



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy  
2010, Volume: 5, Number: 2, Article Number: 4A0024

**NATURE SCIENCES**

Received: June 2009  
Accepted: January 2010  
Series : 4A  
ISSN : 1308-7282  
© 2010 [www.newwsa.com](http://www.newwsa.com)

**Murat Çeliker**<sup>1</sup>  
**Ömer Faruk Dursun**<sup>2</sup>  
**Engür Esen Akarsu**<sup>3</sup>  
General Direct. of State Hydraulic Works  
(DSI) IX. Regional Directorate<sup>1</sup>  
Inonu University<sup>2</sup>  
Firat University<sup>3</sup>  
murat.celiker@dsi.gov.tr  
Elazig-Turkey

**ULUOVA (ELAZIĞ) AKİFERİNİN KİRLENEBİLİRLİĞİNİN COĞRAFI BİLGİ SİTEMİ  
(CBS) İLE ANALİZİ**

**ÖZET**

Elazığ ilinin içme suyu ihtiyacının yıllık 21 milyon m<sup>3</sup>'lük kısmı ve 5000 ha'lık tarım arazisinin sulama suyu ihtiyacı Uluova akiferinden temin edilmektedir. Elazığ ilinin 2040 yılı içme suyu ihtiyacı olan yıllık 40 milyon m<sup>3</sup>'lük hacmin Uluova akiferinden temin edilmesi, Devlet Su İşleri 9. Bölge Müdürlüğü tarafından hazırlanan alternatif içme suyu temini projeleri arasında bulunmaktadır. Uluova akiferinin sanayi tesisleri, atık su kolektör ve arıtma tesisleri, petrol boru hatları, zirai ilaçlar ve hayvancılık faaliyetleri gibi nedenlerle kirlenme riski bulunmaktadır. Bu çalışmada, her türlü bilginin güncellenebildiği Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılmıştır. 14 ayrı lokasyonda kirlenebilirliğin göstergesi olan Nitrat analizi yapılmıştır. Sonuçta Uluova akiferinin fiziksel-kimyasal analiz sonuçlarına göre yeraltı suyu kalite haritaları ve hidrojeolojik parametre esaslı kirlenebilirlik haritası oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kirlenebilirlik, GOD yöntemi, CBS, Hidrojeoloji, Uluova.

**ANALYSIS OF VULNERABILITY OF ULUOVA AQUIFER BY MEANS OF GEOGRAPY  
INFORMATION SYSTEM**

**ABSTRACT**

Part of 21 millions m<sup>3</sup> annual drinking water requirements of Elazığ City and irrigation water requirements of 5000 ha agricultural land are supplied from Uluova aquifer. Annual drinking water requirements of Elazığ City is 40 millions m<sup>3</sup> at 2040 year. An alternative project of supply this water requirement from Uluova Aquifer considered by 9<sup>th</sup> Regional Directorate of State Hydraulics Works. Pollution risks of Uluova aquifer is present because of waste water collectors and treatment units, oil pipelines, agricultural pesticides and like action of animal husbandry. An updateable GIS for every kind of information is used in this study. Nitrate analyses which demonstrate vulnerability, were tested 14 different locations. Ultimately, respect to results of physical-chemical analyses maps of underground water quality and vulnerability maps respect to hydrogeological parameters are prepared.

