T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HARRAN OVASI TABANSUYU NİTRAT (NO^-_3) KİRLİLİK ORANLARININ VE KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ İLE YERSEL DAĞILIMININ HARİTALANMASI

Yılmaz ALTUNDAĞ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
1.GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
3. MATERYAL ve YÖNTEM 18
3.1. Materyal 18
3.2.Yöntem 21
3.2.1. Su örneklerinde yapılan analizler 21
3.2.2. Jeoistatistiksel metotlar 23
4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 26
4.1. Su Örneklerinin Genel Özellikleri 26
4.2. Su Örneklerinin Jeoistatistiksel Yöntemler ile Tahmin edilmesi ve Haritalanması 27
4.2.1. Kriging yöntemi ile yapılan tahminler 29
4.2.2. IDW yöntemi ile yapılan tahminler 31
4.3. Su Parametrelerinin Jeoistatistiksel Yöntem ile Haritalanması 33
4.3.1. Ordinary kriging (OK) yöntemi ile haritalama 33
4.3.2. IDW (Inverse Distance Weighting) yöntemi ile haritalama 36
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 40
KAYNAKLAR 42
EKLER 47
EK1: Çalışma alanındaki analiz sonuçları 47

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HARRAN OVASI TABANSUYU NİTRAT (NO^-_3) KİRLİLİK ORANLARININ VE KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ İLE YERSEL DAĞILIMININ HARİTALANMASI

Yılmaz ALTUNDAĞ

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ
Yıl: 2023, Sayfa: 49

Bu çalışma, Harran Ovasında yaklaşık 35.000 hektarlık bir alanda gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında bulunan taban suyu gözlem kuyularındaki kirliliğin ortaya çıkarılması ve ovadaki nitrat kirlilik düzeylerinin yersel dağılımının, temel istatistiksel ve jeoistatistiksel olarak belirlenmesi ve haritalanması ile alanda nitrata hassas bölgelerin belirlenmesi ve ona uygun yönetim stratejilerinin önerilmesi amaçlanmıştır. Ovada yüzey sulamasının başlamasıyla birlikte yoğun tarımsal faaliyetler, aşırı ve kontrolsüz sulama, drenaj sistemlerinin yetersiz olması ve aynı zamanda evsel ve diğer atıkların ova drenaj havzasında kontrolsüz bir şekilde uzaklaştırılmasıyla önemli çevresel sorunlar meydana gelmiştir. Bu çevresel sorunların başında yeraltı sularının kirlenmesi gelmektedir. Yeraltı sularında yaygın bulunan potansiyel kirleticilerden biri de nitrattır. Nitrat pek çok doğal su ortamlarında makul konsantrasyonlarda bulunmasına rağmen gerek atık suların deşarjı ile gerekse gübre kullanımına bağlı olarak yeraltı sularında yüksek değerlere (> 50 mg/L) çıkarak kirletici konsantrasyona ulaşabilir. Nitrat iyonları çocuklarda ve hamilelerde önemli sağlık riskleri taşır. Bu sorunun boyutlarını ortaya koymak amacıyla, ovayı temsil eden 40 noktada taban suyu gözlem kuyusu örneklenmiş ve bu kuyulardaki nitrat düzeyleri belirlenmiştir. Ayrıca, tabansuyu seviyeleri ve EC değerleri de yerinde ölçülmüştür. Alanda nitrat kirliliğine hassas noktaları belirlemek amacıyla jeoistatistksel haritalar oluşturulmuştur. Çalışma alanındaki 40 tabansuyu gözlem kuyusundan sadece 4'ünde nitrat konsantrasyonu kabul edilebilir sınır değerlerin (50mg/L) üzerinde bulunmuştur. Bu noktalar Yayvandoruk, İmambakır, Yardımlı, Bulgurlu köylerinden alınan örneklerdir. Bu kuyuların lokasyonları değerlendirildiğinde, ovanın güneyinde ve yerleşim yerlerinin yakınında oluşları nitrat kirlilik konsantrasyonlarının yüksek çıkmasına neden olmuştur. Yapılan çalışma sonucunda kirlilik parametrelerinin kendi aralarında pozitif ilişkilere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Tabansuyu seviyesinin yüzeye yakın olduğu yerlerde nitrat değerlerinin de yüksek oluşu nitratın tabansuyuna kolayca karışmasından (ulaşmasından) kaynaklanmaktadır. Jeoistatistiksel analizlerden Inverse Distance Weighting (IDW) ve Ordinary Kriging yöntemleri ile elde edilen tahminlerin sonuçlarına ait RMSE (Root Mean Square Error) değerleri kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre nitrat parametresi için en düşük RMSE değeri ordinary kriging yönteminde kullanılan spherical modelden (RMSE: 26.35); pH parametresi için en düşük RMSE değeri ordinary kriging yönteminde kullanılan spherical modelden (RMSE:0.2059); EC (µS/cm) parametresi için en düşük RMSE değeri ordinary kriging yönteminde kullanılan spherical modelden (RMSE: 992.67); Taban suyu seviyesi(cm) parametresi için en düşük RMSE değeri ordinary kriging yönteminde kullanılan spherical modelden (RMSE: 51.37) elde edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Harran Ovası, Tabansuyu, Nitrat Kirliliği, Gözlem Kuyuları, Drenaj

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINATION OF HARRAN PLAIN BASE NITRATE (NO^-_3) POLLUTION RATE AND SOURCES AND MAPPING ITS TERRORICAL DISTRIBUTION

Yılmaz ALTUNDAĞ

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ
Year: 2023, Page: 49

This study was carried out on an area of approximately 35,000 hectares in the Harran Plain. The boundaries of revealing the water in the study area by filtering in the observation wells and determining and mapping the local distribution of nitrate extensions in the plain, the basic requirements and geostatistical determination and the determination of the nitrate sensitive areas in the area and the proposal to reduce the appropriate management accordingly. With the initiation of surface irrigation in the plain, significant malfunctions occurred due to excessive and uncontrolled irrigation for intensive purposes, insufficient impact propellers and at the same time uncontrolled removal of household and other wastes in the plain basin. Pollution of the water at the beginning of these operations is observed. One of the potential potentials commonly found in groundwater is nitrate. Although nitrate takes reasonable precautions in many natural water environments, it can reach a point where it can lead to high values (> 50 mg/L) in the water consumed due to both the discharge of waste water and the use of fertilizers. Nitrate ions carry significant health risks in children and pregnant women. In order to reveal these dimensions, 40 point ground water wells representing the plain were sampled and it was aimed to contain nitrite in these wells. In addition, groundwater levels and EC values were also measured in situ. It detects geostatistical maps to identify sensitive points to nitrate containment in the area. Nitrate was found above the acceptable limit values (50mg/L) of animals in only 4 of 40 groundwater observation wells in the study area. These points are the views taken from the villages of Yayvandoruk, İmambakır, Yardimli and Bulgurlu. When the locations of these wells were evaluated, the south of the plain and the directing formations of the settlements caused high management of nitrate foci. It has been observed that the results of the study have positive explanations in their own explanations. The high nitrate values in places where the groundwater siege is close prevent the nitrate from easily mixing (reaching) into the groundwater. The RMSE (Root Mean Square Error) values of the results of the estimations obtained by Inverse Distance Weighting (IDW) and Ordinary Kriging methods from geostatistical analyzes were compared. According to the results obtained, the lowest RMSE value for the nitrate parameter is from the spherical model used in the ordinary kriging method (RMSE: 26.35); The lowest RMSE value for the pH parameter is from the spherical model used in the ordinary kriging method (RMSE: 0.2059); The lowest RMSE value for the EC (µS/cm) parameter is from the spherical model used in the ordinary kriging method (RMSE: 992.67); The lowest RMSE value for the groundwater level (cm) parameter was obtained from the spherical model (RMSE: 51.37) used in the ordinary kriging method.

KEY WORDS: Harran Plain, Groundwater, Nitrate Pollution, Observation Wells, Drainage

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmalarımda bana sürekli yardımcı olan danışman hocam sayın Prof. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ' ye teşekkürlerimi sunarım. Jürimde görev alan Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU ve Doç. Dr. Ayşegül DEMİR YETİŞ hocalarımıza teşekkür ederim. Tezimde yardımlarını esirgemeyen doktora öğrencisi Fatma KAPLAN' a teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3. 1. Çalışma Alanı ve Örnek Alınan Noktalar 19
Şekil 3. 2. Ovadaki mevcut taban suyu gözlem kuyuları 21
Şekil 3. 3. İyon kromatografisi 22
Şekil 3. 4. Arazi çalışmalarından fotoğraflar 23
Şekil 4. 1. Kriging yöntemi ile elde edilen variogram grafikleri 28
Şekil 4. 2. Ordinary kriging yöntemi ile elde edilen tahmin ve laboratuvar değerleri 30
Şekil 4. 3. IDW(Inverse Distance Weighting) yöntemi ile elde edilen tahmin ve laboratuvar grafikleri 32
Şekil 4. 4. Ordinary kriging (OK) yöntemi ile elde edilen haritalar 34
Şekil 4. 5. IDW (Inverse distance weighting) yöntemi ile elde edilen haritalar 36

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3. 1. Çalışma alanı mevkileri 20
Çizelge 3. 2. Ulusal ve Uluslararası NO-3 sınır değerleri 23
Çizelge 4. 1. Su parametrelerine ait tanıtıcı istatistikler 26
Çizelge 4. 2. Su parametreleri, taban suyu seviyesi ve rakım arasındaki korelasyonlar 27
Çizelge 4. 3. Variogram parametrelerine ait değerler 29
Çizelge 4. 4. Ordinary Kriging yöntemi ile elde edilen RMSE değerleri 31
Çizelge 4. 5. IDW(Inverse Distance Weighting) yöntemi ile elde edilen RMSE değerleri 32

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

NO^-_3	Nitrat
EC	Elektiriksel iletkenlik
pH	Toprak Reaksiyonu
IDW	Inverse Denstia Weight
OK	Ordinary Kriging
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TS 266	İçmesuyu Standartları
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
TSE	Türk Standartları Enstitüsü

1.GİRİŞ

Yeraltı suyu topluma, kişilere, sanayi ve tarıma su temin etme konusunda büyük öneme sahip ve bazı alanlarda nehir akışlarının temel kaynaklarını oluşturmaktadır. Bu doğrultu ile yeraltı suları, ekosistemdeki çeşit, sürdürülebilirlik ve canlılık için de önemli seviyede gereklidir.

Nitrat doğada kendiliğinden bulunan bir biçimde vardır. Dünyanın doğal döngüsü ve dışarıdan yapılan uygulamaların etkisi ile bilinçsizce kullanılan kaynaklar, tarımsal ilaçlar, kimyasal atıklar, endüstriyel atıklar ve aynı zamanda insan ve hayvanların sebep olduğu faaliyetlerin etkisi sebebiyle doğal yaşam döngüsünde azot seviyelerinin artmasına yol açmaktadır. Bu faaliyetlerin gerçekleşmesi sonucu içme suyu ve kullanma sularında nitrat (NO^-_3) kirliliğine yol açmaktadır (Johnson ve Kross, 1990). Türkiye' de içme suları ve kullanma sularının neredeyse tamamına yakını yeraltı su sistemlerinden temin edilmektedir. Ülkemizdeki su kaynakları sanayi atıkları, endüstri atıkları, tarımsal atıklar ve hayvancılık atıkları, depolama alanlarındaki sızıntılar, aşırı yapılaşma sebebiyle kirlilikle karşı karşıya kalmaktadır (Tuncay, 1994).

Harran Ovasında yüzey sulama şeklinin kullanımının artması sonucunda tarımsal üretimin artması ile arazideki tarımsal üretimin, toprak kullanımı, toprak işlemesi ve kimyasal girdi kullanımı bilinçsizce artmasına sebep olmuştur. Sulamanın bilinçsizce yapılması sonucunda ve aynı zamanda drenaj kanallarının yetersiz olması nedeniyle yüzeyden akan suyun bir kısmı erozyon yapmakta ve diğer taraftan toprak horizonlarına sızan su belli bir zaman dilimi içinde yer altı sularına ulaşarak yüzey sularının içerisinde bulunan elementleri yer altı sularına taşıması sonucu yer altı sularını kirletmektedir.

Nitrat içerik değerleri ulusal değerler ile uluslararası standart değerlerine göre 50 mg/L'nin üzerinde olması İnsan ve hayvan sağlığı açısından çok önemli düzeyde risk teşkil etmektedir. Harran Ovasının bazı alanlarında yeraltı su seviyeleri ile taban suyu seviyeleri birleşmiş durumdadır. Bu problemlerin ne kadar önem arz ettiğini ve problemin çözüm noktasında elde edilen veriler doğrultusunda devam edilmesi amacıyla ve alanda daha iyi, sürdürülebilir bir toprak ve su yönetimi için riskli alanların belirlenmesi ve gerekli tedbirlerin alınması noktasında bir çalışma gerçekleştirilmiştir ((TS 266) (TSE, 2005).

Harran ovasında daha önce yeraltı sularıyla ilgili farklı araştırmacılar tarafından çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Fakat taban suyu gözlem kuyularında nitrat konsantrasyonlarıyla ilgili herhangi bir çalışma olmamıştır. Daha önce yapılan çalışmalar derin akiferlerde yapılmıştır. Önceki araştırmalarda 20 m ve 50 m aralığında olan derin su kuyularında çalışılmıştır. Bu çalışma derinliği en fazla 4 metre olan taban suyu kuyularından alınacak örneklerdeki nitrat düzeylerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışma alanı yoğun tarımsal bir aktivite içerisinde olan tarım alanıdır, bu nedenle herhangi bir nitrat kirliliğinin tespit edilmesi ve hassas noktaların bulunması durumunda o alanlara ilişkin gübreleme amenajmanı önerileri ile hem çevre kirliliğinin azalması hem de tarımsal girdi maliyetlerinin azaltılması söz konusu olacaktır (Yeşilnacar ve ark., 2007).

Canlıların yaşam periyodu süresi içerisinde ilişkilerini ve davranışlarını devam ettirdikleri ve karşılıklı bir şekilde iletişim içinde oldukları biyolojiksel, fiziksel, sosyal, ekonomik ve kültürel ortamlarına çevre denilmektedir (Özyaral ve Curabeyoğlu, 2011). İnsan nüfusunun fazla olduğu şehirlerde içme suyu ve kullanma suyu kaynakları; su havzalarında, aşırı inşaat yapılan alanlarda, sanayi ve tarımsal üretimde kullanılan girdilerin etkileri ile kirlilik oranlarının artmasına sebep olmuştur (Filibeli, 1999).

Tarım uygulamaları sırasında gerçekleştirilen tarımsal ilaçlamaların getirdiği olumsuzluklardan bazıları ilacın rüzgârla su kaynaklarına taşınması, tarım ilaçlarının aşırı kullanımı ile fazla masraf ve pestisit gibi kimyasal ilaçların üretildiği

fabrikalarda atıkların doğal su kaynaklarına akıtılması sonucu su sistemlerinin kirlenmesine neden olmaktadır. Aynı zamanda tarımsal uygulamalarda, kimyasal içerikli gübrelerin ve ilaçların bilinçsizce kullanılması su sistemlerinin kirlenmesine neden olmaktadır (Baykan, 2004).

Avrupa Birliği'nde içme suyu olarak kullanılan ve diğer ihtiyaçlar için kullanılan sular analiz edilmiş ve elde edilen ölçüm değerlerine göre, yüzeyde bulunan suların %20'sinin tehlikede olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte yeraltı su kaynaklarından %60 kadarı içme suyu olarak kullanılmaktadır. Elde edilen ölçümlere göre, yeraltı suyunun çok fazla tüketilmesi aynı zamanda yüzey suları temiz tutulmaması nedeniyle sulu alanlarının yaklaşık %50'sinin giderek yok olma tehlikesi ile karşı karşıya olduğu tespit edilmiştir (WISE, 2016).

