağlı olan bir parametredir. Bu özellikler, kirlenmeye neden olacak akışkanın akifer içerisindeki akışı üzerinde etkili olduğundan kirlenmeye karşı hassasiyetin miktarında önemi rol oynayan parametrelerdendir. Diğer parametrelerde olduğu gibi sınır değeri (Cr) ve ağırlık (Cw) değerlerinin çarpımı ile elde edilir (Çizelge 2.7).

$$C = Cr * Cw$$

Çizelge 2.7. C parametresi sınıf değerleri (Aller ve ark., 1987)

Hidrolik İletkenlik (C)	Sınıf Değeri (Cr)	Ağırlık (Cw)
> 82	10	3
41 - 82	8	
29 - 41	6	
12 - 29	4	
4 - 12	2	
0 - 4	1	

2.3.8 DRACTIC İndeksi (DI)

DRASTIC metodun adı, hesaplama için kullanılan 7 parametrenin baş harflerinden oluşmaktadır.

Önceki başlıklarda detaylı olarak açıklanan bu parametreler, açıklamaları ve hesaplama yöntemleri sonucunda elde edilen sınıflama değerleri, her bir parametrenin önem derecesine göre belirlenmiş olan ağırlık dereceleri (Çizelge 2.8) ile çarpımı sonucunda aşağıdaki bağıntıdaki gibi DRASTIC indeks (DI) hesaplaması yapılmaktadır.

Çizelge 2.8. DRASTIC metotta kullanılan parametreler ve ağırlık değerleri (Aller ve ark., 1987)

Sembol	Parametre	Ağırlık
D	Yeraltı suyuna olan mesafe	5
R	Beslenme	4
A	Akifer ortamı	3
S	Toprak bünyesi	2
T	Topoğrafya	1
I	Doymamış bölge etkisi	5
C	Hidrolik iletkenlik	3

$$DI = \underbrace{(D_r * D_w)}_D + \underbrace{(R_r * R_w)}_R + \underbrace{(A_r * A_w)}_A + \underbrace{(S_r * S_w)}_S + \underbrace{(T_r * T_w)}_T + \underbrace{(I_r * I_w)}_I + \underbrace{(C_r * C_w)}_C$$

- DI : DRASTIC indeks
 Dr : Yeraltı suyuna olan mesafe sınıf değeri
 Dw : Yeraltı suyuna olan mesafe ağırlık değeri
 Rr : Beslenme sınıf değeri
 Rw : Beslenme ağırlık değeri
 Ar : Akifer ortamı sınıf değeri
 Aw : Akifer ortamı ağırlık değeri
 Sr : Toprak ortamı sınıf değeri
 Sw : Toprak ortamı ağırlık değeri
 Tr : Topoğrafya sınıf değeri
 Tw : Topoğrafya ağırlık değeri
 Ir : Doymamış bölge etkisi sınıf değeri
 Iw : Doymamış bölge etkisi ağırlık değeri
 Cr : Hidrolik iletkenlik sınıf değeri
 Cw : Hidrolik iletkenlik ağırlık değeri

Belirlenen DI değerleri de önerilen sınıflandırma ile değerlendirilmesi sonucunda çalışılan alanın yeraltı suyu hassasiyet derecesi belirlenmektedir (Çizelge 2.9.). Bu çalışma esnasında DI hesaplaması ve yeraltı suyu hassasiyeti kirliliği değerlendirmesindeki aşamalar CBS ortamında veri girişi, veri işleme- değerlendirme ve çıktı süreçleri olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

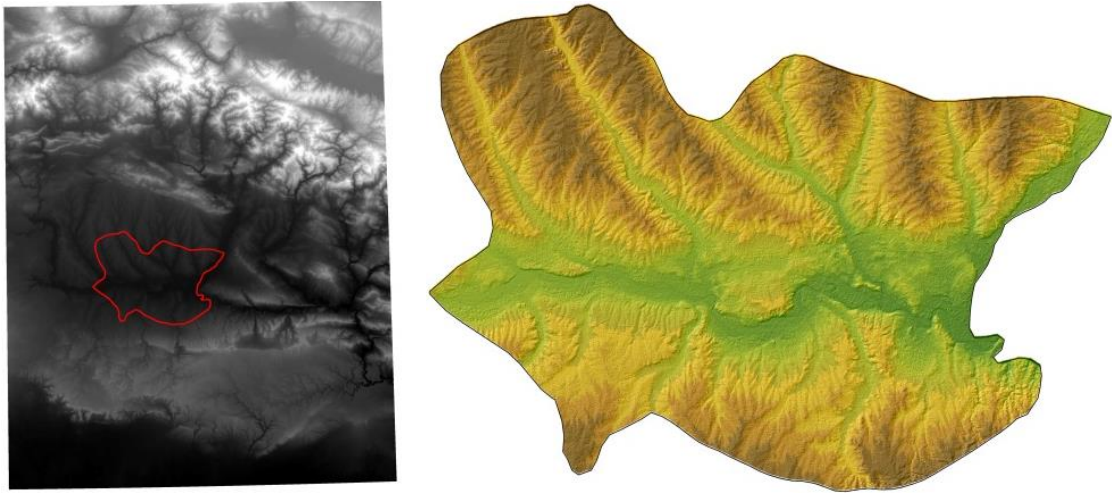
Çizelge 2.9. DRASTIC indeksi ve hassasiyet değerlendirilmesi (Aller ve ark., 1987)