**Keywords:** Vulnerability, GOD Method, GIS, Hydrogeology, Uluova

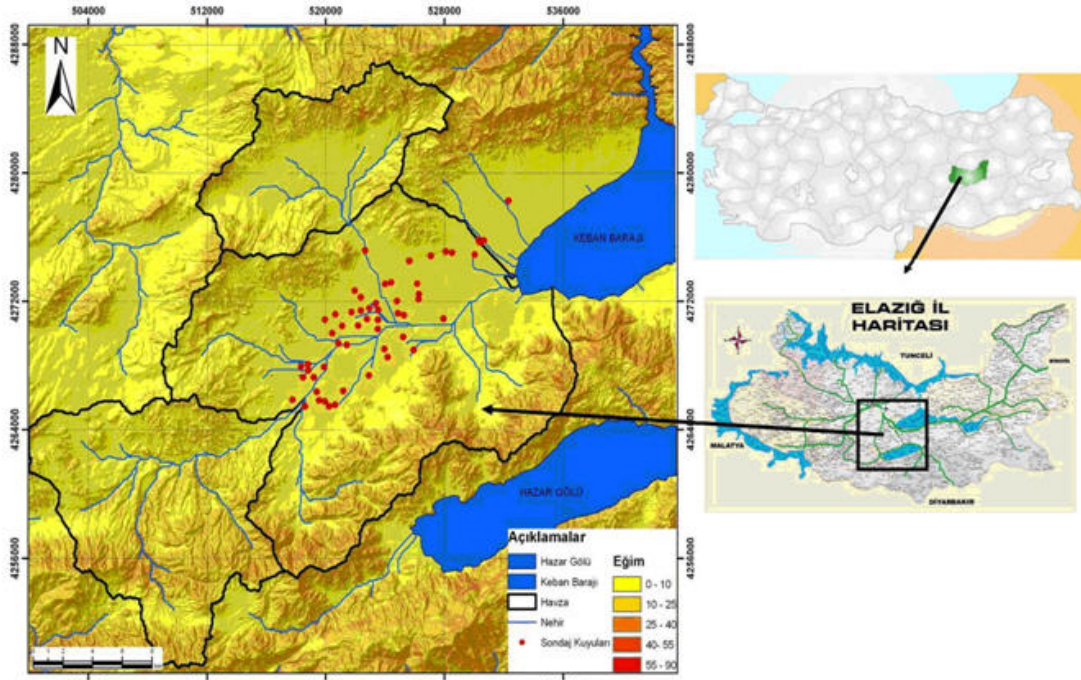
## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Doğal kaynak olarak suyun, küresel bazda vurgulanan önemine rağmen, günümüzde pek çok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de giderek artan “su kıtlığı” ve “kirlilik” sorunları yaşanmaktadır. Bazı dönemlerde bu kıtlığın nedeni doğal hidrolojik koşullardan kaynaklanmaktadır. Günümüzde ise yaşanan su kıtlığının temel nedeni, su gereksinimlerinin giderek artması ve çeşitlenmesidir. Bununla birlikte ülkemizin mevcut su kaynakları hızlı nüfus artışı, endüstriyel gelişim, artan tarımsal üretim ve kirlilik gibi faktörlerin baskısı altındadır.

Ülkemizdeki yerüstü ve yeraltı su kaynakları ile ilgili ekonomik potansiyelin sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda çevresel etkiler dikkate alınarak geliştirilebilmesi, sosyo-ekonomik gelişmede de sürekliliğin sağlanması açısından önem taşımaktadır.

Su kaynaklarında meydana gelen kirliliğin başlıca sebepleri arasında, tarımsal faaliyetler sırasında hatalı gübre kullanımı, arıtılmamış evsel ve endüstriyel atık suların deşarjı sayılabilir. Bu kirleticilerden endüstriyel atık sular, çok değişik karakterde olmaları, toksik etki meydana getirmeleri ve içerdikleri bazı maddelerin (özellikle ağır metaller) besin zincirinde akümüle olarak insan sağlığını tehdit etmelerinden dolayı büyük önem taşımaktadırlar. Bu nedenle, bu tür atık suların alıcı ortamlara deşarj edilmeden önce arıtılmaları gerekmektedir.

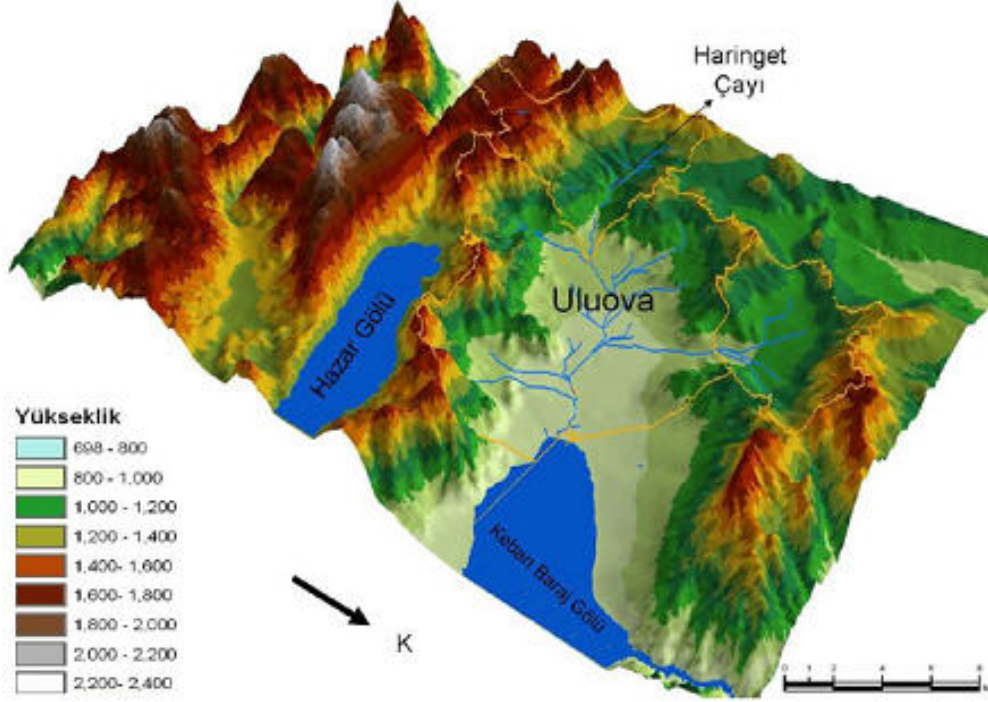
Elazığ ili içme suyu ihtiyacı ve Uluova sulama sisteminin büyük bir bölümü, hâlihazırda Uluova’da açılan sondaj kuyuları ile yeraltı sularından karşılanmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Yerbulduru haritası [1]  
(Figure 1. Location map [1])