Su kaynaklarında nitrat içeriklerinin tahminlerinin elde edilmesi ve modellenmesi hakkında birçok araştırma mevcuttur. Yesilnacar ve ark. (2008), Harran Ovası'ndaki yerüstü sularının yapay sinir ağları yardımı ile tahmin edilmesi, Palani ve ark. (2008), Singh ve ark. (2009), yapay sinir ağları kullanılarak su kalitesini modellemede, Kunkel ve ark. (2010), Avrupa Birliğinin politikaları doğrultusunda yüzey sularının içeriğindeki nitrat kirliliğinin tahmin edilmesi, İleri ve ark. (2014), Uluabat Gölü sedimentinde kirlilik değişkenlerinin GIS ile modellenmesi konusunda çalışma yürütmüşlerdir.

Bu çalışmada, Harran Ovasında yaklaşık 35.000 ha alanda nitrat konsantrasyonunun ve tuzluluk değerlerinin ölçülmesi ile kabul edilebilir nitrat düzeyinin, ulusal standartlar ile uluslararası standartlarda önerilen 50 mg/L sınır değeri üstünde olup olmadığının tespit edilebilmesi amaçlanmıştır. 40 örnekleme kuyusu seçilerek nitrat düzeyleri pH ve EC değerleri ölçülmüştür. Çalışma 2022 yılı Ekim ayı içerisinde belirlenen kuyu noktalarından alınan su örnekleri ile çalışma gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda taban suyu seviyesi ve rakım parametreleri ile de değerler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Ölçümler sonucu analizlerle tüm parametreler birbiriyle ilişkilendirilerek etkileri belirlenmiştir. Çalışma alanında nitrat kirliliğine hassas noktaları belirlemek için jeoistatistiksel haritalar üretilmiştir.

Aynı zamanda ölçümleri yapılan pH, EC, ve taban suyu seviyeleri içinde jeoistatistik haritalar oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan jeoistatiksel yöntemlerle ölçümü yapılan parametrelerin mekânsal dağılımlarının belirlenmesi ve haritalanması amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Hallberg (1989), Yeraltı sularındaki kirlilik nedenleri olan değişkenlerin ilk sıralarında suda çözünmüş olarak bulunan azot bileşikleri yer almaktadır. Yeraltı sularında çözünmüş olarak bulunan azotun en çok rastlanılan formu nitrat olmakla birlikte, amonyum nitrit, azot oksit ve organik azot formunda da bulunmaktadır. Oksijenli ortamda mevcut olan bakteriler amonyağı nitrit veya nitrat iyonuna dönüştürürler. Nitrit bileşiği oksijenli ortamlarda yükseltgen maddelerin mevcut olduğu ortamlarda kararsız davranarak, direkt yükseltgenerek nitrat bileşiğine dönüştürülürler. Nitrat kirliliğine yol açan atıkların kullanımının artması ile içme ve yeraltı sularında nitrat ve nitrit kirliliğinin gün geçtikçe artmasına neden olmaktadır.

Yavuz ve ark. (1993), Çalışmada, Ankara'da yer alan 8 yerleşim merkezinde bulunan toplam 55 çiftlikten kuyu suyu örnekleri alınmış olup, bu kuyu sularındaki nitrat ve nitrit düzeylerini ölçmek amaçlanmıştır. Örneklerin analizinde spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır. Analiz sonuçlarında kuyu sularındaki nitrat düzeyleri 0,4-546 ppm olarak ölçülmüş olup, nitrit düzeyleri ise 0,0-16 ppm arasında olduğu gözlemlenmiştir. Kuyulardan alınan örneklerin %87'sininin kabul edilebilir standartlara uygun yani risk sınırının altında olduğu; % 11'nin standardın üzerinde risk taşıdığı buna bağlı olarak kronik zehirlenmelere sebebiyet verecek düzeyde olduğu ve diğer %1,7'sinde ise risk oranının en üst düzeylerde olduğu yani akut zehirlenmelerine sebep olacak değerlerde olduğu belirlenmiştir.

Kaplan ve ark. (1996), Kumluca yöresinde yapılan çalışmada kuyulardaki nitrat değerlerinin araştırılması amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada örnek olarak 20 kuyudan numune alınmıştır. Kuyulardan alınan su örneklerinin NO^-_3, NH^+_4 ve EC analizleri yapılmıştır. Çalışmada analiz sonuçlarında kuyu sularında nitrat değer aralıklarının 2.46-164.91 mg/L olduğu belirlenmiştir. Bu değerler bölgenin nitrat kirliliği açısından yüksek düzeylere ulaştığını göstermiş olup, örneklerin % 50'sinden fazlasının kabul edilebilir nitrat değerleri olan 45mg/L üzerinde olduğu

saptanmıştır. Bölgede seracılık faaliyetleri sebebiyle kullanılan gübre miktarının Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu saptanmıştır. Bunun sonucu olarak da alınan örneklerdeki nitrat kirlilik düzeylerinin risk teşkil edecek değerlerin üzerine çıkmasına, bölgede seracılık faaliyetleri için açılan kuyuların bir kısmından da içme suyu olarak kullanımından kaynaklı sağlık sorunlarına sebebiyet vereceği belirtilmiştir. Bölgedeki durumun yetkililer tarafından daha fazla araştırma yapılarak nitrat değerlerinin bir an önce önüne geçilebilecek bir düzeye düşürülebilmesi için çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir.

Gündoğdu (2004), Çalışmada tabansuyu gözlem kuyularındaki derinliklerin jeoistatistiksel olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Mustafakemalpaşa sulama projesi alanı pilot alan olarak seçilmiştir. Çalışmada 2002 yılına ait ölçüm değerlerinin temmuz ayına ait olanları seçilerek kullanılmıştır. Çalışma alanındaki tabansuyu derinliklerinin yersel değişimleri jeoistatistiksel yöntemlerle değişik açılardan değerlendirilmiştir. 15500 ha'lık alanda yapılan çalışmada toplamda 238 tabansuyu gözlem kuyusu yer almaktadır. Kuyuların bir kısmı tahrip olduğundan 200 adet kuyuda ölçüm yapılmıştır. Tabansuyu gözlem kuyularına ait veriler DSİ'den temin edilmiştir. Bu kuyuların 197'sinden alınan değerler kullanılmıştır. Çalışmada ArcGIS ver. 8 yazımı kullanılarak jeoistatistiksel metotlar kullanılmıştır. Çalışma alanında yarıvariogram modeli kullanılarak örneklenemeyen alanlar için tahmin yapılabilmektedir. Tabansuyu derinlik değerleri tüm çalışma alanında 30 m. aralıklarla küresel yarıvaryogram modeli kullanılarak elde edilmiştir.Çalışmada 197 örnekten alınan veriler kullanılarak yarıvariyogram modeli ile 30'a 30 m ebatlarında piksellerden oluşan derinlik haritası hazırlanmıştır. Böylece alanda, 900 m2 lik alanlara sahip kısımları temsil edecek değerler belirlenmiştir. Proje alanında en düşük derinlik 178 cm, en yüksek değer ise 317 cm olduğu için 5 ayrı grup elde edilmiştir. Çalışma alanı 204-230 cm derinliğine sahip olanlar alanın büyük bir kısmını oluşturmaktadır.

Özdemir (2006), Yeraltı sularında kirliliğe nenden olan en önemli tarımsal uygulamalar; tarımda kullanılan kimyasal gübreler, ilaçlar ve hayvansal gübre atıklarının direkt olarak toprağa bırakılması ile ilgilidir. Bu şekilde toprağa bilinçsiz

olarak direkt bırakılan atık maddeler topraktan, yağmur suları veya sulama sularıyla birlikte yıkanarak tabansularına ve yeraltı sularına karışmakta ve ulaştığı sularda yüksek miktarda kirlilik oluşturmaktadırlar.

Ağaoğlu ve ark. (2007), Çalışma Van bölgesinde yapılmış olup, su kaynaklarında mevcut olan nitrit ve nitrat değerlerinin araştırılması amaçlanmıştır. Nitrat ve nitrit düzeyleri için spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır. Merkez ve ilçeler dâhil toplamda 366 adet su örneği alınıp materyal olarak kullanılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre 366 adet örneğin ortalama nitrat düzeyleri genelde standartlara uygun bulunmuş olup 0,1ppm'in altında belirlenmiştir. Sadece merkezde bir kuyuya ait örnekte %2 ile diğer bir kaynak örneğinde %3, ilçelerden ise Erciş'teki kaynak suyunda %2 olarak standart değerlerin üzerinde olduğu saptanmıştır. Fakat çalışmada bunun sebebine dair bilgiye yer verilmemiştir. Nitrit düzeyinin ise merkez ve ilçelerde 0,091ppm ile 0,060 arasında olduğu belirlenmiştir. Çalışmada merkez ve ilçelerdeki su örneklerinde nitrit düzeyleri standartlara uygun bulunmuş olup 0,1 mg/L'nin altında olduğu belirlenmiştir.

Polat ve ark. (2007), Çalışma İzmir Nif dağı çevresinde yer alan karstik akiferlerdeki yeraltı sularında nitrat değerlerinin mevsimsel değişimlerini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada mevsimsel değişimlerin sağlıklı bir şekilde tespit edilememesinin sebeplerine değinilmiş olup, bu sebeplerin başında ise insan kaynaklı kirleticilerin geldiğine değinilmiştir. Bunları da tarım alanları ile sanayi tesislerine yakın alanlarda ki kirlenmeler oluşturmaktadır. Çalışmada örnekler kuyulardan ve pınarlardan alınan numunelerden oluşmaktadır. Yükseklerden ovaya inildikçe nitrat değerlerinde artışların gözlemlendiği belirtilmiştir. Ovalara doğru inildikçe sıcaklık ve pH değerlerinin arttığı buna bağlı olarak da iyon değerlerinin arttığı neticesinde de EC değerlerinde bir artışın görüldüğü gözlemlenmiştir. Bölgedeki içme su kaynaklarını besleyen pınarlardan alınan numunelerdeki nitrat değerlerinin yüksek düzeylerde oluşu sağlık açısından risk teşkil etmekte olup, kaynak durumunda olan bu kuyuların ve pınarların çok daha iyi bir şekilde korunması gerektiği belirtilmiştir.

Durmaz ve ark. (2007), Şanlıurfa sınırları içerisindeki kuyu sularında nitrat ve nitrit düzeylerini belirlemek amacıyla bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada merkez dahil ilçelerle birlikte toplam 83 kuyu suyu metaryal olarak kullanılmıştır. Örneklerin nitrat ve nitrit düzeyleri Sen ve Danoldson tarafından bildirilen metodla spektrofotometre ile 550 nm dalga boyunda belirlenmiştir. Çalışmada 83 kuyunun tamamında farklı düzeylerde nitrat belirlenmiş olup sadece 26 örnekte nitrit tespit edilmiştir. İçme suyu ve kullanma sularındaki nitrat ve nitrit yaygın bir şekilde bulaşmaya başlamış ve artış göstermektedir. İçme sularının büyük bir kısmı yeraltı sularından temin edildiği ve bu sularında birçok faktörün etkisiyle kirlendiği bilinmektedir. Bu nedenle halk sağlığı açısından sulardaki nitrat ve nitrit düzeylerinin belirlenmesi çok büyük önem taşımaktadır. Yapılan çalışmada örnek alınan kuyuların % 30'nda nitrite rastlanmıştır. Ancak nitrit düzeylerinin oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar arasındaki farklılıkların sebebi ise metotlarla analizler, farklı tarımsal uygulamalar, gübreleme teknikleri, sanayileşme oranı, katı atık depolama sahalarının konumları gibi birçok faktör olabilmektedir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğine göre içme sularındaki nitrat (50mg/L) ve nitrit (0,50 mg/L) bulunabilecekleri değerler düşünüldüğünde araştırmada tespit edilen değerler ortalama nitrat (9.18+-0,850 mg/L) ve nitrit (0,02+-0,003 mg/L) olup uygun düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliğe göre Şanlıurfa'daki kuyu sularında nitrat ve nitrit düzeyleri halk sağlığı açısından risk teşkil edecek değerlerin altındadır.

İbrikçi ve ark. (2008), Yeraltı sularından olan taban suyu, derinlerde bulunan kuyu suları ve kırsal alanlarda bulunan içme suyu ve kullanma suyunun kirlenmesine neden olan tarımsal kirleticiler ile çok yakından ilgilidir. Bu kirleticilerin en büyük kaynaklarından biri kimyasal azotlu gübrelerdir. Bitkilerin gelişim için azotlu gübrelere bitkiler fazla miktarda ihtiyaç duymakta ve fazla miktarda kullanımın ise olumsuz etkileri oluşabilmekte aynı doğrultuda su kaynaklarında nitrat kirliliğine yol açabilmektedir. Bu sebeple Dünya Sağlık Örgütünün belirlenmiş olduğu nitrat içerik değerinin sınır değerinin altına çekmek istenmiştir. Aşağı Seyhan Ovasında gerçekleştirilen mevcut projede, hidrolojik yönden sınırları iyi belirlenmiş Akarsu Sulama Birliği sahasında 2007 su yılında 1 Ekim 2006 – 30 Eylül 2007 taban suyu

nitrat içeriğinde oluşan değişim miktarları araştırılmıştır. Yeraltı sularından taban suyu gözlem kuyularından alınan örneklerin zaman çizelgesi Ocak, Şubat, Mayıs, Temmuz ve Ekim aylarında 2007 yılında alınan su örneklerinde nitrat değerlerini belirlemek için ölçümler yapılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçlarına göre ortalama nitrat içeriği, gözlem yapılan sürede 10.6 – 22.5 mg/L arasında değişmektedir. Elde edilen verilere göre en yüksek nitrat içeriği, çalışma bölgesindeki yağış ve iklimin parametrelerine de bağlı olarak şubat ayı içerisinde ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre çalışma alanı sulama havzasında tehlike oluşturabilecek nitrat içeriği Şubat ayı dışında genellikle toplam çalışma alanının yaklaşık olarak %5'i kadarını oluşturmaktadır. Böylece çalışma alanındaki yeraltı sularından taban suları nitrat kirliliği konusunda herhangi bir tehlike oluşturmamaktadır

Korkut (2009), Nitrat kirliliği konusunda yapılan çalışmaların sayısı bakımından Türkiye' de hali hazırda çok az sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Fakat bu çalışmalardan elde edilen ölçüm değerleri incelenince ülkemizde problemin ne denli önemli düzeylerde olduğunu göstermektedir. Mersin ilinde gerçekleştirilen bir araştırmada, 205 tane kuyulardan farklı fiziksel ve kimyasal parametrelerin (nitrat ve nitrit) analizi için su numuneleri alınmıştır. Ülkemizde geçerliliğini sürdüren içme suyu sınır değerleri (TS 266) göre nitrat parametresi için içme suyu olarak kullanılan su için en büyük nitrak konsantrasyon değeri 45 mg/L olarak belirtilmektedir. Çalışmadaki numuneler için nitrat değerlerinin aralığı 0,44–73,48 mg/L, ortalama nitrat değeri 16,41 mg/L, medyan nitrat değeri 11,95 mg/L ve standart sapma nitrat değeri 15,86 olarak elde edilmiştir. Alandaki nitrat kirliliğinin nedeni insan kaynaklı olduğu düşünülmekte olup bu faaliyetlerin başını tarımsal girdiler, endüstriyel ve evsel atıklar almaktadır. İzmir, Nif Dağı ve çevresinde bulunan yeraltı sularında nitrat kirlilik boyutlarının dönemsel olarak değerlendirilmesinin yapıldığı bir araştırmada, 59 tane numunede nitrat ve nitrit düzeyleri tahlil edilmiştir. Nif Dağının batısında yer alan her iki örnekleme zamanında bulunan nitrat içeriği 50 mg/L'den yüksek değerlere rastlanmıştır.