DI İndeksi	Hassasiyet derecesi	Açıklama
$DI \leq 80$	Çok düşük	Kirlenme riski düşük
$80 < DI < 120$	Düşük	Kirlenme hassasiyeti az
$120 < DI < 160$	Orta	Kirlenme riski var
$160 < DI < 200$	Yüksek	Kirlenmeye karşı hassas, yönetim planı gerekli
$DI > 200$	Çok yüksek	Kirlenmeye karşı çok hassas, yönetim planı gerekli

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bismil bölgesi yeraltı suyu hassasiyetini belirlemek amacıyla öncelikle DSI'den alınan bölgeye ait veriler kontrol edilmiş, uyumsuzluk ve/veya hatalı olan bilgiler elenmiş, koordinat ve lokasyon kontrolü ile çalışma alanı dışında kalan veriler çıkarılmış geriye kalan 942 adet sondaj hesaplamalarda kullanılmıştır. Bütün verilerin kullanımında CBS yazılımı olan ArcGis 10.8 programı kullanılmıştır.

Coğrafi bilgi sistemleri çalışmalarının ilk aşaması olarak NASA'dan bölgenin 27x27m çözünürlükteki ASTER sayısal yükseklik modeli (SYM) indirilmiş, çalışma alanına göre kırılmış ve yapılacak değerlendirmelerde sunum altlığı olarak kullanılacak kabartma haritası (hillshade) oluşturulmuştur (Şekil 3.1.). bu işlemler esnasında kabartma haritasında meydana gelen hataların önüne geçmek için UTM projeksiyon, WGS84 zone37 datum kullanılmıştır. Daha sonra elde edilen haritalar koordinat hatalarının önlemek için UTM projeksiyon, European 1950 zon 37 datum'a dönüştürülmüştür.

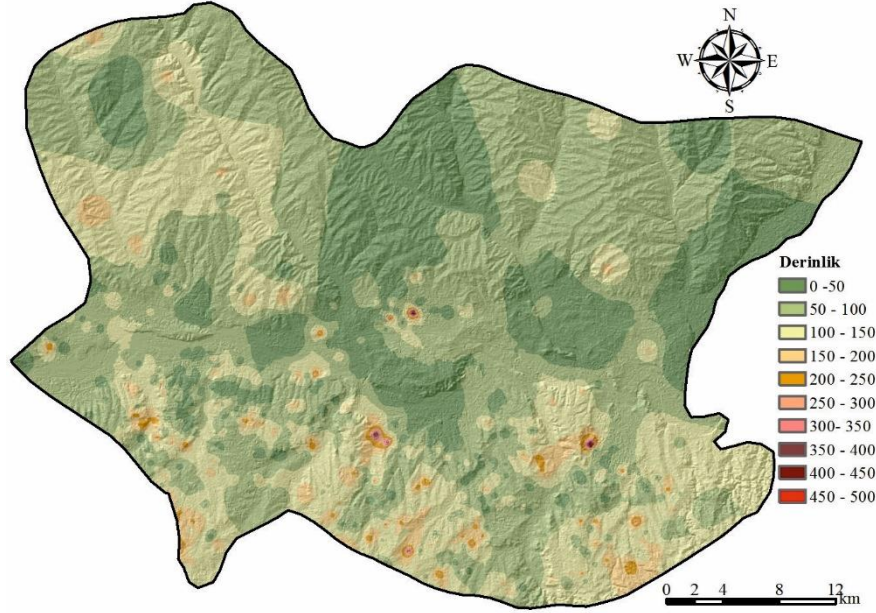


Şekil 3.1. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli

Sondajların yerleri UTM projeksiyon ve European 1950 zon 37 datum kullanılarak konumlandırılmış, oluşturulan bütün haritalarda ters mesafe ağırlıklandırması (IDW) interpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Toprak bünyesi kapsamında bölgedeki toprakların belirlenmesinde önceki çalışmalar ve CORINE projesi verilerinden yararlanılmıştır.