Elazığ ilinin içme suyu, Uluova’da açılmış olan 24 adet içme suyu sondaj kuyularından yılda 21 milyon m<sup>3</sup> su çekimi ile sağlanmaktadır. Ayrıca Uluova’da sulama kooperatiflerince yeraltı suyundan yılda ortalama 40 milyon m<sup>3</sup> su çekimi yapılarak tarım arazileri sulanmaktadır. DSİ tarafından işletilmekte olan Uluova

sulaması projesi kapsamında, Keban Baraj Gölü havzasına inşa edilmiş olan Eyüpbağları pompa istasyonu ve Hazar HES I ve Hazar HES II elektrik santrallerinin tahliye kanallarından alınan Hazar Gölüne ait su ile birlikte yaklaşık 85530 m sulama ana kanalı ağı ile yüzey sulaması yapılmaktadır. Uluova'nın drenajı ise yalnızca Haringet çayı ile mümkün olmaktadır [1]. Şekil 2'de Uluova'nın Coğrafi Bilgi Sisteminde ortamında oluşturulmuş olan üç boyutlu görüntüsü görülmektedir.



Şekil 2. Uluova'ya ait üç boyutlu görüntü  
(Figure 2. Three dimensional view of Uluova)

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

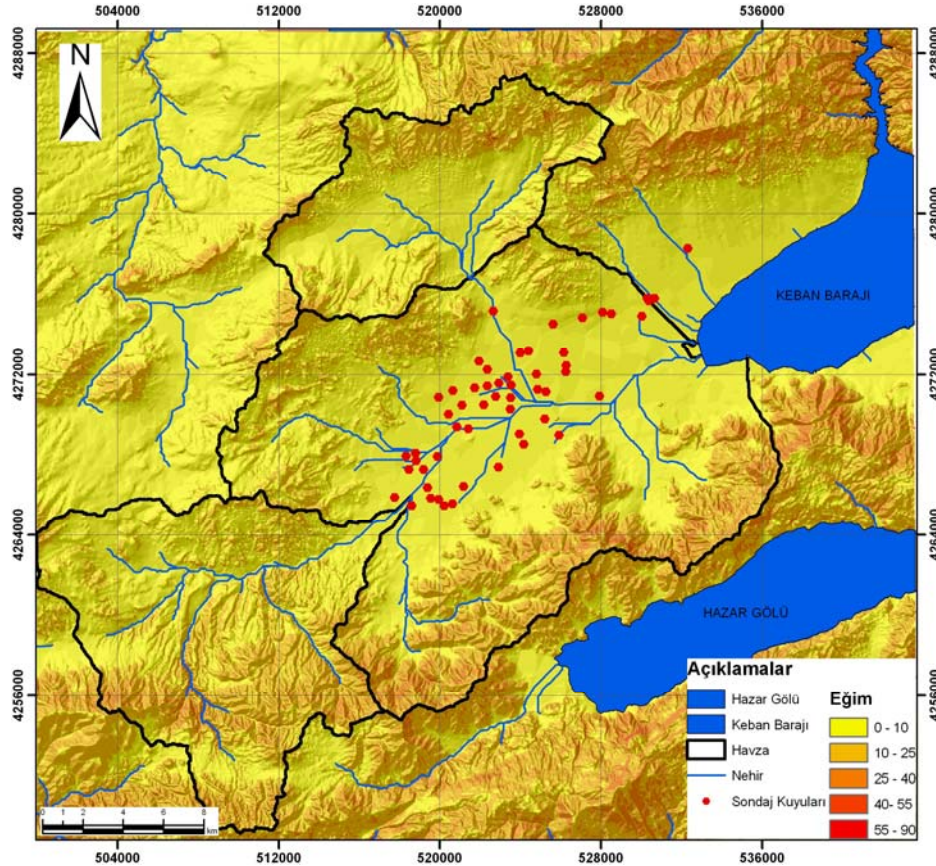
Elazığ İli'nin içme suyu'nun temin edildiği ve gelecek yıllarda da temin edilmesi ihtimali bulunan ve 5000 ha arazinin sulama suyu ihtiyacının karşılandığı Uluova'nın yeraltı su kaynaklarının korunması oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışma ile Uluova akiferinin değişik kirletici faktörlerden nasıl etkilendiği, farklı kuyulardan alınan numunelerin analiz sonuçlarının CBS ortamında değerlendirilmesi ile ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Böylece alınması gereken yeraltı suyunu koruma tedbirlerine yol gösterilmeye çalışılmıştır.