Olhan ve Ataseven (2009), Yapılan çalışmada Türkiye'de İçme suyu havza alanlarında nitrat kirliliğine neden olan tarımsal faaliyetler ile ilgili yasal

düzenlemelerin gereklilikleri konu edilmiştir. Çalışmada Türkiye ve dünyada su havzalarının korunması ile ilgili kanun ve yönetmeliklerin incelenerek yeterliliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Nitrat kirliliği ve canlı sağlığına riski açısından bu kanunların ne denli önemli olduğuna değinilmiştir. Türkiye'de konuyla alakalı birçok kanun ve yönetmeliğin mevcut olduğu fakat uygulama anlamında yetersizliklerinin olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan bazıları; tarımsal kaynaklı oluşan nitrat kirliliğinden suları koruma yönetmeliği, suların kirlilik kontrollerine dair yönetmelik, içme suyu ve kullanma Suyu olarak kullanılacak suların kirlenmesine karşı korunması hakkında yönetmelik, havzaların korunması gibi yönetmelikler, olarak sayılabilir. Bunların yanında iyi tarım uygulamaları ile bilinçli gübreleme yapılabilmesi amacıyla kullanılacak tarım teknikerinin yer aldığı "İyi Tarım Uygulamalarına İlişkin Yönetmelik" ve daha sayılabilecek birçok kanun ve yönetmelik yer almaktadır. Mevcut kanun ve yönetmeliklere gerekli olanların da eklenmesi ile havza alanlarının, barajların, yeraltı sularımızın, akarsularımızın, göllerimizin her türlü su kaynaklarımızın korunmasının sağlanması gerekmektedir. Bununla birlikte havza alanlarını korurken aynı zamanda havza alanlarındaki yerleşim nüfusunun da konuyla ilgili eksiksiz bir şekilde bilgilendirilerek sularımızın kirletilmesinin önüne geçilmesinin önemine yer verilmiştir.

İbrikçi ve ark. (2010), Çalışma Çukurova bölgesinde yeraltı sularındaki nitrat değerlerini izlemek için açılmış olan 56 adet taban suyu gözlem kuyusundan alınan örneklerle yapılmıştır. Taban suyu gözlem kuyularının ortalama derinlikleri 3 metre civarındadır. 2007 yılında ve daha sonrasında 2008 yılında gözlem kuyularından numuneler alınarak analizler yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda yeraltı sularındaki nitrat konsantrasyonları izlenmiştir. Çalışmada aynı zamanda yeraltı suyu derinlikleri ölçülmüştür. Yapılan analizler sonucunda 2007 yılında kuyuların yüzde 0,78'inde 56,38 mg/L ve yüzde 1,48'inde 52,79 mg/L olarak ölçülmüş olup, örneklerin sadece yüzde 0,4 ile yüzde 5,4'ünde sınır değer olan 50 mg/L'yi aştığı saptanmıştır. Nitrat düzeylerinin en yüksek olduğu aylar ise Şubat, Haziran ve Temmuz ayları olmuştur. Şubat ayındaki nitrat kaybının nedeninin kış olduğu için aşırı yağışlar ile yıkanma, Haziran ve Temmuz aylarındaki kayıpların ise sulama mevsimi olduğundan sulamadan kaynaklandığı ön görülmüştür. Bölgedeki nitrat

düzeylerinin kötü drenaj koşulları da göz önünde bulundurulduğunda sürekli olarak izlenmesi gerektiği tavsiye edilmiştir.

Ökmen ve Algur (2011), Hayvanların ve bitkilerin gelişimi gerekli olan azot önemli bir besindir. Aynı zamanda protein sentezi için de azota ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat bu kadar önem arz eden bu besin maddesi içme sularımızda atık sularda sürekli artan bir oranda karşımıza çıkmaktadır. İçme sularında artan nitrat oranı çok ciddi sağlık problemlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Yüksek miktarda alınan nitrat toksit etki yapmakta özellikle bebeklerde ciddi rahatsızlıklara neden olmaktadır. Bunların başında mavi bebek sendromu dediğimiz hastalığa sebebiyet vermektedir. Kanda bulunan hemoglobinle birleşmesi sonucu methemoglobinemia hastalığının ortaya çıkarmakta olup oksijen taşınımını engellemektedir. Çalışma bu amaçla nitratın uzaklaştırılması gerekliliğinin ne derece önemli olduğunu belirtmek amacıyla nitratın sulardan uzaklaştırılması proseslerine değinmiştir. Bunların en önemlisi olan biyolojik denitrifikasyondur. Biyolojik denitrifikasyonda mikroorganizmalar kullanılmaktadır. En çok tercih edilen yöntem olmasının gerekçesi ise ekonomik olmasıdır. Biyolojik denitrifikasyonun önemi gittikçe artmakta olup uygulamada denitrifikasyon kapasitesi yüksek türlerin araştırılması gerekliliğinin çok önemli olduğu belirtilmiştir.

Sünal ve Erşahin (2012), Yer altı sularında kirlilik parametrelerinden en önemlisi olan nitrat kirliliği üzerine yapılan çalışmada kirliliğin kaynağının, bilinçsiz tarımsal gübreleme ve ilaç kullanımları olmakla birlikte hayvan atıklarının toprağa direkt olarak atılması olmuştur. Çalışmada konuyla ilgili Türkiye'deki nitrat kirliliğiyle alakalı yapılan çalışmalara değinilmiş olup kirliliğin sebeplerinin en önemli faktörlerinden birinin çözünmüş haldeki azot birleşiklerinin sulardaki konsantrasyonları olmuştur. Azotun çözünmüş haldeki formuna en fazla nitrat olarak onun yanında, amonyum, nitrit, organik azot ve azot oksit olarak rastlamak mümkündür. Amonyak oksijensiz ortamlarda bakteriler tarafından nitrata veya nitrite dönüştürülür. Nitrit oksijenli ortamlarda nitrat iyonuna dönüşür. Bu şekilde ortamdaki nitrat iyonu konsantrasyonu artar ve istenmeyecek düzeye geldiği zaman yeraltı sularında kirliliğe neden olacak şekle gelir. Bilinçsiz yapılan gübrelemeler

sonucunda toprakta bulunan azot miktarının artmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda da topraktan yıkanarak yeraltı sularına bulaşan nitrat kirliliğe sebebiyet vermektedir. Yeraltı sularında kirletici etkenlerden olan nitrat miktarının risk teşkil eden değerlerin altına indirgenebilmesi için en önemli faktörlerden biri azotlu gübrelerin bilinçli bir şekilde kullanılması ve bitkinin buradaki azottan en iyi şekilde faydalanacağı zamanların iyi belirlenmesidir. Bir diğer önemli tedbir ise denitrifikasyon yöntemiyle ve derin köklü bitkiler yardımıyla uzaklaştırmaktır. Gübrelemenin mümkünse bir şekilde kayıt altına alınması bilinçsiz tarımın önüne geçilmesi iyi tarım uygulamaları örnek alınarak kirliliğe neden olan tarım uygulamaları kontrol altına alınarak yetkililerce sınırlamalar getirilmelidir.

Türkiye' de dâhil olmak üzere yeraltı su kaynakları dünyanın birçok yerinde nitrat (NO^-_3) ile kirlenmektedir. Bu sorun dünyanın çoğu yerinde önemli seviyede sorunlar oluşturmaktadır. Yeraltı sularında bulunan en önemli kirleticilerden olan azot elementi çoğunlukla nitrat (NO^-_3) formunda bulunmaktadır. Yeraltı sularına ulaşan nitrat kirleticisinin kaynakları olarak; Yanlış sulama teknikleri, aşırı gübreleme ve ilaçlama sonucunda ve aynı zamanda sanayi, endüstriyel, hayvansal ve evsel atık sular olarak örnek verilebilir ve nitrat (NO^-_3) bu kaynaklar ile doğrudan veya dolaylı olarak su kaynaklarını kirletmektedir. Nitrat kirleticisinin en fazla olduğu alan eldeki verilere göre değerlendirilince tarımsal faaliyetler sonucu olduğu belirlenmiştir (Sunal ve Erşahin, 2012).

Başbozkurt ve ark. (2013), Çalışma Adıyaman il merkezinde 19 köyü içerisine alan bir alanda yapılmıştır. Alanda yapılan çalışmada amaç; elektriksel iletkenlik, çözünebilir tuz, kireç miktarı, kalsiyum, magnezyum, sodyum, bor konsantrasyonları, toprak reaksiyonu, saturasyon, tane büyüklüğü gibi özelliklerin jeoistatistiksel metotlar kullanılarak mekânsal bağımlılıklarının haritalanması ve incelenmesidir. Model olarak, sodyum, magnezyum ve kalsiyum için linear model; bor, kil, kireç EC, pH, saturasyon için ise izotropik üssel model kullanılmıştır. Mekânsal bağımlılıklar, toprakların variogram, Moran's I indeksi ve varyasyon katsayısı değerlerine göre belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan üç yöntemde kil, tuz, bor ve kirecin mekânsal bağımlılıklarının orta ve yüksek derecede olduğu tespit

edilmiştir. Ayrıca çalışma alanında örnek alınamayan bölgelerin değerleri krining interpolasyon yöntemi kullanılarak tahmin edilip haritalanmıştır. Çalışma alanındaki toprakların mekânsal bağımlılık dereceleri genellikle orta ve yüksek düzeylerde çıkmıştır. Toprakların mekânsal bağımlılık derecelerinden faydalanılarak oluşturulan dağılım deseni haritaları yardımıyla daha iyi bir toprak yönetimi ve bitki yönetim stratejisinin belirlenebileceği öngörülmüştür.

Ardıç (2013), Türkiye'nin çeşitli illerinde (Trabzon, Antalya, Bursa, Edirne, İzmir, Eskişehir, Samsun, Erzurum) yapılan çalışmada, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün belirli aralıklarla kontrol ettikleri su kaynaklarına ait nitrat düzeylerinin 2009 yılına ait verileri değerlendirilmiştir. Su kaynaklarındaki nitrat değerlerinin insan sağlığını etkileyecek düzeyde olup olmadığı, risk seviyeleri Amerika Çevre Ajansı'nın (USEPA) Risk Değerlendirme Modeliyle hesaplanmıştır. Çalışmada ayrıca risk değerlerinin nitratla alakalı kanser türleriyle bir ilişkisinin olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Söz konusu illerde yapılan çalışmada belirlenen nitrat değerlerinin sağlık açısından risk teşkil edecek seviyelerde olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca erkek ve kadınlarda tehlike düzeylerinin, bazı kanser türlerinde korelasyon analizlerine göre istatistiksel bir bağın olduğunu fakat bu ilişkinin önemsiz bir düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır. Mide ve böbrek kanserleri ile ile sulardaki nitrat oranları arasında ise önemli düzeyde bir ilişkinin olmadığı belirlenmiştir.

Kahraman ve ark. (2016), Yeraltı sularında, en çok ölçülen mevcut su kirletici parametresini nitrat oluşturmaktadır. Yeraltı sularının nitrat seviyelerindeki artışın kaynakları olarak, tarımsal üretimde kullanılan kimyasal ilaçlar ve gübreler, doğada kendiliğinden var olan kaynak, evsel ve sanayi atıkları şeklinde dört kısımdan kaynaklandığı söylenebilir. Yüzey sulamasının başlamasıyla tarımsal faaliyetler artış gösterirken, bilinçsiz ve kontrol alında olmayan sulama ve drenaj kanalarının yeterli olmaması ve aynı zamanda evsel atıklar ve diğer kirletici atıkların ovanın drenaj alanlarından kontrol altında olmadan uzaklaştırılması işlemi ile çok önemli çevre sorunlarıyla karşılaştırılmıştır. Ovanın bazı kısımlarında yeraltısu seviyesi ile taban suyu seviyesi birleşmiş durumdadır. Bu problemleri önem seviyesini ortaya çıkarmak

amacı ile ovanın farklı yerlerinden toplamda 20 örnek alınarak nitrat düzeyleri 2014 – 2015 yıllarını kapsayan yaz ve kış aylarında incelemeler yapılmıştır. Aynı zamanda, sıcaklık, pH ve EC gibi değerlerde kuyulardan örnekler alındığı sırada ölçülmüştür. Ölçüm yapılan yaz ve kış aylarında, nitrat içeriği 20-317 mg/L, sıcaklık değeri 13,2-22,9 ^{o}C, pH değeri 6,85-7,7 ve EC değerleri 484-2450 µS/cm olarak ölçülmüştür. Buna göre, kabul edilebilir en fazla nitrat seviyesinin, TS 266 (TSE, 2005), WHO (1998) ve EU (1998) tarafından önerilen 50 mg/L sınır değerinin üstünde olduğu saptanmıştır.

İmamoğlu ve ark. (2016), Çalışmada İstanbul'da en büyük içme suyu havzası olan Büyükçekmece havzasında 42 farklı noktadan toprak numuneleri alınarak, kireç, tuz içeriği, pH, ve toprak bünyelerinin analizleri yapılmıştır. Çalışma toprakların kullanım planlamalarının yapılması yersel, mekânsal değişimlerinin belirlenerek alanlara ait veriler elde edilmesi ve buna ait model geliştirmesi amacıyla yapılmıştır. Koordinatları alınan noktaların belirlenmesi için numune sayısı ve alandaki dağılımlarının belirlenmesi anlamında kullanılacak veriler yükseklik. Toprağın konumsal dağılımı çeşidi, Coğrafi bilgi sistemi ile birlikte değerlendirilmiştir. Noktaların analiz sonuçları jeoistatistiksel yöntem uygulanarak, çalışma bölgesinde kireç değerleri, pH değerleri, tuzluluk haritaları üretilmiş ve ilgili haritalar CBS'ye entegreedilerek değişik mekânsal analizler elde edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarıyla üretilen haritalarla birlikte, pH, tuzluluk, kireç içerikleri ile arazi kullanımı ve jeoistatistiksel özellikler arasındaki ilişkiler kurulması açısından çok önemli avantajlar sağlamıştır. Çalışma sonucu bize alanın jeomorfolojisine bağlı olarak farklı değerlerde ölçülen fiziksel ve kimyasal özelliklerin mekensal değişimlerinin izlenebileceğini göstermiştir.

Öztürk ve Göncü (2017), Yer altı su kaynaklarından içme suyu olarak kullanılan suları diğer ihtiyaçlar için kullanılan su kaynaklarına oranla çok daha temiz, güvenilir, içilebilir olmasına rağmen bu su kaynaklarının kirlenmesi durumunda temizlenme işlemleri çok daha güçtür. Yeraltı su kaynaklarına ulaşan nitrat kirlilik parametresinin kaynakları genel olarak evsel atıklar, sanayi ve endüstriyel atıkları ve tarımsal faaliyetlerde kullanılan kimyasal girdiler şeklinde

sıralanabilir ve yeraltı su kaynaklarına ulaşım için toprak horizonlarından sızmaktadır. Yeraltı su kaynaklarında nitrat kirliliğinin temizlenmesinde kullanılan birçok kullanılıyor olmasına rağmen biyolojik temizleme metotları çok daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Nitrat ile kirlenmiş yeraltı sularının temizleme yöntemlerinden biyolojik yöntemlerin alt metodu olan mikro algler alternatif yöntem olarak kullanılmaktadır. Bu doğrultuda yeraltı sularının kimyasal içeriğinin bileşimi ve mikro alglerin büyütülmesi konusunda çok sayıda inceleme ve çalışmalar yapılmıştır.

Yener ve Ongun (2017), Sarıgöl Ovası'nda yapılan çalışmada sulama suyu olarak kullanılan yeraltı sularının kalitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. 2014 yılının nisan ve eylül ayları içerisinde alanda mevcut olan 26 kuyu belirlenip su örnekleri alınmış ve B, NO_3, HCO_3, CO_3, SO_4, K, Na, Cl, pH, Ca+Mg analizleri yapılmıştır. Ayrıca kalıcı sodyum karbonat (RSC), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ve sulama suyu sınıfı değerleri belirlenmiştir. Yapılan analiz sonuçlarında pH' 6.70-7.50 aralığında olduğu, tuzluluk sınıfının C2-C3 arasında olduğu alkaliliğin ise S1 olduğu ve özel herhangi bir iyon etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Çalışmada yeraltısularında nitrat kirliliğine rastlanmamıştır. Jeoistatistiksel yöntemler kullanılarak pH ve EC değerleri belirlenmiştir. EC değerleri iki dönemde de 7824 m olarak tespit edilmiş olup, pH etki aralığı ise birinci dönem 7200 ikinci dönem ise 2312 m olarak belirlenmiştir. Çalışmada pH için elde edilen değerlerde etki aralığının kısa oluşu, pH'nın daha çok etkilendiğini ortaya koymuştur. Her iki dönemdeki değerler incelendiğinde EC'nin dağılım haritalarında ana hatlarını koruduğu, pH'da ise önemli değişimler olduğu görülmüştür.