3.1 Yeraltı Suyu Derinliği (D)

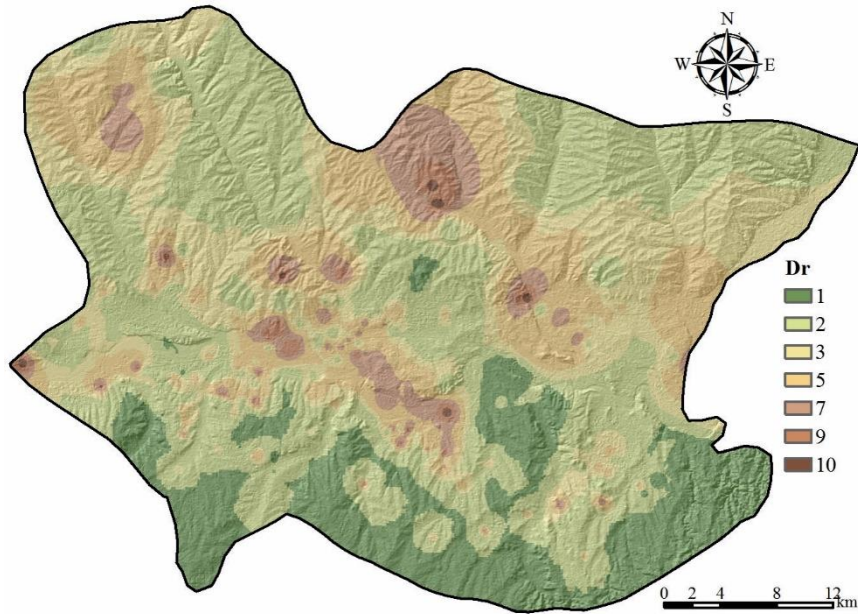
Yüzeyden yeraltına inen kirlenmenin tespitinde öncelikle her bir sondaj için derinlik haritası oluşturulmuştur (Şekil 3.2.). Her bir sondajın derinlik verisine göre Çizelge 3.1’de önerilen sınıf değer atamaları gerçekleştirilmiş ve derinlik sınıf değer haritası (Dr) elde edilmiştir (Şekil 3.3.). Metot tarafından önerilen ağırlık (Dw) değeri ile çarpılarak yeraltı suyu derinlik değeri (D) elde edilmiştir.



Şekil 3.2. İnceleme alanındaki sondajlara ait derinlik haritası

Çizelge 3.1. D parametresine ait sınıf değeri ve ağırlık verileri

Parametre (D)	Sınıf	Sınıf Değeri (Dr)	Ağırlık (Dw)
Yeraltı suyu derinliği (m)	0 - 1,52	10	5
	1,52 - 4,57	9	
	4,57 - 9,14	7	
	9,14 - 15,24	5	
	15,24 - 22,86	3	
	22,86 - 30,48	2	
	> 30,48	1	



Şekil 3.3. İnceleme alanındaki sondajların derinlik sınıfı değer haritası

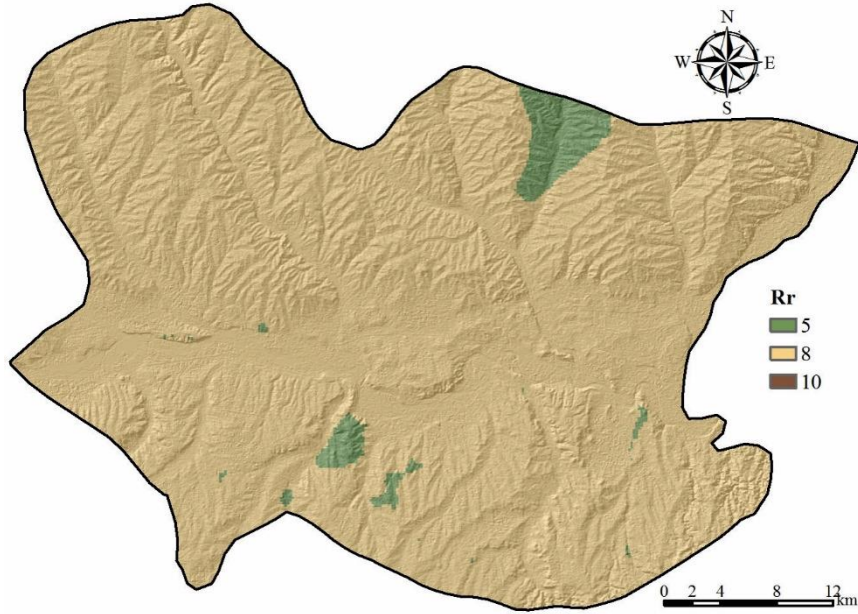
3.2 Beslenme (R)

Yüzeyden sızarak akiferi besleyen suyu ifade eden beslenme, kuyularda yapılan periyodik gözlem ile belirlenebildiği gibi beslenme değeri hesaplanacak alanın geçirgenlik (permeabilite), eğim (topografya) ve yıllık yağış miktarı kullanılarak da hesaplanabilir (Piscopo, 2001). Piscopo (2001) tarafından önerilen denklemde çalışılacak alan için hesaplanan parametrelere bağlı sınıflandırma ile beslenme sınıf değerinin (R_r) belirlenmesini mümkün kılmaktadır (Çizelge 3.2). Çalışma alanındaki her sondaj noktası için yağış miktarı tespit edilerek buna karşılık gelen yağış (R_A) parametresi bulunmuştur. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli kullanılarak eğim haritası oluşturulmuş ve bu harita yardımıyla denklemin diğer bir parametresi olan topografya (T) belirlenmiştir. Akiferin hidrolik iletkenliği sınıflandırılarak buna bağlı SP değeri tespit edilmiştir. Belirlenen parametreler aşağıdaki denklem kullanılarak R_r sınıf değeri bulunmuş ve beslenme sınıfı değer haritası oluşturulmuştur (Şekil 3.4.).