## 3. ANALİTİK ÇALIŞMA (ANALYTICAL STUDY)

### 3.1. Materyal (Material)

Çalışma materyalini oluşturan Uluova, 1/100.000 ölçekli Elazığ K42C paftası içerisinde yer almaktadır. CBS analizlerinde 16 adet 1/25000 ölçekli pafta kullanılmıştır.

Uluova, Doğu Anadolu Fay hattının yaklaşık olarak 15 km kuzeyinde ve güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda yer alır. Uluova bir çöküntü havzası olup, 845-1000 m kotları arasında yer almaktadır. Elazığ ilinin güneyinde yer alan Uluova'nın, drenaj alanı 672 km<sup>2</sup>, yüzölçümü ise 215 km<sup>2</sup>'dir (Şekil 3). Ovanın kuzeyi 1600 m ve güneyi 2000 m yükseltili dağlarla çevrilidir. Ovanın genişliği ortalama 8 km, uzunluğu ise yaklaşık 20 km'dir.



Şekil 3. Uluova havza sınırları ve eğim haritası [1]  
(Figure 3. Basin border of Uluova and slope map [1])

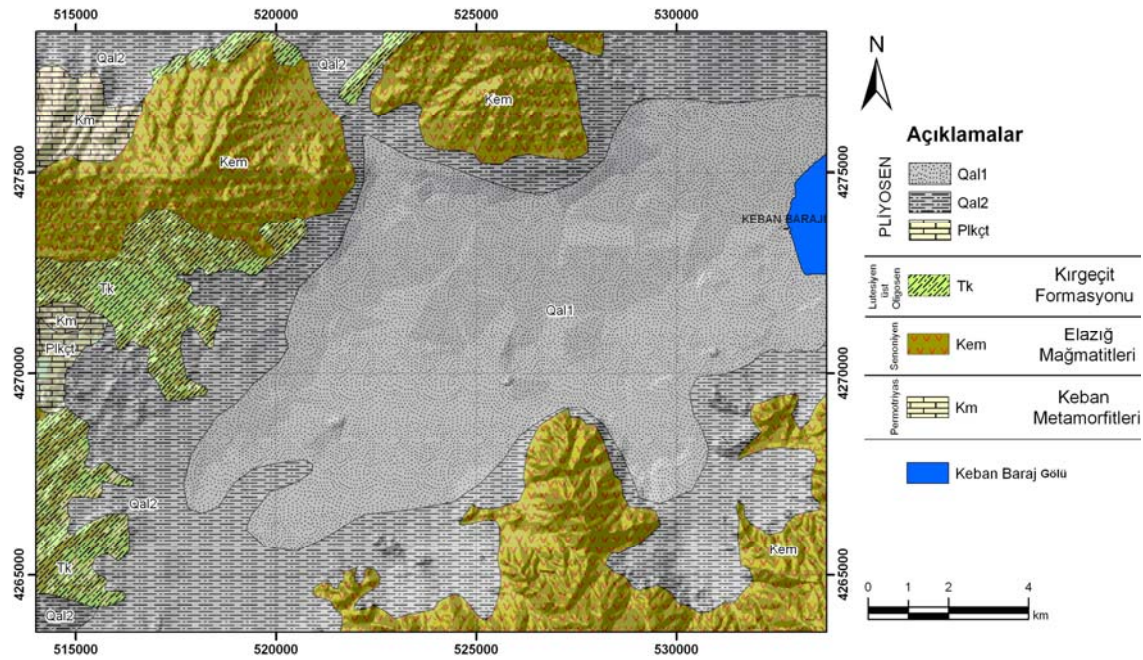
• **Çalışma Alanı Jeolojisi (Geology of Study Area):**

Permo-Triyas yaşlı Keban metamorfik kireçtaşları yörenin en yaşlı kayaçlarıdır. Elazığ magmatik kayaçları ile bazı yerlerde tektonik, bazı yerlerde ise diskordanslı kontak ilişkili şeklindedir. Araştırmacılar bölgesel metamorfiklerin tabandan tavana doğru rekrystalize kireçtaşları, kalkıştler, mermerler, metakonglomera, kalkfillitler şeklinde sıralanım gösterdiğini belirtirler.