Yetiş ve ark. (2018), Şanlıurfa ili Balıklıgöl havzasında yapılan çalışmada bölgedeki su kaynaklarındaki nitrat ve nitrik seviyelerinin araştırılması amaçlanmıştır. Nitrat ve nitrit kirliliği bulunan su kaynakları bölgede bulunan ve bu suyu kullanan insanların sağlığını olumsuz etkileyecektir. Bölgedeki nitrat ve nitrit kirlilik düzeyleri risk teşkil edecek düzeyde olan alanların tespit edilebilmesi amacıyla 2014-2015 yılları arasında bir yıl boyunca 8 ayrı noktada mevsimsel olarak izlenmiştir. İzlenen örneklerde nitrat düzeyi en düşük 1,52 mg/L olarak, en yüksek

15,9 mg/L; nitritte ise en düşük 0,014 mg/L olarak, en yüksek 0,203 mg/L olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlarla bölgedeki alanların nitrat ve nitrik kirliliği düzeyleri dağılım haritaları oluşturulmuştur. 8 farklı noktadan alınarak analiz sonuçları ile takip edilen bölgelerde nitrat ve nitrite belirli düzeylerde rastlanılmıştır. Fakat nitrat ve nitrit ölçüm değerlerinde; ulusal ve uluslararası standartların üzerinde bir düzeye rastlanmadığı için, insan sağlığı açısından içme suyu olarak kullanılmasının bir risk teşkil etmeyeceği sonucuna varılmıştır.

Benzer ve Benzer (2018), Bu çalışmada Kütahya ili sınırlarındaki yüzey ve yeraltı sularında nitrat (NO^-_3) seviyelerini yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak ölçüm değerlerini elde etmek amaçlanmıştır. Araştırma konusunda kullanılan yüzey ve yeraltı su örneklerindeki nitrat (NO^-_3) seviyeleri ve elde edilen ortalama ölçüm değerleri sırasıyla; 0.01-190.63 mg/l, 0.01-10.20 mg/l, 16.09 mg/l, 2.51 mg/l şeklinde ölçülmüştür. Bu çalışmanın yapıldığı alan, Kütahya İl Tarım Müdürlüğü'nün 2012 - 2013 yılları arasına ait yüzey 10 istasyondan ve yeraltı 23 istasyondan alınan sularının ölçüm değerleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kütahya il sınırlarında yapılan bu çalışma sonucunda alınan su örneklerinin ölçüm değerlerine göre nitrat (NO^-_3) içeriğinin temel kullanım ihtiyaçlarını karşılamada kullanılabilir olduğu saptanmıştır. Fakat bazı nitrat (NO^-_3) değerleri belirlenen kabul edilebilir seviyenin üstünde çıkmıştır. Yapılan çalışmada ilerde devam ettirilmesi düşünülen ve farklı ölçüm metotları kullanılarak belirlenmesi konusunda büyük önem taşımaktadır.

Ağca ve ark. (2018), Amik Ovasında yapılan çalışmada içme suyu ve sulama sularının kalitelerinin değerlendirilebilmeleri için ovadaki yüzey sularının özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ovadaki su kaynaklarından 2017 Haziran ayında belirlenen 56 noktadan su numuneleri alınmıştır. Su numunelerinin toplam tuz konsantrasyonu, sıcaklık, NH_4, NO_3, P, çözünmüş oksijen ve ağır metal (Zn, Pb, Ni, Mn, Fe, Cu, Cr, Co ve Cd) analizleri yapılmıştır.Araştırmada su örnekleri arasında mevcut tüm parametrelerin etkileşimlerini belirlemek için korelasyon ve tanımlayıcı istatistiksel analizler yapılmıştır. Yapılan analizler neticesinde Pb, Ni, Mn, Cu, P, NH_4, NO_3, DO, TT, T değerleri sırasıyla; 4,43 mg/L, 1,84 mg/L, 18,42 mg/L, 6,75 mg/L, 140,07 mg/L, 1,69 mg/L, 4,13 mg/L, 12,09 mg/L, %20, 23.8^0C olarak

ölçülmüştür. Ölçümler sonucunda toplam 56 kuyunun 52'sinde T değerleri üst sınır olan 25 ^{0}C derecenin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin 13'ünde DO değerleri alt sınır olan 8 mg/L'nin altında olduğu tespit edilmiştir. P ve ağır metallerin ise tüm numunelerde kabul edilebilir üst sınırların altında oldukları belirlenmiştir. Örneklerde Pb ve Cu ile NO_3 arasında; Mn ve P ile NH4 arasında önemli pozitif korelasyonlar bulunmuştur. ($P<0,01$). NO_3, P, NH4 değerleri açısından su örneklerinin büyük çoğunluğunun sulama ve içme suyu olarak kullanımlarının uygun oldukları tespit edilmiştir. Ovadaki yüzey sularında NO_3 kirliliğine rastlanmamıştır.

Demer ve Hepdeniz (2018), Çalışmada Isparta ilinin yeraltısuyu kalitesinin değerlendirilmesi için jeoistatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Mekânsal dağılımla yeraltısularının kalitesini analiz etmek ve yönetmek önem arz etmektedir. Çalışmada sıcaklık, elektriksel iletkenlik, nitrat, sodyum, magnezyum ve kalsiyum parametreleri kullanılmıştır. Parametrelerin dağılımlarındaki çarpıklığı gidermek için veri dönüşüm işlemi yapılmıştır. En iyi yarıvariyogram modelinin, kök ortalama kare hatasına bağlı olarak, her parametre için farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Yeraltısularının mekânsal dağılım haritalarını oluşturmak içinse kriging yöntemi kullanılmıştır. Ölçülen nitrat değerleri konsantrasyonları sadece iki alanda risk değerlerinin üzerinde çıkmıştır. Bunun sebebi de bölgede yapılan tarımsal faaliyetlere bağlanmıştır. Yapılan çalışmada oluşturulan mekânsal dağılım haritalarına göre magnezyum, kalsiyum ve elektriksel iletkenlik değerlerinin kuzeye doğru artış gösterdiği belirlenmiştir. Yeraltısularındaki sıcaklık, elektriksel iletkenlik, sodyum, kalsiyum ve magnezyum parametreleri arasındaki mekânsal bağın güçlü; klorür ve nitrat parametreleri arasında ise mekânsal bağımlılığın ise orta düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

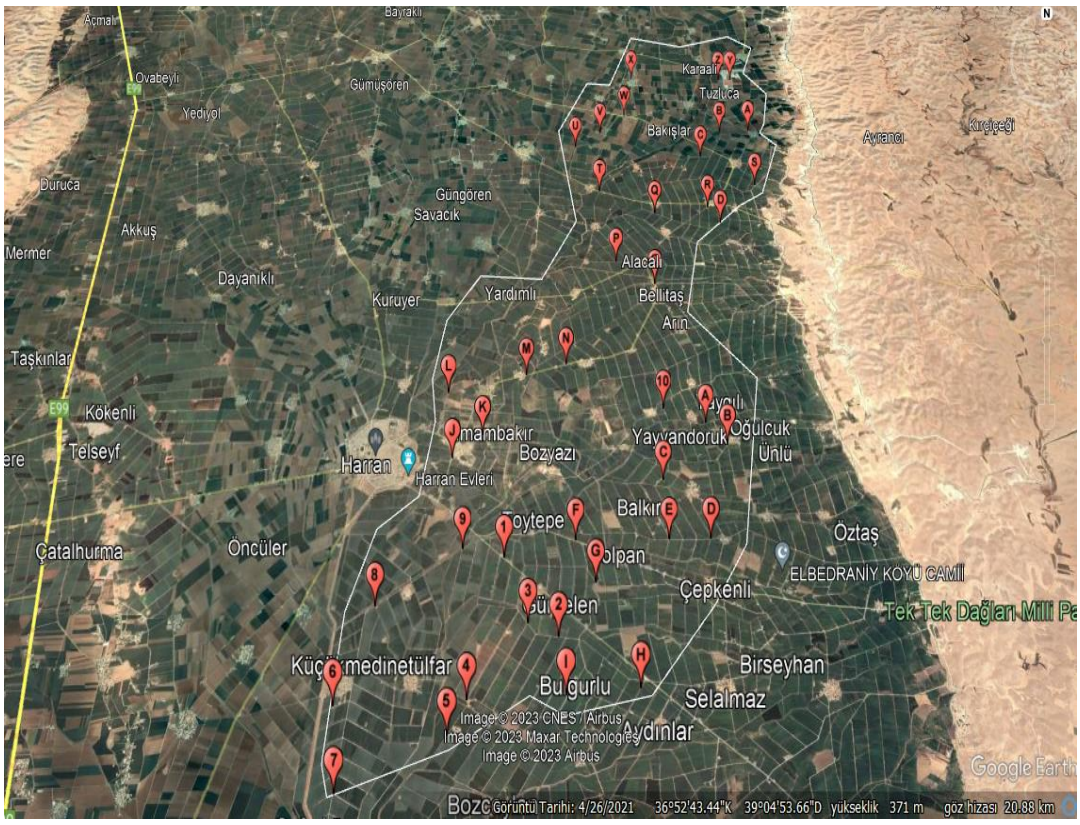
3.1. Materyal

Çalışmanın yapıldığı alan (Şekil-1), 36° 42' K-37° 10' K enlemleri ile 38° 50' D-39° 10' D boylamları arasında bulunmaktadır. Drenajın bulunduğu alan 3.700 km² dir. Buranın 1.500 km²'lik alanını ova kısmı oluşturmaktadır (Yeşilnacar ve ark., 2016). Çalışma alanı yaklaşık 35000 hektar alanı kapsamaktadır.

Ovada GAP kapsamında sulamalı tarıma geçilmesiyle birlikte suyu fazla tüketen pamuk ve mısır gibi ürünler yetiştirilmeye başlanmıştır. Suyun gelmesiyle birlikte kuru tarım yerine artık sulamalı tarıma geçilmiştir. Bunun sonucu olarak da daha fazla ürün ve daha fazla verim alınmaya başlanmıştır. Fakat sulu tarımla birlikte bölgede tuzlulaşma ve drenaj yetersizliği gibi çok önemli sorunlar ortaya çıkmaya başlamıştır. Bölgede tarımla uğraşan çiftçilerin sulamalı tarım konusunda deneyimsiz oluşları, drenajın yetersiz oluşu, ovanın topoğrafik yapısı ve iklimin etkisi gibi nedenlerle taban suyu seviyesinin yükselmesi ve neticesinde tuzluluk, su kirliliği gibi önemli sorunları ortaya çıkarmıştır. Ovada bilinçsiz tarım uygulamaları ve sulamalar sonucu yaklaşık 30.000 hektar tarım alnında tuzlanma ve drenaj yetersizliği sonucu üretim yapılamaz hale gelinmiştir. Ayrıca ovada yazları yüzsek sıcaklıların da etkisi tuzlulaşma oranın artmasına sebep olmaktadır. Buna karşın yağış değerleri çok düşük kalmaktadır. Ova tektonik bir çöküntü alanı özelliğine sahiptir. Ovayı kuzeyinde Germüş, batısında Fatik ve Cudi, doğusunda Tektek dağları güneyinde ise Suriye sınırı çevrelemektedir. Ova kuzeyden güneye doğru alçalma göstermektedir. Kuzeyinde 400 metre olan yükselti ovanın merkezinde 380 metre, daha güneyinde sınıra yakın yerlerde ise 370 metreye kadar inmektedir. Bu şekilde etrafındaki yükseltilerin de etkisiyle sınıra kadar olan alanda bir çanak, çukur özelliğine sahiptir. Çevresine göre çukur bir yapıya sahip olması, yükseltilerden gelen suların sulama sonucu biriken suların da tahliye edilememesi neticesinde taban suyu seviyelerinin yükselmesine ve tuzlulaşmaya neden olmaktadır. Ovada drenaj doğal derelerle sağlanmaktadır. Ovanın ortasında kuzeyden güneye doğru uzanan Cüllap deresi

bulunmaktadır. Dere ovanın drenajını sağlamak için DSİ tarafından ana tahliye kanalı haline getirilmiştir. Ovanın etrafındaki yükseltilerden gelen dereler de Cüllap tahliye kanalına karışmaktadır. Cüllap deresi yatağı fazla geniş olmayışı ve sığ oluşu nedeniyle drenajın sağlanmasında yetersiz olmaktadır. Ayrıca en güneyde bulunan sınır ve sınır boyunca uzanan demir yolu da suyun tahliye edilmesinde önemli ölçüde engel olmaktadır (Yenmez, 2005).

Ovadan 2022 yılı Ekim ayında 40 adet örnekleme noktasından su örnekleri alınmıştır.Bu kuyuların ortalama derinlikleri 90-260 cm arasında değişmektedir Arazide; örnekleme noktalarının koordinatları el tipi GPS ile ölçülmüştür. Alanda nitrat yıkanmasına hassas olan noktalar belirlenerek jeoistatistiksel haritaları oluşturulmuştur. Topografya ve diğer tüm parametreler ilişkilendirilip etkileri belirlenmiştir.



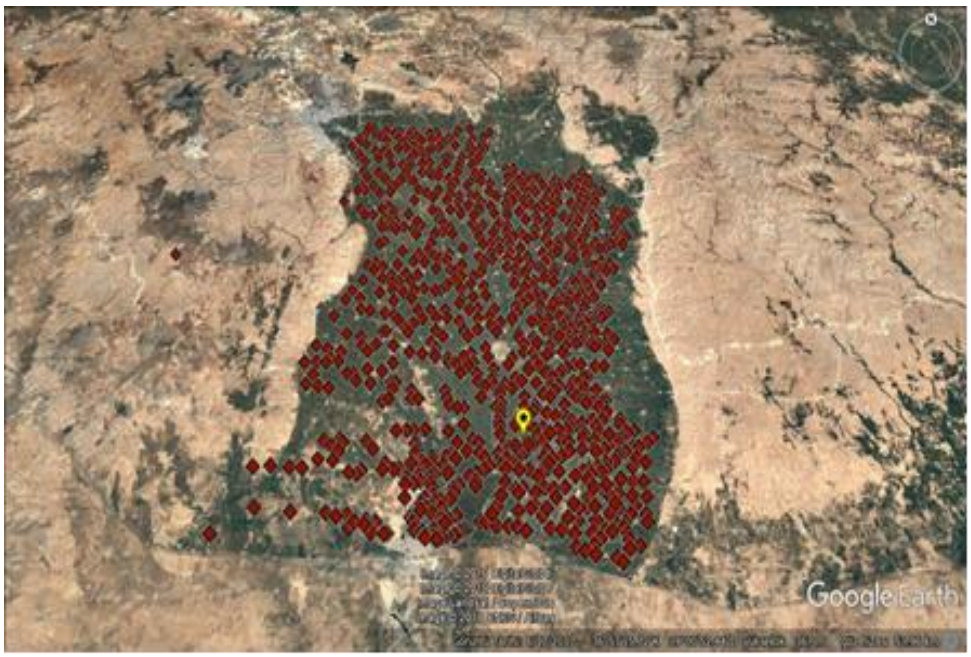
Şekil 3. 1. Çalışma Alanı ve Örnek Alınan Noktalar

Çizelge 3. 1. Çalışma alanı mevkileri

KUYU NO	MEVKİ
1	MEYDAN KAPI
2	BULGURLU
3	GÜRGELEN
4	BULGURLU
5	SU GELDİ
6	KÜPLÜCE
7	SEFERKÖY
8	KÜÇÜKMEDİNETÜLFAR
9	TOYTEPE
10	ÇİFTÇİLER KÖYÜ
11	AŞAĞI YAGIL
12	OĞULCUK
13	YAYVANDORUK
14	ULUAĞAÇ
15	BALKIR
16	ÇOLPAN
17	ÇOLPAN
18	AKÇALI
19	BURGULLU
20	İMAMBAKIR
21	İMAMBAKIR
22	TANTANA
23	YARDIMLI
24	TEKNELİ
25	BELLİTAŞ
26	ALACALI
27	BÜYÜK DÜZLÜK
28	KÜÇÜKDÜZLÜK
29	BUGDAYKUYU
30	KÜPELİ
31	SEKSENÖREN
32	VERGİLİ
33	BAKIŞLAR
34	BEŞAT

Çizelge 3.1.**(devam)**

35	KARAALİ
36	KARAALİ
37	AKMEŞET
38	AKMEŞET
39	OLGUNLAR
40	KÜÇÜKDÜZLÜK



Şekil 3. 2. Ovadaki mevcut taban suyu gözlem kuyuları

3.2.Yöntem

3.2.1. Su örneklerinde yapılan analizler

Tez kapsamında alınan su örnekleri için laboratuvar ortamında analizler iyon kromatografisi kullanılarak yapılmıştır. Su örneklerinde nitrat(NO^-_3), pH, EC, yükseklik ve rakım parametreleri ölçülmüştür. Örnekleme kuyularının yerinde EC, değerleri HANNA HI 8733 Conductivitiy meter portatif cihaz ile tespit edilmiştir. Taban suyu yükseklikleri ise su seviyesi KLL-100 tipi kuyumetre ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Örnekler aşağıda belirtilen yönerge, tebliğ ve standartlara göre alınarak muhafaza edilmiştir.