$$R = R_A + T + SP$$

Çizelge 3.2. R parametresinin hesaplanmasında kullanılan parametreler (Piscopo, 2001)

Yağış (mm/y)		Topografya (%Eğim)		Permeabilite		Beslenme Değeri	Sınıf Değeri (R_r)	Ağırlık (S_w)
Aralık	R_A	Aralık	T	Aralık	SP	Aralık		
< 500	1	> 33	1	Çok düşük	1	3 - 5	1	4
500 - 700	2	10 - 33	2	Düşük	2	5 - 7	3	
700 - 850	3	2 - 10	3	Orta	3	7 - 9	5	
> 850	4	< 2	4	Yüksek	4	9 - 11	8	
				Çok yüksek	5	11 - 13	10	



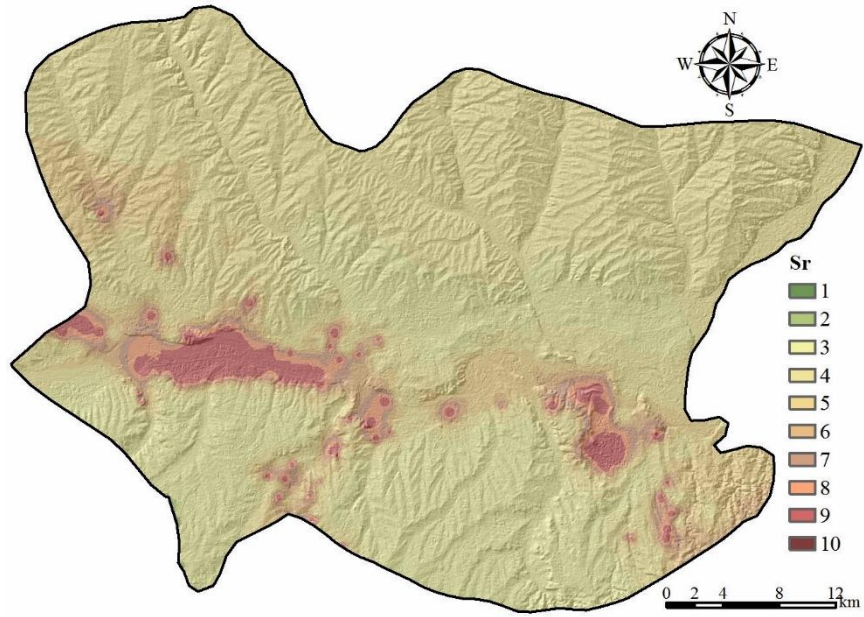
Şekil 3.4. İnceleme alanındaki sondajların beslenme sınıf değerleri haritası

3.3 Akifer Ortamı (A)

Çalışma kapsamında değerlendirilen sondaj verileri, bölgenin genelleştirilmiş ditme kesiti göz önüne alınarak inceleme alanına ait akifer ortamı belirlenmiştir. Bu değerlendirme sonucunda önerilen sınıf değerlerine uygun olarak (Çizelge 3.3) litolojinin inceleme alanındaki jeolojik özellikleri göz önüne alınarak ortalama sınıf değerleri belirlenmiş, inceleme alanına ait akifer ortamı sınıf değer haritası oluşturulmuş ve elde edilen değerler parametre ağırlığı ile çarpılarak akifer ortamı (A) parametresi hesaplanmıştır. İnceleme alanının tamamında Hoya formasyonu akifer özelliği taşıdığı için oluşturulan Ar haritası tek düze olacağından metin içinde sunulmamıştır.

Çizelge 3.3. A parametresi sınıf değerleri (Aller ve diğ. 1987)

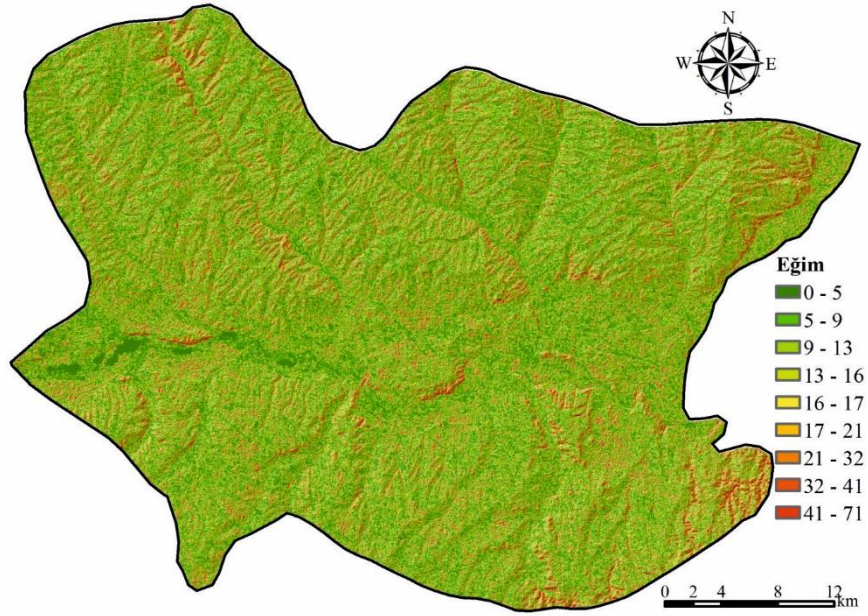
Akifer Ortamı (A)	Sınıf Değeri	Ortalama Sınıf Değeri (Ar)	Ağırlık (Aw)
Masif şeyl	1 - 3	2	3
Metamorfik/Volkanik kayaç	2 - 5	3	
Bozunmuş metamorfik/Volkanik kayaç	3 - 5	4	
Buzul çökeli	4 - 6	5	
Tabakalı kumtaşı, kireçtaşı ve şeyl	5 - 9	6	
Masif kumtaşı	4 - 9	6	
Masif kireçtaşı	4 - 9	8	
Kum ve çakıl	4 - 9	8	
Bazalt	2 - 10	9	
Karstik kireçtaşı	9 - 10	10	