Çalışma alanındaki Senoniyen yaşlı magmatik kayaçlar, Elazığ magmatitleri olarak adlandırılmakta ve granit, andezit ve diyabaz ile temsil edilmektedir. Akgül (1993), magmatik kayaçların birbirini izleyen üç evreden meydana geldiğini belirtmiştir [2]. Birinci evrede bazik bileşimli derinlik ve yüzey kayaçları, ikinci evrede asidik bileşimli derinlik ve yüzey kayaçları, üçüncü evrede ise aplit ve lamprofir bileşimli damar kayaçları oluşmuştur. Tektonik olarak Elazığ magmatitleri ile Keban metamorfikleri arasındaki zon tamamen ezilmiş ve bozulmuş yapıdadır. Alçiçek (1996), magmatik kayaç dokanaklarında olivin, granat, spinel ve manyetit gibi piroksen hornfels fasiyesi metamorfizma koşullarını gösteren mineral topluluklarının bulunduğunu, mermerlerin kalsit ve dolomitten meydana geldiğini belirtir [3].

Çalışma alanının kuzey, kuzeydoğu, doğu yönü ile Harput civarında yüzeylenen, kumtaşı, marn, kumlu-killi kireçtaşı ve konglomera seviyelerinden oluşan Lütesiyen-Üst Oligosen yaşlı Kırkgeçit formasyonu, kendinden yaşlı birimler üzerine açısal uyumsuzlukla gelir ve çalışma sahası içerisinde Kuvaterner birimler tarafından da örtülür. Çalışma alanının ova kısmını, güncel alüvyonlar oluşturmaktadır (Şekil 4).

Uluova'yı kapsayan jeolojik birimlerin hidrojeolojik yönden özelliklerine bakıldığında, metamorfitleme ait kristalize kireçtaşlarının, tektonizmaya bağlı olarak gelişen çatlaklı ve kırıklı yapıları ile oluşan bu yapılar sonucu karstlaşmanın daha da gelişerek kayaçtaki geçirimsizliği ve poroziteyi artırması, kayacın su depolama özelliğini geliştirmiştir. Magmatitlerin ve volkanik kayaçların çatlak-kırık sistemleri ve alterasyonları, bu birimlerin permeabilitesini geliştiren etkenlerdir. Bu sebeple magmatik kayaçlar su depolayabilmektedir. Magmatitler ile metamorfitleme arasındaki dokanaktan da bol miktarlarda su alınmaktadır. Çalışma alanını çevreleyen yükseltileri oluşturan killi kireçtaşları da kırık-çatlak ve erime boşluklu yapıda olmaları nedeni ile su depolayabilmektedir. Beslenebilen kumtaşlarından da, açılan sondajlarda iyi denilebilecek miktarda su alınabilmektedir. Kumlu ve siltli, ince kum ve çakıllı seviyeler serbest akiferi oluşturur [4].



Şekil 4. Çalışma alanına ait genel jeoloji haritası [1]  
(Figure 4. Overall geology map of study area [1])

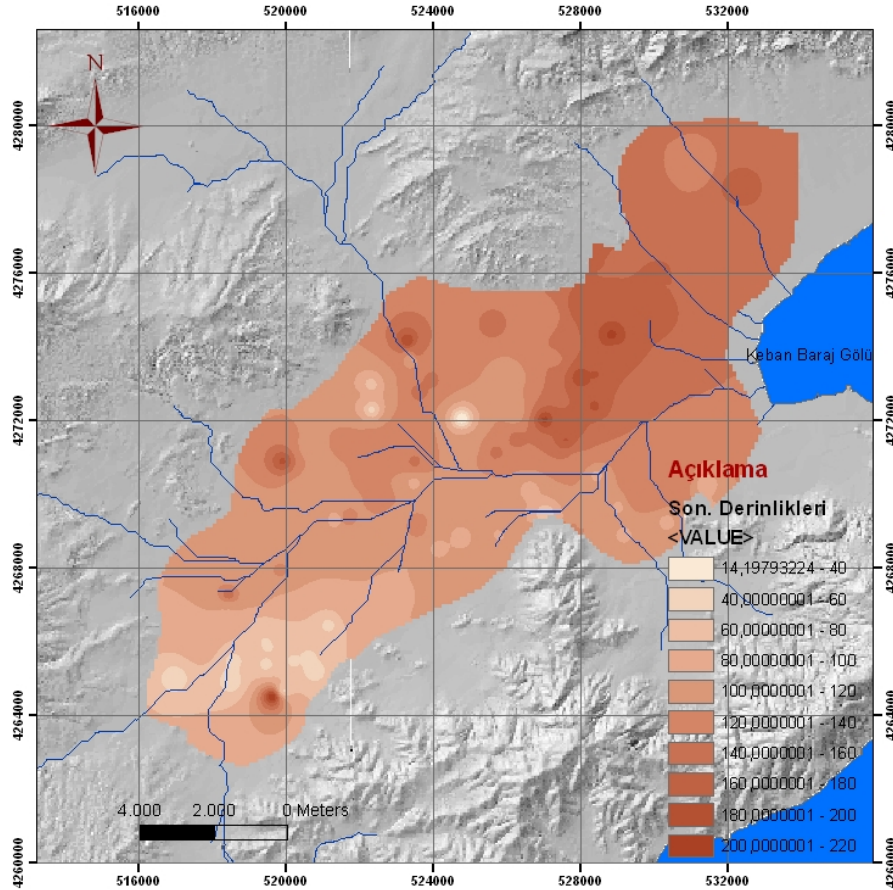
### 3.2. Metot (Method)