- TS 5090 EN 25667-2/Nisan 1997, Su Kalitesi-Numune Alma Bölüm 1: Numune Alma Teknikleri Kılavuzu (TSE 1997a.)
- TS 5106 ISO 5667-3/Nisan 1997, Su Kalitesi-Numune Alma Bölüm 2: Numunelerin Muhafaza Ve Taşınma Kuralları (TSE 1997b.)

İyon analizleri Harran Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (HÜBTAM) bünyesinde bulunan Shimadzu HIC-20A marka iyon kromatografisi cihazında yapılmıştır.



Şekil 3. 3. İyon kromatografisi

İyon kromatografisi, iyon değiştirme reçineleri tarafından iyonları ayırma ve tayin etme yöntemidir. Anyonları ayrıştırmak için anyon değiştirme reçineleri, Katyonları ayrıştırmak için katyon değiştirme reçinelerinden faydalanılır. Katı bir yapının içinde bulunan iyonların, bu katı yapının temas ettiği bir çözelti içindeki aynı cins yüklü olan başka iyonlarla bir dengeye göre değiştirilmesi özelliğine dayanmaktadır (HÜBTAM, 2022).



Şekil 3. 4. Arazi çalışmalarından fotoğraflar

Çizelge 3. 2. Ulusal ve Uluslararası NO-3 sınır değerleri

Parametreler	Sağlık Bakanlığı (2005)	SKKY (2004)				TS 266 (2005)		WHO (2011)
		I	II	III	IV	Sınıf 1-2 Tip 1	Sınıf 2 Tip 2	
NO_3 mg/L	50	22	44	89	>89	25	50	50

3.2.2. Jeoistatistiksel metotlar

Jeoistatistik, istatistik analizlerinin uygulamalı bir alanı olup, öncelikli olarak yerbilimlerinde rastlanan kestirim sorunlarının çözümü için kullanıldığı belirtilmiştir. Jeoistatistiksel metotlarla, araştırmaların yapıldığı noktaların bulunduğu konumları ve araştırma örnekleri arasındaki korelasyon dikkate alınarak tarafsız ve en küçük varyanslı kestirimler oluşturulabilmektedir (Olea, 1982; Çetin ve Tülcü, 1998; Başkan, 2004). Jeoistatistiksel analizler ArcMap programının 10.5 sürümünde yapılmıştır.

Variogram Analizi

Çalışma alanındaki örnek alınan her bir noktanın su özelliklerinin semivariogram analizi ile uzaysal bağımlılığı belirlenmiştir. Bu analiz belli bir a mesafesi ile birbirlerinden ayrılan örnek çiftlerinin aralarındaki varyansın mesafeyle olan ilişkisini göstermektedir. Diğer bir deyiş ile örneklemeler arasındaki mesafenin bir fonksiyonu olup uzaysal bağımlılığı tanımlar ve matematiksel olarak aşağıdaki formül ile ifade edilir (Journel ve Hıijbregts, 1978).

$$r(Y) = \frac{1}{2} N(Y) \sum_{i=1}^{N} [Z(ai) - Z(ai + Y)]^2 \quad (3.1)$$

Bu denklemde (Y) semivaryans; N(Y) Y mesafesi ile ayrılan örnek çiftlerinin sayısı; Z(ai), incelenen özelliğin i noktadaki ölçüm değeri ve Z(ai+Y) incelenen özelliğin (i+Y) noktadaki ölçüm değerini göstermektedir. Mesafenin bir fonksiyonu olan ve uzaysal olarak ayrılmış veri noktaları arasındaki semivaryansı grafiğe dönüştüren bir semivariogram, toprak özelliklerinin uzaysal ilişkilerini iyi bir şekilde tanımlamaktadır (Warrick ve ark., 1986).

Ordinary Kriging

Ordinary Kriging yaygın bir şekilde kullanılan uzaysal değerlendirme yöntemidir. Örnek alınmayan yerlerdeki özelliklerin tahmininde kullanılmaktadır. Tahmin yapılırken komşu (yan) örnekler kullanılmaktadır. Tahmini yapılacak olan noktaya olan mesafelerine göre ağırlıklı ortalama elde eder (Isaaks ve Srivastava, 1989).

$$Z(Ao) = \sum_{i=1}^{N} Wi\, Z(Bi) \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte Z(Ao), Ao noktasına ilişkin Kriging değerini; Z(Bi) değişkenlerin her bir Xi noktasından gözlenen değerleri; Wi, her bir Z(Bi)' ye karşılık gelen

değerleri gösterir. Kriging tekniği jeoistatistik alanında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Caruso ve Quarta, 1998; Kalkhan, 2011).

Inverse Distance Weighting(IDW) Yöntemi

Inverse Distance Weight(IDW) ters mesafe ağırlık olarak bilinen bir dağınık nokta kümesiyle çok değişkenli enterpolasyon için bir tür belirleyici metottur. Örnek alınmayan noktalarda bilinmeyen değerler için oluşturulan değerler, örnek alınan noktalardan elde edilen ölçüm sonuçlarının ortalama ağırlıklarına göre elde edilir.

$$Z(Y_0) = \frac{\sum_{i=1}^{n} Z(Xi).\, d_{i0}^{-r}}{\sum_{i=1}^{n} d_{i0}^{-r}} \qquad (3.3)$$

Tahminlerin gerçekleştirildiği Y_0 lokasyonu, komşu ölçümlerinin bir fonksiyonudur ($Z(Y_{0i}$ ve i=1,2,…,n); r gözlemlerin her birinin atanmış aralığını belirleyen üstür ve d gözlem lokasyonu X_i ile tahmin lokasyonu Y_0' ı ayıran mesafedir.

4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Su Örneklerinin Genel Özellikleri

Su örneklerinin alındığı kuyu alanlarında eğim söz konusu ve bu doğrultuda su örneklerinde analiz edilen parametreler arasındaki değerler farklılık göstermektedir. Aynı parametrede farklı noktalardan alınmış su örnekleri arasındaki farklılıklarda belirlenmiştir.

Çizelge 4. 1. Su parametrelerine ait tanıtıcı istatistikler

Su parametresi	Birim	Minimum	Maksimum	Standart Sapma	Aralık	VK*
NO^-_3	(mg/L)	0.53	120.36	26.12	119.82	127.53
pH		6.88	7.81	0.20	0.93	2.68
EC	(µS/cm)	407	6950	1399.27	6543	91.15
Taban suyu seviyesi	(cm)	58	260	50.61	202	28.50

VK*:Varyasyon Katsayısı

Varyasyon katsayısı, araştırma bölgesindeki örnek alınan su parametrelerinin dağılımı konusunda bilgi veren ve araştırma bölgesindeki değişimleri açıklayan önemli parametrelerden biridir. VK %15'den aşağı ise az değişken, %16-35 aralığında ise orta düzeyde değişken ve %36'dan yukarı ise yüksek düzeyde değişken şeklinde üç gruba ayrılmıştır (Cambardella, 1994). Çizelge 4.1 'de gösterildiği üzere su parametreleri içerisinde nitrat(NO^-_3) en yüksek değerliğe sahip olarak çalışma bölgesinde en çok değişkenliği göstermiştir. Bu su parametrelerini ilk EC parametresi sonrasında tabansuyu seviyesi parametresi ve pH parametresi izlemiştir.

Çalışmadan elde edilen tanıtıcı istatistik analizi sonuçlarına göre su örneklerinin değerleri incelendiğinde; Nitrat(NO^-_3) içeriği 0.53-120.36mg/L aralığında değişmiştir. pH içeriği 6.88-7.81 aralığında değişmiştir. EC içeriği 407-6950 µS/cm aralığında değişmiştir. Taban suyu seviyesi 58-260 cm aralığında değişmiştir.

Çizelge 4. 2. Su parametreleri, taban suyu seviyesi ve rakım arasındaki korelasyonlar

	pH	EC(µS/cm)	Tabansuyu(cm)	Rakım(m)	NO^-_3(mg/L)
Ph	1				
EC(µS/cm)	-0.44*	1			
Tabansuyu seviyesi(cm)	-0.20	0.16	1		
Rakım (m)	0.38*	-0.72**	-0.30	1	
NO3(mg/L)	-0.27	0.26	0.24	-0.11*	1

Su parametrelerinin kendi aralarındaki ve taban suyu seviyesi, rakım ile arasındaki ilişkiler incelendiğinde (Çizelge 4.2), pH parametresi, rakım ile önemli pozitif korelasyona sahipken (*$p<0.05$); EC ile önemli negatif korelasyona sahiptir (*$p<0.05$). EC parametresi rakım ile önemli negatif korelasyona sahiptir (**$p<0.01$). Rakım parametresi nitrat ile önemli negatif korelasyona sahiptir (*$p<0.05$).

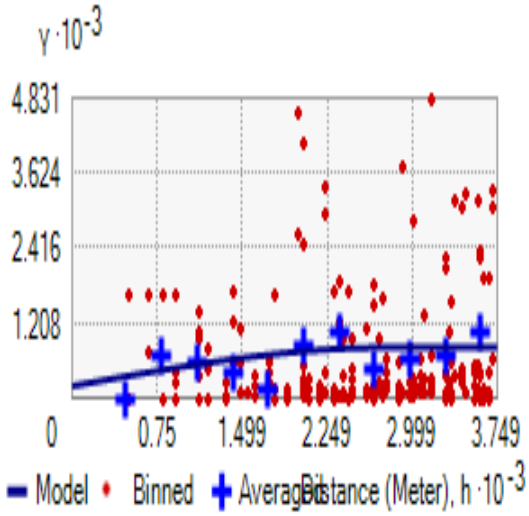
4.2. Su Örneklerinin Jeoistatistiksel Yöntemler ile Tahmin edilmesi ve Haritalanması

IDW (Inverse Distance Weighting) ve Kriging yöntemleri kullanılarak araştırılan su parametrelerine ait variogram tahmin değerleri, grafikleri ve yersel dağılım haritaları oluşturulmuştur.

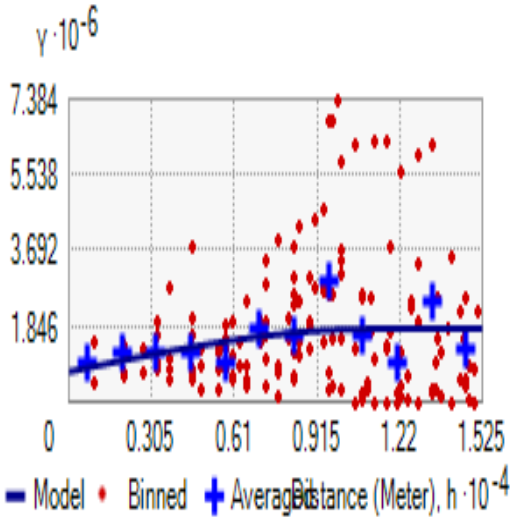
Su Parametrelerinin Uzaysal Dağılımı

Analizi yapılan su parametreleri; Nitrat ($NO^-_{3)}$ pH, EC ve taban suyu seviyesi parametrelerine ait variogram grafikleri (Şekil 4.1) verilmiştir.

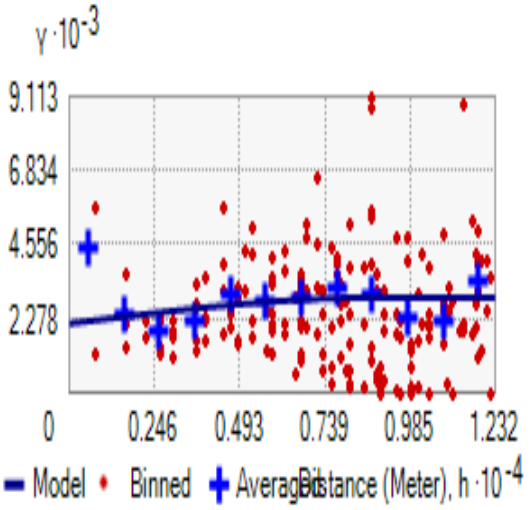
Nitrat (NO^{-}_{3}) parametresi



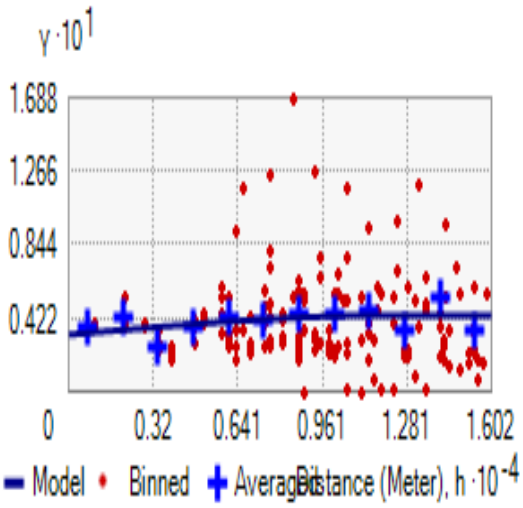
EC parametresi



Taban suyu seviyesi parametresi



pH parametresi



Şekil 4. 1. Kriging yöntemi ile elde edilen variogram grafikleri

Çizelge 4. 3. Variogram parametrelerine ait değerler

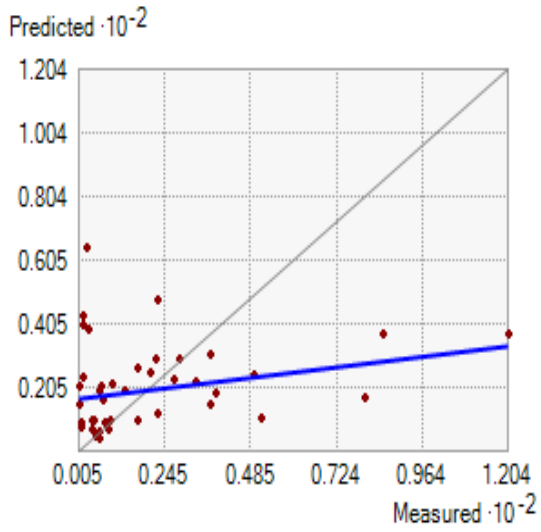
Su parametreleri	Model	Range	Nugget (Co)	Partial Sill (C)	Sill (Co + C)	Nugget to Sill oranı (Co/Co+C)	Model Kalitesi
pH	Spherical	12446	0.032	0.011	0.04401	74	Orta
	Exponential	16015	0.031	0.012	0.04474	71	Orta
EC	Spherical	11122	741428	1042593	1784022	41	Orta
	Exponential	15246	618956	1280276	1899233	32	Orta
Tabansuyu seviyesi	Spherical	8949	2134	801.139	2935	72	Orta
	Exponential	12317	2104	901.095	3005	70	Orta
Nitrat (NO^-_3)	Spherical	2798	197	621.2196	818	0.24	Güçlü
	Exponential	3094	0	861.8204	861	0	Zayıf

Su parametrelerine ait variogramlarda spherical ve exponential modelleri kullanılmıştır. Nugget/ Sill oranı mekânsal bağlılığı hakkında bilgi vermekte ve % 25 değerinin altında ise uzaysal dağılımı kuvvetli, % 25-75 aralığında ise mekânsal bağlılığı orta derecede, % 75 değerinden yüksek ise mekânsal bağlılığı zayıf şeklinde değerlendirilebilir (Chenk ve ark., 2007; Cambrella ve ark., 1994). Çizelge incelendiğinde en düşük Nugget to sill oranları Nitrat (NO^-_3) parametresi sahipken; orta derecedeki Nugget to sill oranları ise pH, EC ve taban suyu seviyesi sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.3).