Şekil 3.6. İnceleme alanının toprak sınıf değeri haritası

3.5 Topografya (T)

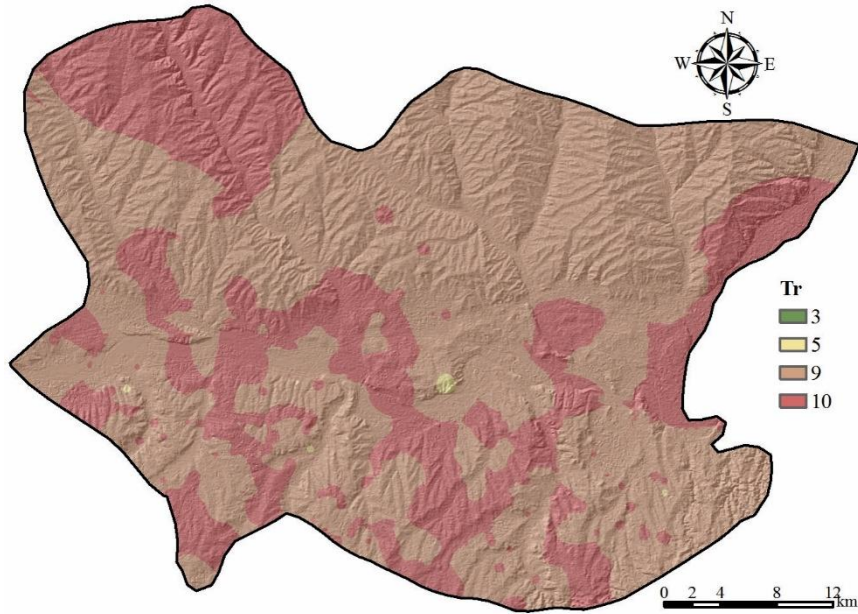
NASA'nın sayfasından indirilen 27m çözünürlüklü ASTER SYM verisi kullanılarak ArcGis programında eğim haritası oluşturulmuştur (Şekil 3.7.). Her bir sondaj noktasının eğim verisi oluşturulan eğim haritasından çekilerek elde edilen eğim değerlerine göre metotta önerilen sınıf aralıkları (Çizelge 3.5) ataması yapılarak topografya sınıf değeri haritası oluşturulmuştur (Şekil 3.8.). Eğim haritasından çekilen sınıf değerleri ile parametre ağırlık değerinin çarpımı ile de topografya parametresi hesaplanmıştır.



Şekil 3.7. İnceleme alanının eğim haritası

Çizelge 3.5. S parametresi sınıf ve ağırlık değerleri

Eğim (T, %)	Sınıf Değeri (Tr)	Ağırlık (Tw)
0 - 2	10	1
2 - 6	9	
6 - 12	5	
12 - 18	3	
> 18	1	



Şekil 3.8. İnceleme alanının topografya sınıfı değer haritası

3.6 Doymamış Bölge Etkisi (I)

Doymamış bölge etkisi belirlenirken inceleme alanına ait sayısallaştırılmış jeoloji haritası, sondaj verileri ve genelleştirilmiş log kesitlerinden yararlanılmıştır. İnceleme alanındaki tek bir formasyonun akifer özelliği taşıması ve dikey kesitin de tek düze olması nedeniyle doymamış bölge sınıf değerleri ve doymamış bölge etkisi tek bir sayıya karşılık geldiğinden haritalama gerçekleştirilmemiştir.