Veri tabanı olarak arazide GPS ile ölçümü alınan 127 sondaj kuyu lokasyonundan ovanın kirlenebilirlik potansiyeli, 122 lokasyondan mevcut hidrojeolojik parametreler, 65 lokasyondan su seviyelerinin 6 aylık periyota değişimlerini gösteren su tablası haritaları, 30 noktada 1993 yılı fiziksel ve kimyasal analizleri, 14 lokasyonda nitrat analizleri, kuyu litolojisi ve yüzeysel jeoloji Coğrafi Bilgi Sisteminde ArcView 3.2 ve ArcMap 9.2 yazılımları kullanılarak Uluova'nın kirlenebilirlik, mevcut hidrojeolojik durum ve su kalite analizleri yapılmıştır. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli oluşturularak, yamaç eğimi, yamaç yönelimi haritaları türetilmiş ve havza sınırları belirlenmiştir. Böylece, Uluova'nın hidrojeolojik bilgi sistemi Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak oluşturulmuş ve elde edilen sayısal veriler ışığında akifer özellikleri, litolojik parametreler ve yeraltı su seviyeleri GOD yöntemine (Groundwater occurrence, Overall lithology of aquifer, Depth of groundwater) uyarlanarak Uluova'nın kirlenebilirlik haritası çıkarılmıştır. Ayrıca

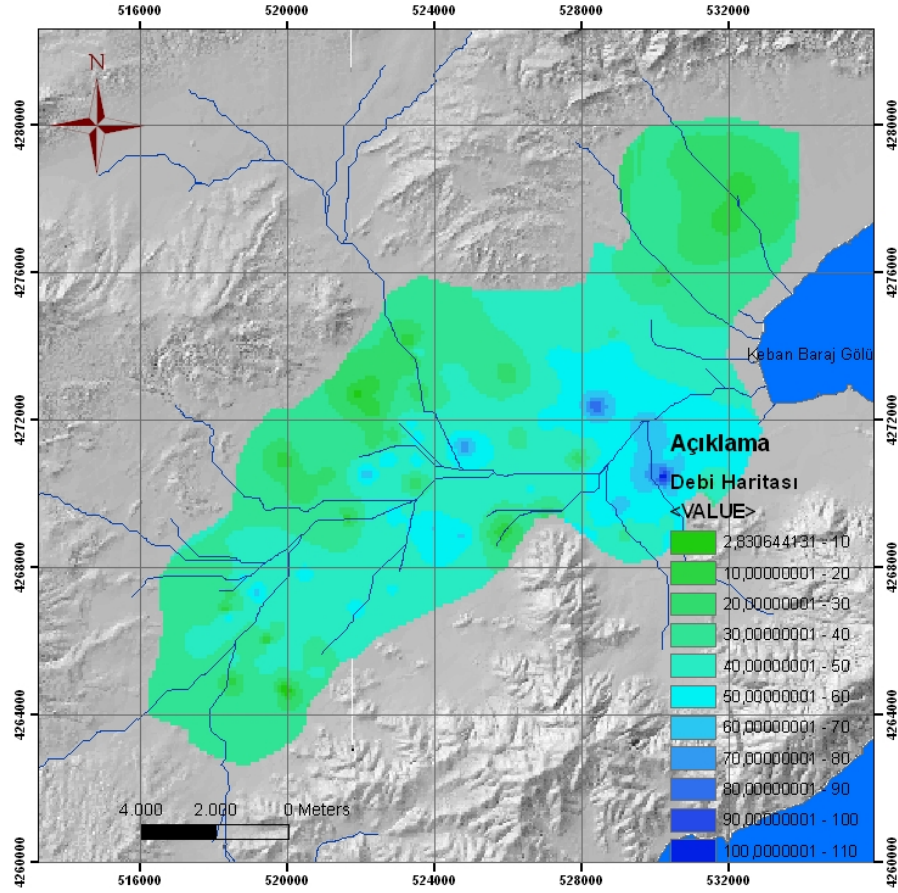
fiziksel ve kimyasal veriler CBS’de değerlendirilerek ovanın su kalite analizi gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.1. Hidrojeolojik Analiz (Hydrogeological Analysis)