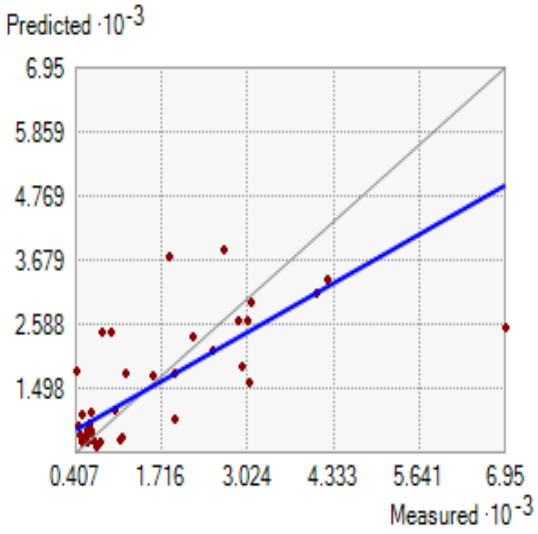
4.2.1. Kriging yöntemi ile yapılan tahminler

Kriging yöntemi elde edilen tahmin ile laboratuvar analiz sonuçları arasındaki farklılıkları gösteren grafikler elde edilmiştir. Bu grafikler ölçüm ve tahmin değerlerini karşılaştırmak için elde edilmiştir (Şekil4.2).

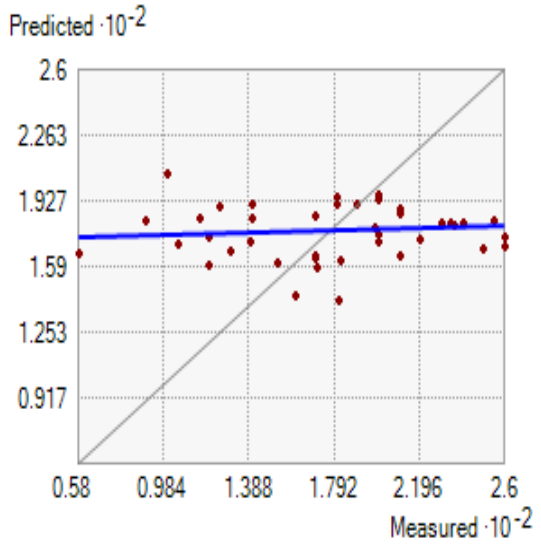
Nitrat (NO^-_3) parametresi



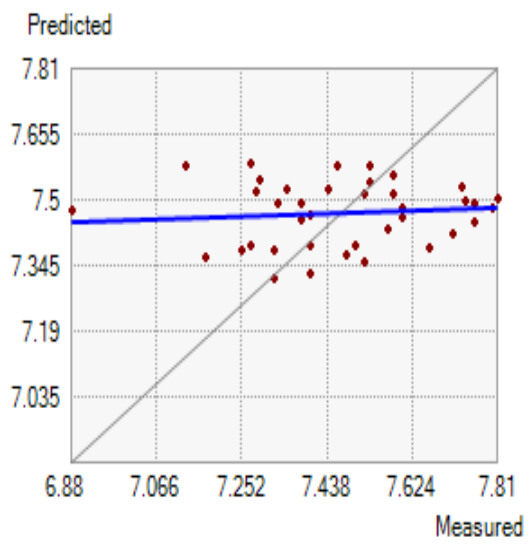
EC parametresi



Taban suyu seviyesi parametresi



pH parametresi



Şekil 4. 2. Ordinary kriging yöntemi ile elde edilen tahmin ve laboratuvar değerleri

Çizelge 4. 4. Ordinary Kriging yöntemi ile elde edilen RMSE değerleri

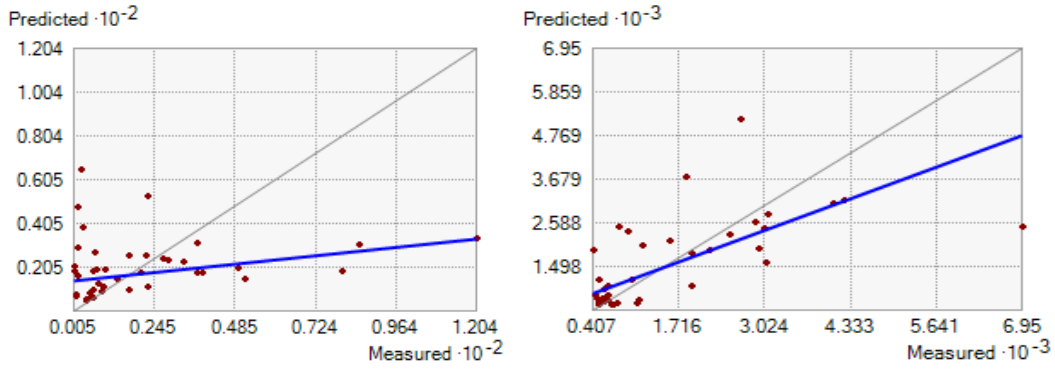
Su Parametreleri	Kullanılan Model	RMSE
Ph	Spherical	0.2059
	Exponential	0.2069
EC(µS/cm)	Spherical	992.67
	Exponential	995.95
Tabansuyu seviyesi(cm)	Spherical	51.45
	Exponential	51.37
Nitrat(NO^-_3)(mg/L)	Spherical	26.35
	Exponential	26.47

RMSE değerleri elde edilen tahminlerde doğruluk oranını vermektedir. RMSE değeri küçük olan ölçüm değerinin doğruluk derecesi daha fazladır. Jeoistatistik analiz ile kriging yönteminde kullanılan modellere ait RMSE(Root Mean Square Error) değerleri Çizelge 4.4' de verilmiştir. RMSE değerleri sırasıyla;pH parametresi spherical model RMSE: 0.2059, exponential model RMSE: 0.2069 olarak elde edilmiştir.EC parametresi spherical model RMSE: 992.67, exponential model RMSE: 995.95 olarak elde edilmiştir.Taban suyu seviyesi parametresi spherical model RMSE: 51.45, exponential model RMSE: 51.37 olarak elde edilmiştir. Nitrat(NO^-_3)parametresi spherical model RMSE: 26.35, exponential model RMSE: 26.47 olarak elde edilmiştir.

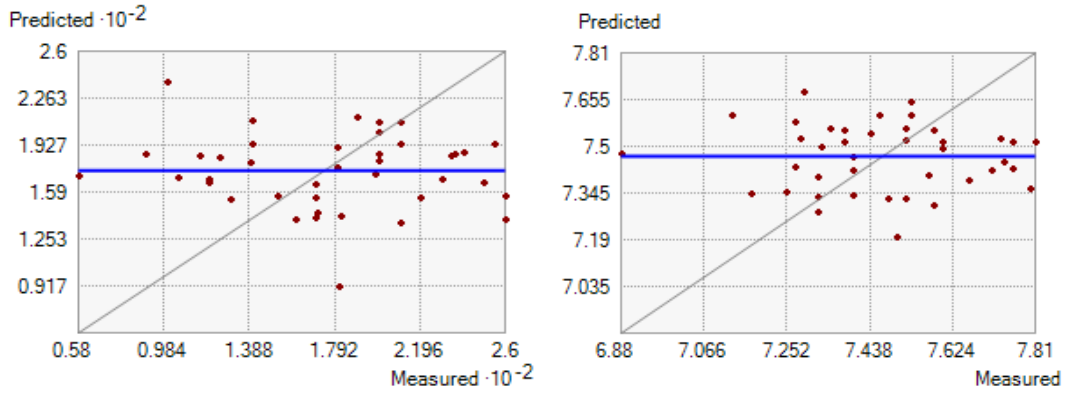
4.2.2. IDW yöntemi ile yapılan tahminler

IDW yöntemi ile elde edilen tahmin ile laboratuvar analiz sonuçları arasındaki benzerlik oranını gösteren grafikler oluşturulmuştur. Grafikler ölçüm ve tahmin değerlerini kıyaslanması için elde edilmiştir (Şekil 4.3). Elde edilen ölçüm ve tahmin değerleri arasında önemli değerler gözlemlenmiştir.

Nitrat ((NO$^-_3$)mg/L) EC parametresi(µS/cm)



Taban suyu seviyesi parametresi(cm) pH parametresi



Şekil 4. 3. IDW(Inverse Distance Weighting) yöntemi ile elde edilen tahmin ve laboratuvar grafikleri

Çizelge 4. 5. IDW(Inverse Distance Weighting) yöntemi ile elde edilen RMSE değerleri

Su değişkeni	Birim	RMSE
Nitrat(NO$^-_3$)	mg/L	26.79
pH		0.23
EC	µS/cm	1077.91
Taban suyu seviyesi	Cm	59.06

Yapılan IDW analizi sonucu elde edilen tahminlerinin doğruluğunu gösterenRMSE değerleri kullanılarak belirlenmiştir. RMSE değerleri sırası ile Nitrat ((NO$^-_3$)mg/L): 26.79, pH: 0.23, EC (µS/cm): 1077.91, Taban suyu seviyesi (cm): 59.06 olarak elde edilmiştir.

IDW ve Kriging yöntemlerinden elde edilen RMSE değerleri karşılaştırıldığında nitrat parametresi için en düşük RMSE değeri Ordinary Kriging yönteminde kullanılan spherical modelden (26.35); pH parametresi için en düşük RMSE değeri Ordinary Kriging yönteminde kullanılan spherical modelden (0.20); EC parametresi için en düşük RMSE değeri Ordinary Kriging yönteminde kullanılan spherical modelden (992.67); Taban suyu seviyesi için en düşük RMSE değeri Ordinary Kriging yönteminde kullanılan spherical modelden (51.37) elde edilmiştir.

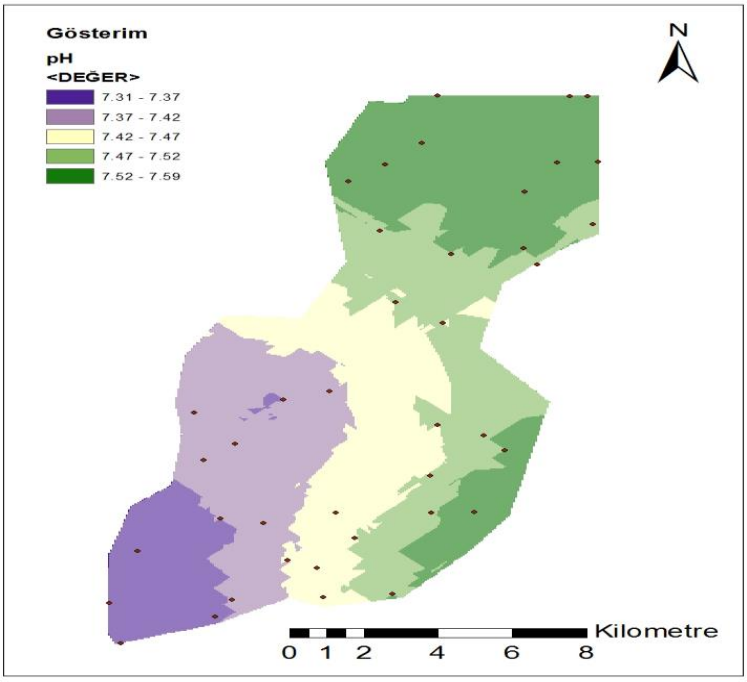
4.3. Su Parametrelerinin Jeoistatistiksel Yöntem ile Haritalanması

Jeoistatistiksel metotlar kullanarak örnekleme yapılmayan alanlarda tahminler yapılmıştır. Elde edilen haritalarda parametreler için 5 ayrı sınıf oluşturulmuştur.

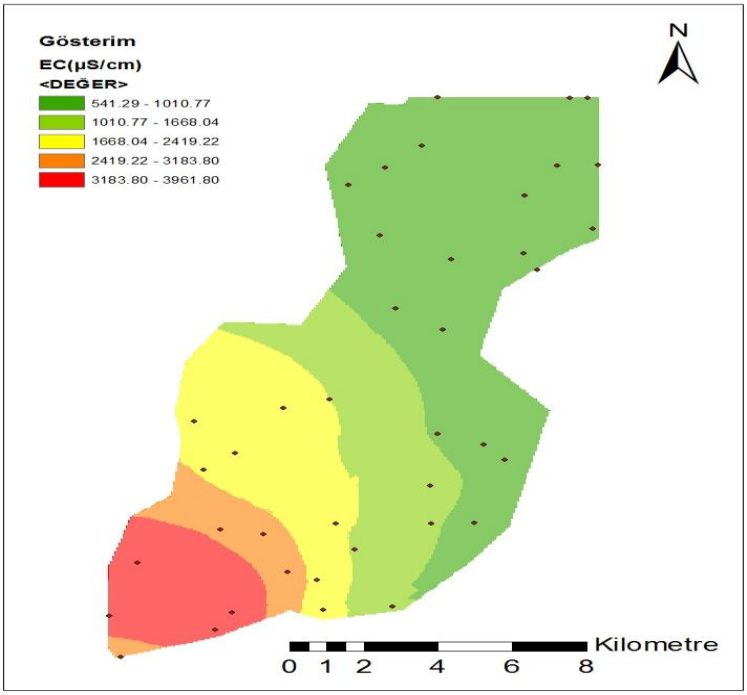
4.3.1. Ordinary kriging (OK) yöntemi ile haritalama

Su parametrelerine ait ordinary kriging yöntemi ile elde edilen tahminler ve çalışma alanındaki dağılımlarını gösteren haritalar Şekil 4.4’ de verilmiştir. Ordinary kriging yönteminde bilinen komşu noktalardan faydalanarak bilinmeyen noktaların tahminleri yapılır.