3.7 Hidrolik İletkenlik (C)

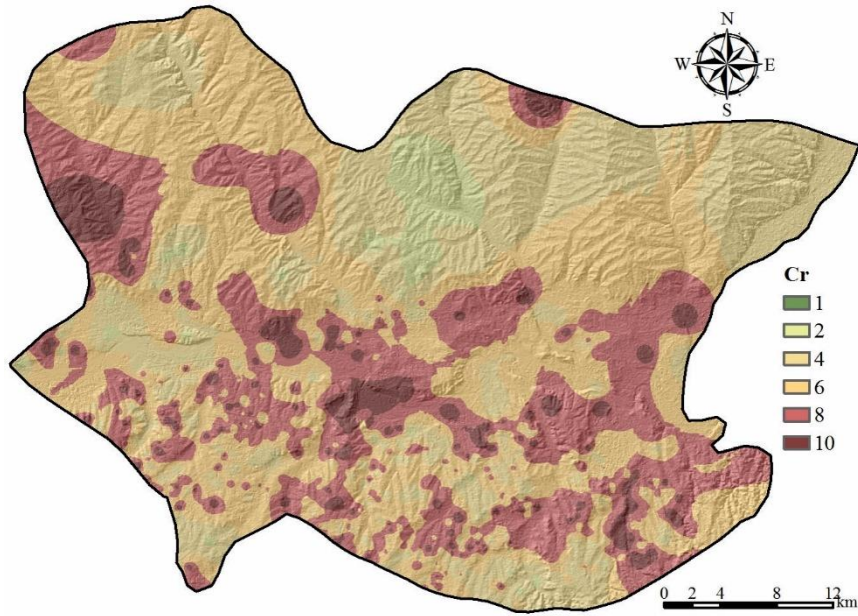
Kirleticinin yeraltı suyuna ulaştıktan sonra kirlenmenin düzeyini belirleyen önemli bir parametre olan hidrolik iletkenlik Şimşek ve diğerleri (2018) tarafından önerilen aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır. Denklemde K: hidrolik iletkenlik (m/gün), Qs: özgül debi (L/s/m) olarak tanımlanmış olup, özgül debisi 0,5 L/s/m olan kuyularda kullanılabileceği vurgulanmıştır.

$$K = (Q_s * 2,4) - 1,23$$

Elde edilen hidrolik iletkenlik değerlerine göre (Çizelge 3.6) sınıf değerleri atanarak Cr haritası oluşturulmuş (Şekil 3.9.), sınıf değerleri ile ağırlık değerleri çarpılarak hidrolik iletkenlik etkisi hesaplanmıştır.

Çizelge 3.6. C parametresi sınıf ve ağırlık değerleri

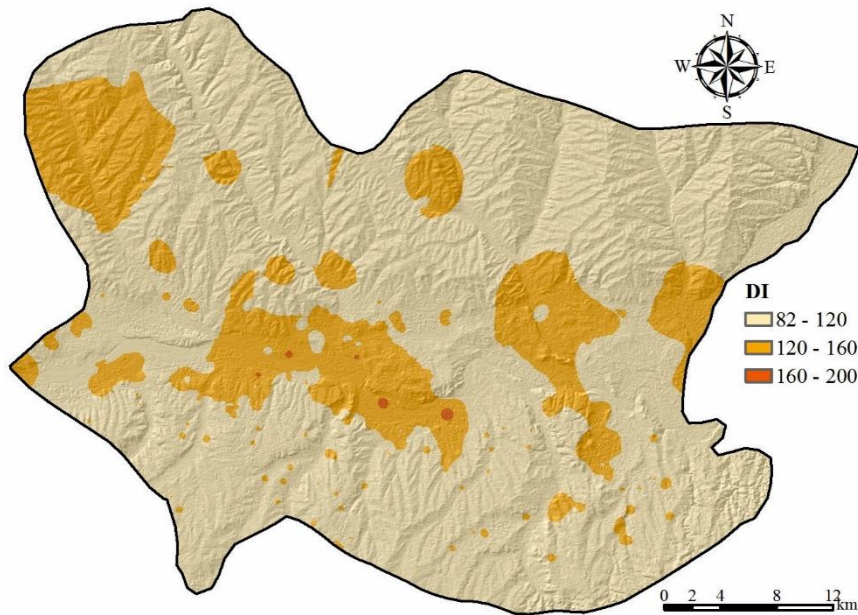
Hidrolik İletkenlik (C)	Sınıf Değeri (Cr)	Ağırlık (Cw)
> 82	10	3
41 - 82	8	
29 - 41	6	
12 - 29	4	
4 - 12	2	
0 - 4	1	



Şekil 3.9. İnceleme alanının hidrolik iletkenlik sınıf değer haritası

3.8 DRACTIC İndeksi (DI)

DRASTIC metot ile yeraltı suyu hassasiyeti belirlenmesi kapsamında hesaplanan parametrelerin toplanması ile elde edilen DRASTIC indeksi (DI) hesaplanmıştır ve DI haritası IDW yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 3.10.). DI indeks değerlerinin sınıflandırılmasına göre (Çizelge 3.7) hassasiyet derecesi belirlenmiş ve hassasiyet haritaları oluşturulmuştur (Şekil 3.11., Şekil 3.12.).