Bu çalışmada, öncelikle Uluova’da açılmış olan sondaj kuyularından 122 adet lokasyonda metraj ve debi parametreleri analiz edilmiştir. 65 adet kuyuda da her 6 aylık periyotlarla alınan su seviyelerindeki değişim gözlenmiş ve su tablası haritaları yapılarak mevcut hidrojeolojik durum ortaya konulmuştur. Çalışma kapsamında Şekil 5’de görüldüğü gibi ovanın kuzey doğu kesimlerinde kuyu derinlik metrajlarının daha fazla olduğu görülmektedir. Kuyu debi verimliliği analiz edildiğinde ise, ovanın doğu kesimleri özellikle de Keban Baraj Gölüne yakın olan alanlarda açılan sondaj kuyularında debinin daha fazla olduğu tespit edilmiş (Şekil 6) ve bu verilerin ovanın jeolojik birimlerinin hidrojeolojik özellikleri ile uyumluluk gösterdiği görülmüştür. 6 aylık periyotlarla alınan su seviyelerinden 2007 yılının ilk yarısına ait su tablası haritası ArcGIS yazılımında hazırlanmıştır (Şekil 7).

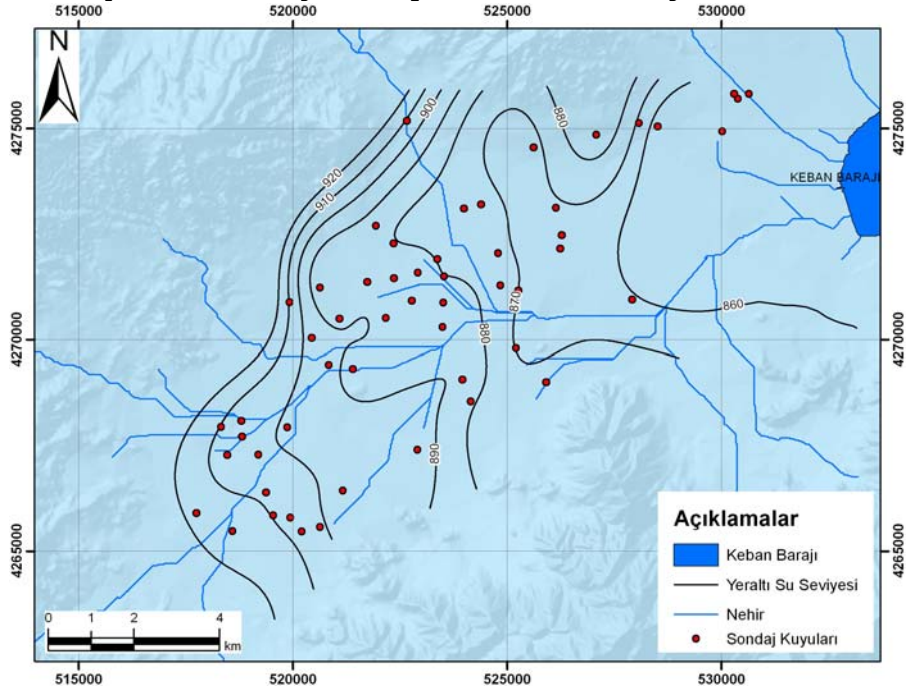


Şekil 5. Sondaj kuyuları için derinlik analizi haritası  
(Figure 5. Map of analysis for depth of drilling wells)



Şekil 6. Çalışma alanında bulunan kuyular için debi analizi haritası (L/s)

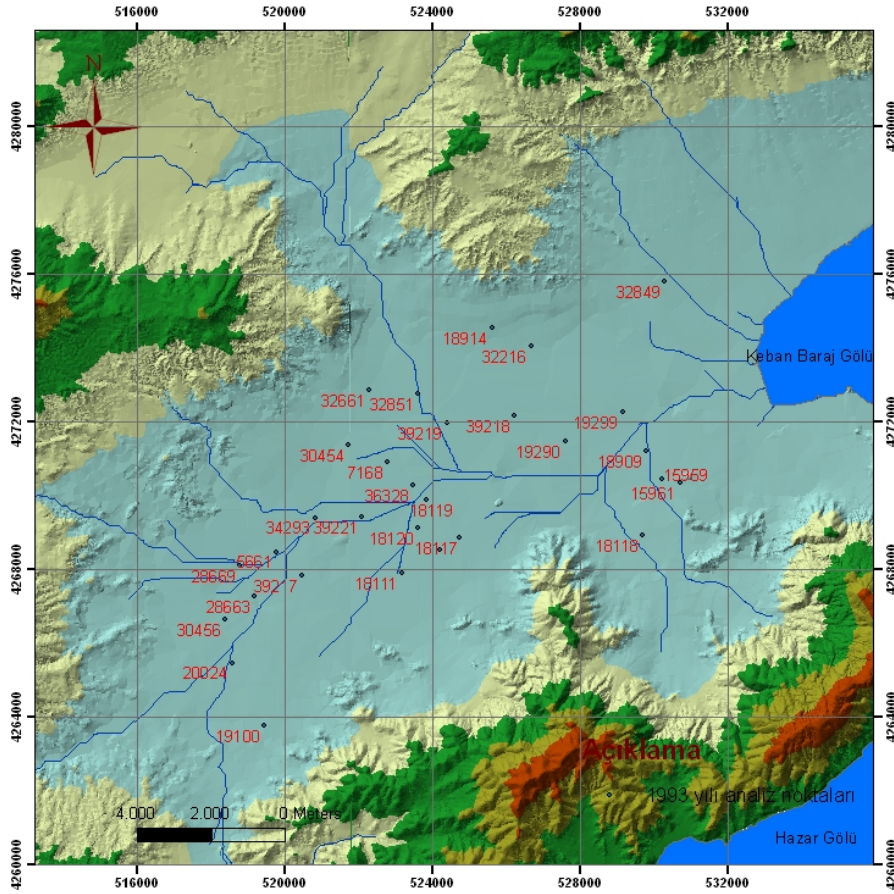
(Figure 6. Map of Discharge analysis for drilling wells in study area)