pH parametresi

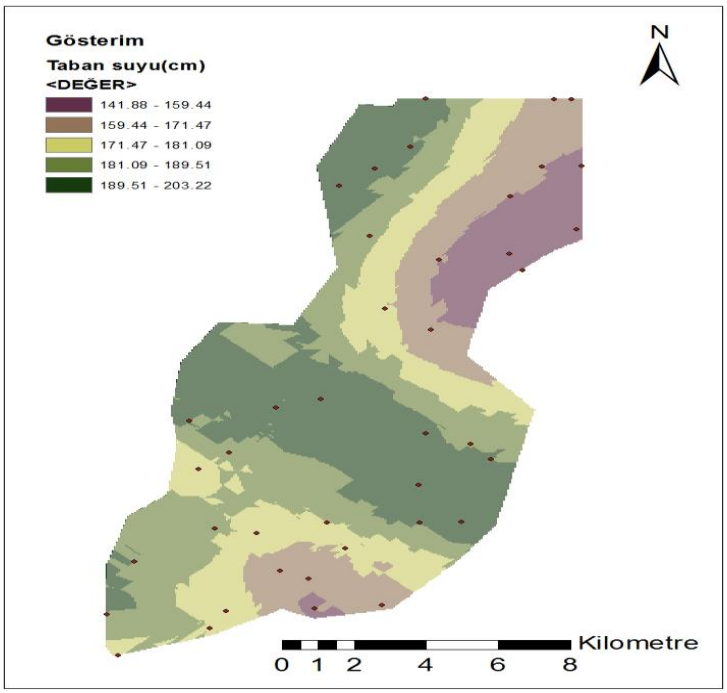


EC parametresi

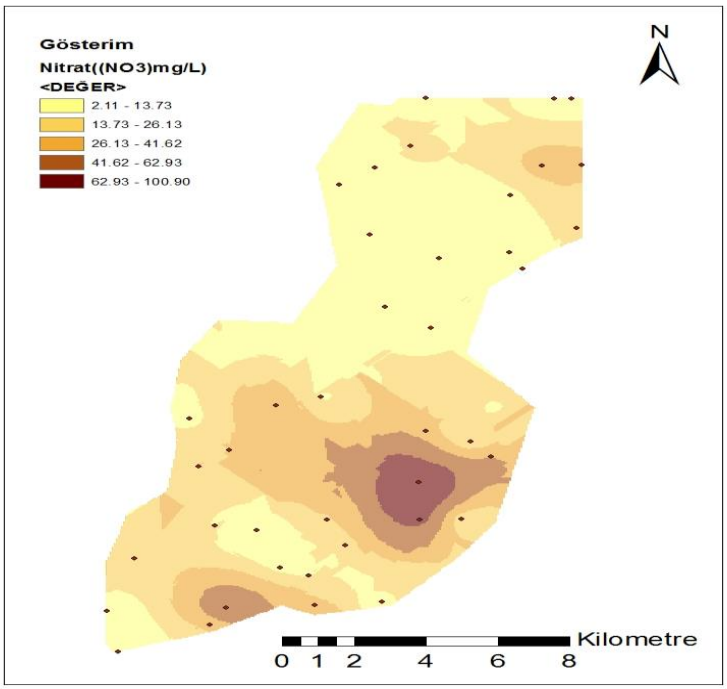


Şekil 4. 4. Ordinary kriging (OK) yöntemi ile elde edilen haritalar

Taban suyu seviyesi parametresi



Nitrat (NO^-_3) parametresi

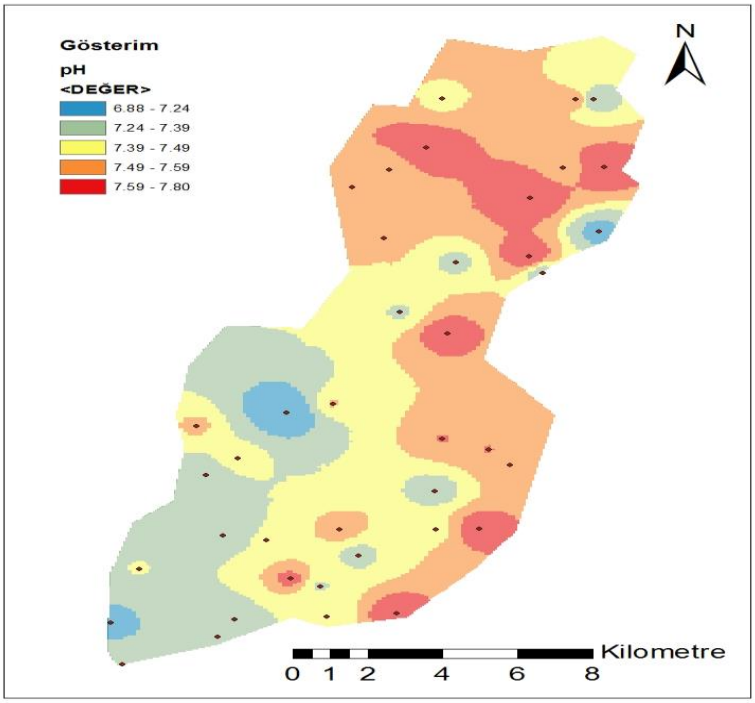


Şekil 4. 4.**(devam)**

4.3.2. IDW (Inverse Distance Weighting) yöntemi ile haritalama

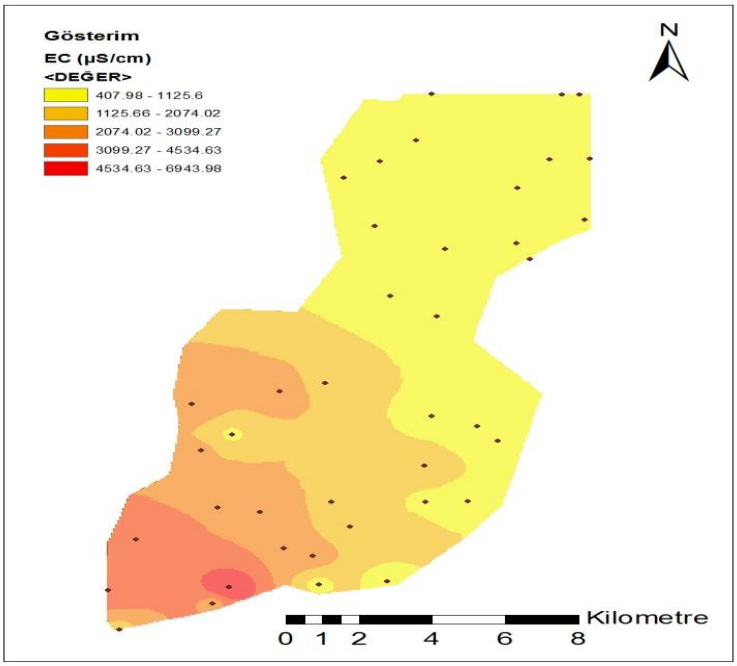
Su özelliklerine ait IDW yöntemi ile elde edilen tahminler ve çalışma alanındaki dağılımlarını gösteren haritalar aşağıdaki şekillerde verilmektedir. Haritaların incelenmesi ile su parametrelerinin çalışma alanındaki dağılımı görülebilir. Bu haritalardaki dağılımları elde etmek yer altı sularındaki farklı oranlarda kirleticilerin alandaki lokasyonları hakkında veriler sunmaktadır. Bu gibi haritalama uygulamaları ile farklı toprak su yönetim uygulamaları, iyi tarım uygulamaları, bilinçli bir şekilde gübreleme yapılabilmesi gibi birçok konuda avantaj sağlayacaktır.

pH parametresi

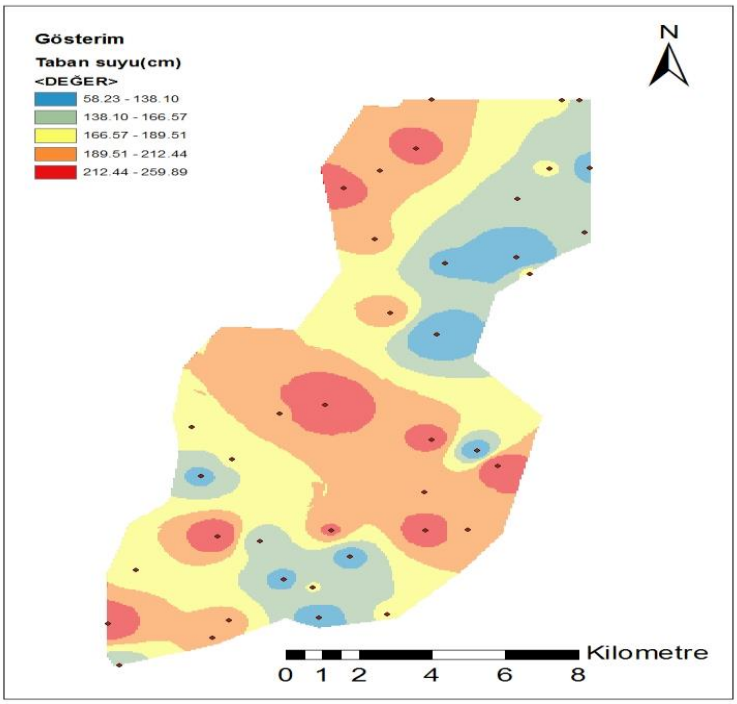


Şekil 4. 5. IDW (Inverse distance weighting) yöntemi ile elde edilen haritalar

EC parametresi(µS/cm)

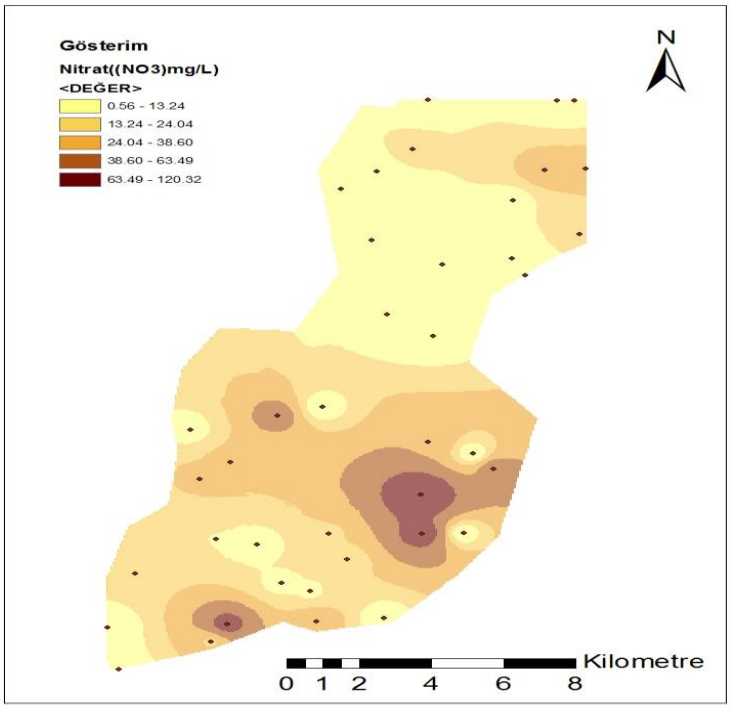


Taban suyu seviyesi parametresi(cm)



Şekil 4.5.**(devam)**

Nitrat ((NO^{-}_{3})mg/L)



Şekil 4. 5. **(devam)**

Harran Ovası çalışma alanında bulunan tabansuyu gözlem kuyularında daha önce nitrat kirlilik düzeylerini belirleme ve yersel dağılımlarını haritalama ile alakalı bir çalışma yapılmamıştır. Fakat ovada yer altı sularındaki nitrat konsantrasyonlarını belirleme ve zamansal dağılımlarını izlemek ve değerlendirmek için yapılan iki çalışmada da 20 tane kuyudan örnek alınarak çalışılmıştır. Bu çalışma kuyulardan alınan ölçümlere göre, ortalama derinlikleri 20-50 m arasında değişim göstermiştir. Yeşilnacar ve ark. (2007) tarafından Harran Ovasında; 2005 yılı Ekim ayı - 2006 yılı Eylül ayı zaman dilimleri arasında gerçekleştirilen bir araştırmada ovanın serbest akiflerini nitrat kirliliğini aşırı yüksek düzeylerde (ortalama değeri: 164 mg/L) olduğu ölçümler sonucunda belirlenmiştir. Yine 2014-2015 yılları arasında Yazıcı ve Yeşilnacar tarafından yapılan bir diğer araştırmada zamansal dağılıma bağlı olarak, farklı zaman dilimlerinde Harran Ovasındaki yeraltı sularında nitrat içeriklerindeki değişim izlenmiştir. Ovadan alınan su örneklerindeki nitrat değerleri incelendiğinde en az nitrat(NO3) içeriğine, Bolatlar mevkiinde 20 mg /L olarak Ağustos ayında alınan su örneklerinin ölçümlerinde belirlenmiştir. En fazla nitrat (NO3) içeriğine

sahip kuyular ise Uğurlu köyü ve Uğraklı mevkiinde 144 mg/L olarak Şubat ayı içerisinde ölçümler sonucunda belirlenmiştir. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre; yeraltı suyu sıcaklık ve pH değerlerinde farklılıklar gözlenmemiştir. Nitrat içeriklerinde ise 2005 yılındaki ölçüm değerlerine göre genel bir azalma söz konusu olmuştur. Ölçüm sonuçlarının verdiği değerlere göre azalan nitrat değerlerine rağmen ulusal ve uluslararası standart değerlerine göre 50 mg/L'nin üzerinde olduğu belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Harran Ovasında yaklaşık 35.000 hektar alanı kapsayan bu çalışmada, alınan su örneklerinden laboratuvar ortamında analizler yapılarak, sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak yapılan variogram grafikleri ArcMap 10.5programı kullanılarak elde edilmiştir. Bu yöntemler ile yer altı suyu ölçme kuyularından su örnekleri alınarak elde edilen analizler kullanılmış ve örnek alınmayan kısımlarda tahminler yapılarak analiz parametrelerinin dağılım haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar yardımı ile arazideki yersel değişimi görme ve yorum yapma konusunda yardımcı bir veri elde edilmiştir. Kullanılan ArcMap programında jeoistatistiksel analizler; Inverse Distance Weighting (IDW) yöntemi ile haritalama yapılmış ve arazideki mekânsal değişimler belirlenmiştir. Jeoistatistiksel analizlerden Inverse Distance Weighting (IDW)yöntemi ile elde edilen RMSE (Root Mean Square Error) değerlerine göre tahmin ve gerçek değerler arsındaki ilişkiler kıyaslanmıştır.

Jeoistatistiksel yöntemlerden kriging yöntemi kullanılan diğer jeoistatistiksel yöntemlere göre daha iyi sonuç vermiştir. RMSE değeri en düşük çıkan modelin doğruluk derecesi daha yüksektir. RMSE (Root Mean Square Error) değerleri arasında nitrat parametresi için en düşük RMSE değeri, ordinary kriging yönteminde kullanılan spherical modelden(RMSE: 26.3501); pH parametresi için en düşük RMSE değeri ordinary kriging yönteminde kullanılan spherical modelden(RMSE: 20.59); EC parametresi için en düşük RMSE değerini ordinary kriging yönteminde kullanılan spherical modelden (RMSE: 992.6711); Taban suyu seviyesi parametresi için en düşük RMSE değerini ordinary kriging yönteminde kullanılan spherical modelden (RMSE: 51.3768) elde edilmiştir.

Çalışma alanındaki 40 tabansuyu gözlem kuyusundan sadece 4'ünde nitrat konsantrasyonu kabul edilebilir sınır değerlerinin (50mg/L) üzerinde ölçülmüştür. Bu noktalar Yayvandoruk, İmambakır, Yardımlı, Bulgurlu köylerinden alınan örneklerdir. Bu kuyuların lokasyonları değerlendirildiğinde; ovanın güneyinde olmaları, yerleşim yerlerinin yakınlarında olmaları nitrat kirlilik konsantrasyonlarının

yüksek çıkmasına neden olmuştur. Yapılan çalışma sonucunda kirlilik parametreleri arasında pozitif ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Tabansuyu yakın olan yerlerde nitrat değerlerinin yüksek oluşu nitratın suya kolayca karışmasından kaynaklanmaktadır. Nitrat ve EC kirlilik değerlerinin ovanın güney kesimlerinde daha yüksek konsantrasyonlarda oluşunun bir diğer sebebi ise, alanın topoğrafik yapısından kaynaklanmaktadır. Ovada yükseklik kuzeyden güneye doğru azalmakta ve ovanın kuzeyinde, doğusunda ve batısında yer alan yükseltilerin arasında kaldığı için çukur bir şekil oluşturmaktadır.

Çalışma alanında yapılan araştırma sonucunda, nitrat kirlilik değerleri 40 noktadan alınan numunelerin 4'ünde yani alanın yüzde 10'unda ulusal ve uluslar arası standart değerlerinin (50mg/L) üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Yer altı sularında kabul edilen bu standart değerlere göre alanın yüzde 10'luk kısmındaki tabansuyu gözlem kuyularındaki yüksek nitrat değerleri aynı zamanda yer altı suları içinde aynı oranda risk teşkil etmektedir. Çünkü ovanın bazı kesimlerine yer altı sularıyla tabansuyu seviyeleri aynı düzeylere ulaşmış olduğu için yer altı sularına karışabilmektedir. Bu bağlamda ovadaki tabansuyu gözlem kuyularının nitrat kirlilik düzeylerinin sürekli izlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Ovada tabansuyu yükselmeleri sonucu ortaya çıkacak olan nitrat kirlilik düzeylerinin belirlenmesi kontrol edilmesi ve kirliliğe neden olan eylemlerin önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınması açısından yetkili idarelerce etkili politikaların geliştirilmesi insan sağlığı ve diğer canlıların yaşamsal faaliyetlerini sağlıklı bir şekilde sürdürebilmeleri için hayati önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

AĞCA, N., DOĞAN, K. ve KARANLIK, S., 2018. Amik Ovasındaki Yüzey Sularında Amonyum, Nitrat, Fosfor ve Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Journal of Agricultural Faculty of Mustafa Kemal University, Araştırma Makalesi | Research Article, Geliş Tarihi: 19.09.2018 Kabul Tarihi: 8.10.2018, ISSN:1300-9362, 23(2):197-203 (2018), Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

ARDIÇ, C., 2013. İçme Suyundaki Nitrat Konsantrasyonunun İnsan Sağliği Üzerine Oluşturduğu Risklerin Belirlenmesi. Hacettepe Universitesi Lisansustu Eğitim-Oğretim ve Sınav Yonetmeliğinin, cevre muhendisliği anabilim dalı icin ongorduğu, yuksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.2013.