Şekil 3.10. İnceleme alanının DI haritası

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1 Sonuçlar

İnceleme alanı olan Bismil ilçesi 1653 km²'lik bir alana sahip olup, DRASTIC metodu kullanılarak Bismil ovasının yeraltı suyu hassasiyeti belirlenmiştir. Çalışma kapsamında havza içerisinde yer alan 942 adet sondaj verisi değerlendirilmiştir. Bismil ovasının kuzey bölümü jeomorfolojik olarak en yüksek kotlara sahip olduğundan çalışma alanı kuzeyinde sondaj verisi daha azdır ve sondajlar genellikle içme suyu temin amaçlı olarak kullanılmaktadır. Ovanın orta ve güney kısmı topografik olarak düz alanlara sahip olduğundan sondaj verileri genellikle güney bölgede yoğunlaşmakta ve sondajlar çoğunlukla tarımsal amaçlar için kullanılmaktadır.

Veri girişi ve değerlendirmesi esnasında ArcGis CBS programı kullanılmıştır. Bu incelemeler sonucunda oluşturulan DRASTIC indeks hassasiyet haritasında toplam alanın %64'ü düşük hassasiyet, % 18'i orta hassasiyet ve %8'i ise yüksek hassasiyete sahip olduğu belirlenmiştir.

Yüksek hassasiyet gözlenen alanlar genellikle yerleşim yerleri veya yakınlarında gözlenmesi olası bir kirlenmede antropojenik etkinin ön planda olabileceğini göstermektedir. Antropojenik etkinin yanı sıra bu bölgelerde alüvyon zemin varlığı, eğimin düşük olması da hassasiyeti artıran parametreler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bütün bu olumsuz şartlara bu bölgelerde yeraltı suyu tablasının yüzeye daha yakın olmasının eklenmesiyle yüksek hassasiyetin gözlenmesi beklenen bir sonuçtur.

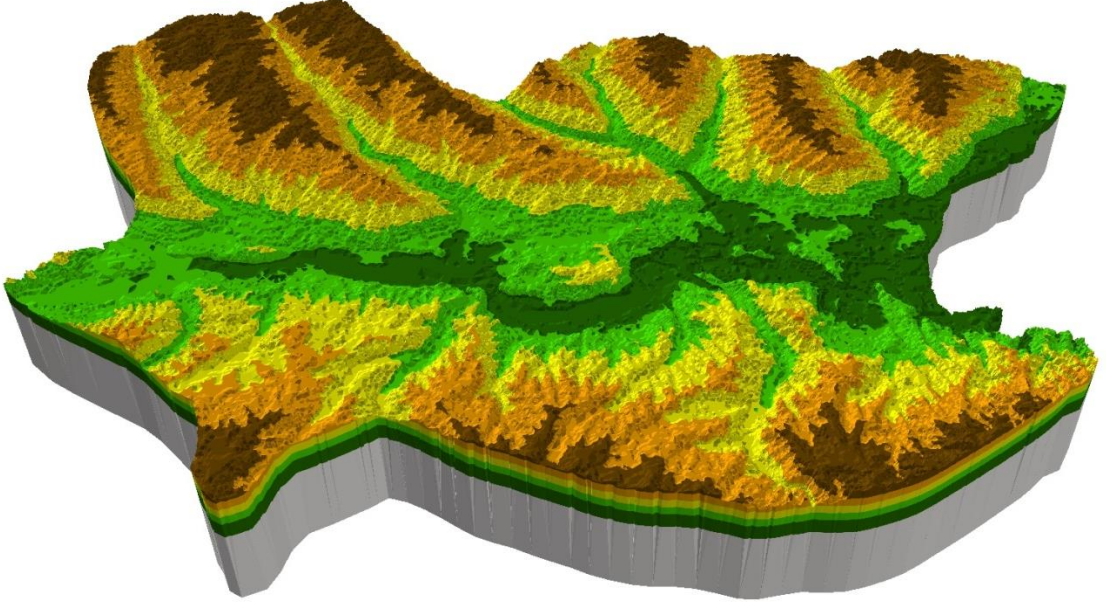
4.2 Öneriler

Çalışma alanı verimli topraklara sahip olması, tarım için elverişli alanların mevcut oluşu, tarımsal sulama açısından yeterli kaynaklara sahip olması nedeniyle Bismil ilçesinin genel geçim kaynağı tarımsal ürünlerin yetiştirilmesidir. Yapılan incelemelerde özellikle düşük eğimli, YASS'nin yüzeye yakın olduğu ve yerleşim alanlarına yakın yerlerde hassasiyetin yüksek olması, antropojenik etkiyi sonucunda ve/veya tarımsal faaliyetler esnasında kullanılan gübre ve pestisitler sonucunda bir kirlenme gözlenme olasılığının yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle özellikle yüksek hassasiyet belirlenen alanlarda antropojenik kökenli kirlenmeye sebep olabilecek evsel atıkların ve tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübre ve pestisitlerin türleri ve miktarları hususunda bir yönetim planının gerçekleştirilmesi kaçınılmazdır.

KAYNAKLAR

- Alasfar, R.H., Isaifan, R.J., 2021, Aluminum environmental pollution: the silent killer, *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 44587–44597. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14700-0>
- Aller, L., Bennett, T., Lehr, J. H., Petty, R. J., Hackett, G., 1987, DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings, USEPA, Oklahoma, Amerika Birleşik Devletleri.
- Baran, H.A., Nalbantçılar, M.T., Koktan, N., 2023, Pollution and health risk assessment of heavy metals in waters around mine sites of Elazığ (Eastern Turkey), *Journal of Mountain Science*, 20 (5), 1293-1306. <https://doi.org/10.1007/s11629-022-7618-9>
- Baran, H.A., ve Gumus Kiral, N., 2023, Assessment of heavy metal pollution of urban soils of Batman by multiple pollution indices, *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 103 (12), 2809-2826. DOI: 10.1080/03067319.2021.1899166
- Bedirhanoğlu Yıldız, H., 2013, Yukarı Dicle havzasında su kalitesinin zenginleşme faktörü kullanılarak zamana ve mekana bağlı değişiminin incelenmesi, Yüksel Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 171s.
- Chakraborty, B., Roy, S., Bera, A. Adhikary, P.P, Bera, B., Sengupta, D., Bhunia, G.S., Shit, P.K. (2022). Groundwater vulnerability assessment using GIS-based DRASTIC model in the upper catchment of Dwarakeshwar river basin, West Bengal, India. *Environ Earth Sci* 81:2. <https://doi.org/10.1007/s12665-021-10002-3>
- CORINE, (2018). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/> , [Ziyaret tarihi: 03.Mayıs 2023].
- Çelik, R. (2017). Determination of Tigris Bismil Agricultural Plain's Groundwater Static Water Level (SWL) Changes Caused by Irrigation Using GIS Technic, *International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES)*, 6 (2), 1-6.
- Dinç, S., Keskin, F., 2017, Hasankeyf ve Çevresindeki (BATMAN) Birimlerin Petrografik Özellikleri, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 7 (2/2) , 23-35. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/buyasambid/issue/33195/319396>
- Ghosh, R., Sutradhar, S., Mondal, P., Das, N., 2021, Application of DRASTIC model for assessing groundwater vulnerability: a study on Birbhum district, West Bengal, India, *Modeling Earth Systems and Environment*, 7, 1225–1239. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-01047-7>
- Atalay, İ., 2005, Genel Fiziki Coğrafya, META Basım ve Matbaa İşleri, İzmir, 279s.
- Özgen, N., 2007, Bismil İlçesinin Coğrafyası, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara, 469s.

- Piscopo, G., 2001, Groundwater Vulnerability Map Explanatory Notes, Macquarie Catchment[online]. NSW Department of Land and Water Conservation, https://www.dpie.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0010/151768/Macquarie-map-notes.pdf [Ziyaret tarihi 1 Mayıs 2023].
- Sayılğan, P., 2019, Göksu deltası (silifke, mersin) kıyı akiferinin kirlenmeye karşı hassasiyetinin coğrafi bilgi Sistemi tabanlı drastik yöntemiyle değerlendirilmesi, Yüksel Lisans Tezi, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mersin, 48s.
- Sener, E., Davraz, A., 2013, Assessment of groundwater vulnerability based on a modified DRASTIC model, GIS and an analytic hierarchy process (AHP) method: the case of Egirdir Lake basin (Isparta, Turkey), *Hydrogeology Journal*, 21, 701–714. <https://doi.org/10.1007/s10040-012-0947-y>
- Shah, S.H.I.A., Yan, J., Ullah, I., Aslam, B., Tariq, A., Zhang, L., Mumtaz, F., 2021, Classification of Aquifer Vulnerability by Using the DRASTIC Index and Geo-Electrical Techniques, *Water*, 13, 2144. <https://doi.org/10.3390/w13162144>
- Su, X., Wang, H., Zhang, Y., 2013, Health Risk Assessment of Nitrate Contamination in Groundwater: A Case Study of an Agricultural Area in Northeast China, *Water Resources Management*, 27, 3025-3034. <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0330-3>
- Şimşek, C., Baba, A., Aksoy, N., Demirkıran, Z., 2018, Alüvyon akifer için özgül debi değeri ile Hidrolik iletkenliğin tahmin edilmesi: Alaşehir (Manisa) ovası örnek çalışması, *71. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara, 631-662.
- Türkay, Z., 2015, Köyceğiz-Dalyan Havzasının Yeraltı Suyu Kirlenme Potansiyelinin Drastik Yöntemi Kullanılarak Belirlenmesi, Yüksel Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 95s.
- Varol, M., Gökot, B., Bekleyen, A., 2013, Dissolved heavy metals in the Tigris River (Turkey): spatial and temporal variations. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 6096–6108. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1627-8>
- Varol, S., Davraz, A., Şener, E., Şener, Ş., Aksever, F., Kıran, B., Tokgözlü, A., 2020, Determining the lake protected zones using GIS-based DRASTIC model to groundwater vulnerability in Salda Lake basin (Burdur/Turkey), *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29 (5), 747-763. <https://doi.org/10.3906/yer-1907-27>

EKLER**EK-1** Çalışma alanının üç boyutlu blok diyagramı

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Alpaslan YÜKSEL
Uyruğu : T.C.

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Üniversite	: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon	2007

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
	Sağlık Bakanlığı	Danışman

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

YAYINLAR