AĞAOĞLU, S., ALİŞARLI, M., ALEMDAR, S. ve DEDE, S., 2007. Van Bölgesi İçme ve Kullanma Sularında Nitrat ve Nitrit Düzeylerinin Araştırılması. yyü vet fak derg , 18(2):17-24 orijinal makale 17 Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD, Van / TÜRKİYE 2Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Biyokimya AD, Van / TÜRKİYE Makale Geliş ve Kabul Tarihi: 17.04.2007-27.06.2007, Sorumlu Araştırmacı: e-mail: sagaoglu@yyu.edu.tr

BAŞKAN, O., 2004. Gölbaşı Yöresi Topraklarının Mühendislik, Fiziksel Özellik İlişkilerinde Jeoistatistik Uygulaması. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.

BAŞBOZKURT, H. ve ÖZTAŞ, T.,2013. Adnan KARAİBRAHİMOĞLU3, Recep GÜNDOĞAN4, Aşır GENÇ1 Toprak Özelliklerinin Mekânsal Değişim Desenlerinin Jeoistatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 44 (2): 169-181, 2013. Atatürk Univ., J. of the Agricultural Faculty, 44 (2): 169-181, 2013. ISSN : 1300-9036 Araştırma Makalesi/Research Article. 1 Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Konya, (hakan.basbozkurt@gmail.com). 2 Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Erzurum. 3Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram Tıp Fakültesi, Tıp Eğitimi ve Bilişimi AD, Konya. 4Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Beslenme Bölümü, Kahramanmaraş. Geliş Tarihi : 29.11.2014 Kabul Tarihi : 24.12.2014.

BAYKAN, A.R., 2004. Türkiye çevre atlası. TC Çevre ve Orman Bakanlığı ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü *ÇevreEnvanteri Dairesi Başkanlığı*, Ankara. s. 472.

BENZER R.,ve BENZER S., (2018)Yeraltısuyu ve Yüzey Sularının Nitrat Kirliliği Tahmini: Kütahya Örneği. Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi Dergi web sayfası: http://fbd.beun.edu.tr DOI: 10.7212%2Fzkufbd.v8i1.1054. Araştırma Makalesi Geliş tarihi / Received : 05.07.2017 Kabul tarihi / Accepted : 08.08.2017

ÇETİN, M. veTÜLCÜ, K., 1998. Doğu Akdeniz Bölgesinde Aylık Yağışların Yersel Değişimlerinin Jeoistatistik Yöntemle İncelenmesi. Journal of Engineering and Environmental Science, 22(4): 279-288.

ÇETIN., 2010. Monitoring groundwater nitrate concentrations under irrigation in the cukurova region of southern turkey.

ÇULLU, M. A., 2011. Toprak Tuzlaşması. Guneydoğu Anadolu Projesi Bolge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, GAP Eylem Planı.

DEMER, S. ve HEPDENİZ, K., 2017. Isparta İl Merkezi Yeraltısuyu Kalitesinin Jeoistatistiksel Yöntemler Kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Haritalanması. öhü müh. bilim. derg. / ohu j. eng. sci. ıssn: 2564-6605 doi: 10.28948/ngumuh.444786 ömer halisdemir üniversitesi mühendislik bilimleri dergisi, cilt 7, sayı 2, (2018), 757-771 omer halisdemir university journal of engineering sciences, volume 7, ıssue 2, (2018), 757-771 757 araştırma / research 1mühendislik fakültesi, jeoloji mühendisliği bölüm, süleyman demirel üniversitesi, ısparta. 2bucak emin gülmez teknik bilimler meslek yüksekokulu, mimarlık ve şehir planlama bölümü, mehmet akif ersoy üniversitesi, burdur geliş / received: 17.10.2017 kabul / accepted: 07.05.2018.

DURMAZ, H., ARDIÇ, M., AYGÜN, O. ve GENLİ, N., 2007. Şanlıurfa ve Yöresindeki Kuyu Sularında Nitrat ve Nitrit Düzeyleri. Harran Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Şanlıurfa 2 Mustafa Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Hatay 3 İl Kontrol Laboratuvarı, Şanlıurfa, Sorumlu Araştırmacı, +90 414 3128456,.hisamettindurmaz@yahoo.com. yyü vet fak derg (2007), 18(1):51-54 orijinal

FILIBELI, A., 1999. İçmesuyu koruma havzalarının kirlenmeye karşı korunması. *Su Kirlenmesi Kontrolü Derg*. 9(2): 5-8.

GÜNDOĞDU, K. S., 2004. Sulama Proje Alanlarındaki Taban Suyu Derinliğinin Jeoistatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi. Uludag.Üniv.Zir.Fak.Derg., (2004) 18 (2): 85-95.

HALLBERG, G.R., 1989. Nitrate in Ground Water in the United States, R.F. Follet (ed), Nitrogen Management and Ground Water Protection, Elsevier, Amsterdam, s. 35-74.makale 51.

İBRIKÇI, H.; KARNEZ, E.; OĞUZ, H.; ÇETIN, M.; ÖZTEKIN, E.; DINGIL, M.; KIRDA, C.; TOPÇU, ve S.; EFE, H., 2008. Aşağı Seyhan Ovası Akarsu Sulama Sahası Taban Sularında Nitrat Konsantrasyonu ve Oluşturacağı Çevresel Risk Potansiyeli. 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci DSİ Yurt İçi Bölgesel Su Toplantıları Sulama-Drenaj Konferansı Bildiriler Kitabı, Sayfa: 124-134, DSİ, Seyhan Eğitim Tesisleri, 10-11 Nisan 2008, Adana.

IBRIKCI, H., CETIN, M., KARNEZ, E., TOPCU, S., KIRDA, C., RYAN, J. ve OGUZ, H., 2010. Mahmut Dingil1 and Eren Oztekin1 Monitoring Groundwater Nitrate Concentrations Under İrrigation in the Çukurova Region of Southern Turkey 1 Soil Science Dept. Cukurova University, Adana, Turkey 2 Agricultural Structures and Irrigation Dept. Cukurova University, Adana, Turkey 3 Kizilirmak Vocational School, Cankiri Karatekin University, Cankiri, Turkey 4 International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Aleppo, Syria. Article in Fresenius Environmental Bulletin · January.

İLERI, S., KARAER, F., KATIP, A., ONUR, SS., ve AKSOY, E. 2014. Assessment of some pollution parameters with geographic information system (GIS) in

sediment samples of Lake Uluabat, Turkey. *J Biol. Env. Sci.* 8(22):19-28.

İMAMOĞLU, M. Z., SERTEL, E., KURUCU, Y., ve ÖRMECİ, C., 2016. Jeoistatistik Yöntemler Kullanılarak Farklı Toprak Özelliklerine Ait Haritaların Oluşturulması ve cbs ile Analizi.yük.müh.iski genel müdürlüğü,kağıthane, İstanbul, zimamoglu@iski.gov.tr, ²İstanbul teknik üniversitesi, inşaat fakültesi, geomatik mühendisliği bölümü, maslak, İstanbul. sertele@itu.edu.tr, cankut@itu.edu.tr, ³ege üniversitesi, ziraat fakültesi. toprak bilimi ve bitki besleme bölümü, đzmir. yusuf.kurucu@ege.edu.tr.

JOURNEL, A.G. and HIIJBREGTS, C.H., 1978. Mining Geostatistics. Academic Press, United Kingdom, 600s.

JOHNSON, C.J., and KROSS, B.C., 1990. Continuing importance of nitrate contamination of groundwater and wells in rural areas. *American J Ind. Med.* 18(4):449-456.

KAHRAMAN, N., KARABULUT,B. Y., ATASOY, A.D., ve YEŞILNACAR, M.İ., 2016. Harran Ovası Serbest Akiferinde Yaz ve Kış Dönemleri Nitrat Kirliliğinin Araştırılması. Harran Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa. p. 01-08 HU J.

KAPLAN, M., SÖNMEZ, S. ve TOKMAK, S., 1996. Antalya–Kumluca Yöresi Kuyu Sularının Nitrat Içerikleri, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Antalya–Türkıye.

KORKUT, R.N., 2009. Deliçay-Tarsus Çayı (Mersin) Arasındaki Bölgedeki Yeraltı Sularında Nitrat Ve Nitrit Kirliliğinin Araştırılması.

KURUCUOĞLU ÖKMEN, G. ve ALGUR, Ö. F., 2011. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi. 4 (2):11-15, 2011, ISSN: 1308-0040, E-ISSN: 2146-0132, www.nobel.gen.tr, 1Muğla Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, MUĞLA, 2Atatürk Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, ERZURUM, *Sorumlu Yazar Geliş Tarihi : 13, Nisan 2011, e-posta: gultenokmen@gmail.com Kabul Tarihi : 07 Temmuz 2011

KUNKEL, R., KREINS, P., TETZLAFF, B., and WENDLAND, F. 2010. Forecasting the effects of EU policy measures on the nitrate pollution of groundwater and surface waters. *J. Env. Sci*. 22(6): 872-877.

OLHAN, E. ve ATASEVEN, Y., 2009. Türkiye'de İçme Suyu Havza Alanlarında Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanabilecek Kirliliği Önleme ile İlgili Yasal Düzenlemeler. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi Olhan ve Ataseven, 2009 6(2) Journal of Tekirdag Agricultural Faculty 161, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Ankara.

OLEA, R. A., 1982. Optimization of the High Plains Aquifer Observation Network. Kansas. Kansas Geolojical Survey, Groundwater Series 7 Report, Kansas.

ÖZYARAL, O.,ve CURABEYOĞLU, A. 2011. Ekoloji Egoloji İkilemi: İkincil Doğa. *X. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi*. 04-07 Ekim 2011, s. 109. Çanakkale.

ÖZTÜRK, E. T.,ve GÖNCÜ, S., 2017. Yeraltı suyunda alg kültürleri ile nitrat kirliliğinin giderimi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(4): 463-467. Su Ürünleri Dergisi.

ÖZDEMIR, T., 2006. Nitratın Çeşitli Topraklardaki Adsorpsiyon ve Taşınımının İncelenmesi", Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ

POLAT, R., ELÇİ, A., ŞİMŞEK, C. ve GÜNDÜZ, O., 2007. İzmir-nif Dağı Çevresindeki Yeralti Suyu Nitrat Kirliliği. 7. ulusal çevre mühendisliği

kongresi yaşam çevre teknoloji 24-27 ekim 2007 – izmir, tmmob çevre mühendisleri odasi, boyutunun mevsimsel değerlendirilmesi, Çevre ve Orman Bakanlığı, Dış Kaynaklı Projeler Şube Md., ANKARA, e-posta: rahimepolat@gmail.com.

PALANI, S., LIONG, SY. and TKALICH, P., 2008. An ANN application for water quality forecasting. *Marine Pollution Bulletin*. 56(9): 1586-1597.

SELEK., 2016. Assessment of nitrate contamination in a transnational groundwater basin: a case study in the Ceylanpinar Plain, Turkey 2016.

SINGH, KP., BASANT, A., MALIK, A. and JAIN, G., 2009. Artificial neural network modeling of the river water quality—a case study. *Ecol. Model.* 220(6): 888-895.

SÜNAL, S. ve ERŞAHİN, S., 2012. Türkiye'de Tarımsal Kaynaklı Yeraltı Suyu Nitrat Kirliliği. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlmi Ve Ekoloji Anabilim Dalı, Çankırı, Türkiye, *Sorumlu Yazar Geliş Tarihi: 13 Mart 2012, e-posta: sevalsunal@karatekin.edu.tr Kabul Tarihi: 19 Haziran 2012, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 5 (2): 116-118, 2012 , ISSN: 1308-0040, E-ISSN: 2146-0132, www.nobel.gen.tr.

TSE., TS 5090 EN 25667-2/Nisan 1997, Su Kalitesi-Numune Alma Bölüm 2: Numune Alma Teknikleri –Kılavuzu, 1997a.

TSE., TS 5106 ISO 5667-3/Nisan 1997, Su Kalitesi-Numune Alma Bölüm 3: Numunelerin Muhafaza ve Taşınma Kuralları, 1997b.

TUNCAY, H., 1994. Su Kalitesi. E.Ü. Zir.Fak. Yayınları No: 512. *Ofset Basımevi* Bornova, İzmir. s. 215.

YAVUZ, H., KAYAL, S. ve AKAR, F., 1993. Hayvanlarda İçme Suyu Olarak Kullanilan Kuyu Sularında Nitrat ve Nitrit Düzeyleri, Nitrate and nitrite levels in well water used in anim.als as drinking water, A . D. Vet. Fak. 'Derg. 40 (1): 16-22.

YESILNACAR, M.I., SAHINKAYA, E., NAZ, M. ve OZKAYA, B., 2008. Neural network prediction of nitrate in groundwater of Harran Plain, Turkey. *Environ. Geol*. 56(1): 19-25.

YETİŞ, R., ATASOY, A. D., DEMİR YETİŞ, A., ve YEŞİLNACAR, M. İ., 2018. Balıklıgöl Havzası Su Kaynaklarının Nitrat ve Nitrit Seviyelerinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture, Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 1Bitlis Eren Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Bitlis 2, Harran Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa 3, Bitlis Eren Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bitlis, 33(1), ss. 47-54.

YENER, H. ve ONGUN, A. R., 2017. Sarıgöl Ovası Yer Altı Su Kaynaklarının Sulama Amaçlı Kalitesinin Değerlendirilmesi.1Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Alaşehir Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Alaşehir/Manisa, TÜRKİYE, 2Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bornova/İzmir, TÜRKİYE. Geliş Tarihi/Received: 15.05.2017 Kabul Tarihi/Accepted: 19.09.2017.

YENMEZ, N., 2005. Ova Topraklarının Tuzlanmasına Yeni Bir Örnek. Harran Ovası. Sosyal bilimler dergisi. s: 200-235.

YEŞİLNACAR, M. İ., DEMİR, F., UYANIK, S., YILMAZ, G., ve DEMİR, T.,2007.

Harran Ovası Yeraltı Suyu Kalitesi ve Kirlenme Potansiyelinin Belirlenmesi. tubitak, proje kodu: 104y188 (çaydag).

WARRICK, A. W., MYERS, D.E. and NIELSEN, D.E., 1986. Geostatistical Methods Applied to Soil Science. Methods of Soil Analyses.

WISE 2016. Water Note 3. Groundwater at Risk: Managing the water under us.http://ec.europa.eu/environment/water/participation/pdf/waternotes/water_note3_groundwateratrisk.pdf. (Erişim tarihi: 05 Ocak, 2017). s. 2.

EKLER

EK1: Çalışma alanındaki analiz sonuçları

No	pH	EC (µS/cm)	Tabansuyu Seviyesi(cm)	Rakım (m)	NO^-_3(mg/L)
1	7.4	2873	140	367	0.538
2	7.4	2475	170	355	9.708
3	7.7	3010	120	347	7.086
4	7.3	6950	200	349	80.354
5	7.3	2651	200	347	22.53
6	7.2	4070	250	346	0.56
7	7.3	1815	140	362	1.371
8	7.4	4220	180	349	20.469
9	7.3	3080	260	352	13.041
10	7.6	637	230	378	36.877
11	7.6	432	100	376	1.507
12	7.5	635	260	380	49.033
13	7.3	1917	200	367	120.364
14	7.7	502	200	372	2.455
15	7.4	987	240	368	85.529
16	7.6	1895	220	355	22.064
17	7.3	1156	115	358	16.633
18	7.8	407	170	361	1.425
19	7.4	798	105	370	37.29
20	7.3	2190	125	375	27.004
21	7.5	942	170	378	28.401
22	7.5	2922	180	360	6.555
23	6.9	3040	210	358	51.143
24	7.5	1579	255	364	2.966
25	7.7	630	90	390	5.97
26	7.4	606	210	381	1.187
27	7.4	481	130	368	5.948
28	7.8	1073	58	388	1.154
29	7.1	1092	161	367	22.295
30	7.5	487	198	368	4.913
31	7.6	579	236	372	8.752

32	7.5	723	190	371	8.974
33	7.7	485	234	372	16.808
34	7.5	487	210	383	7.862
35	7.3	682	139	390	4.083
36	7.6	550	182	385	4.409
37	7.8	535	120	392	33.248
38	7.5	777	171	377	38.548
39	7.8	461	152	375	6.362
40	7.3	568	181	384	4.161