Şekil 7. 2007 yılı ilk yarısına ait su tablası haritası  
(Figure 7. Map of water layer at first term of year of 2007)

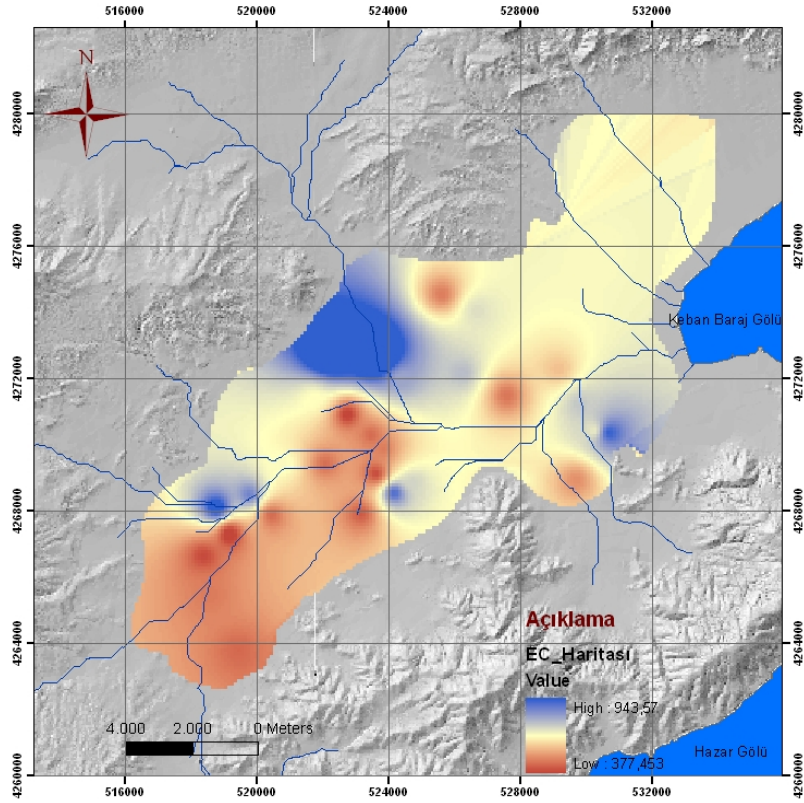
### 3.2.2. Fiziksel ve Kimyasal Analizler (Physical and Chemical Analyses)

Uluova'da 30 ayrı lokasyonda (Şekil 8) yapılan deneylerin sonuçlarına göre ovanın yeraltı suyu kalitesini doğrudan etkileyen EC (Electricity Conductivity-elektriksel iletkenlik), Cl (Klor)ve sertlik eş değer haritaları yapılmıştır (Şekil 9, 10, 11). Suların yapılan bu analizlerinde EC ve Fransız sertlik derecelerinin en yüksek olduğu bölgeler özellikle Elazığ Ovası tarafından gelen yeraltı suyu akımından Uluova'nın beslendiği bölgelerde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Klor ise Haringet Çayının ovaya giriş kesimleri ve ovanın orta kesimleri ile EC ve FS (Fransız sertliği) derecelerinin yüksek olduğu bölgelere uyumluluk göstererek ovanın Elazığ tarafından beslenen bölgelerinde yüksek çıkmıştır. Bu değerler kendi aralarında değerlendirilmiş ve TSE 266 standartları normal aralığında olduğu görülmüştür [5]. Oluşturulan bu haritalar CBS'de, ovanın yeraltı suyunun kalite bakımından en uygun alanlarının belirlenmesi amacı ile yapılan analizlerde raster veri olarak da kullanılmıştır.

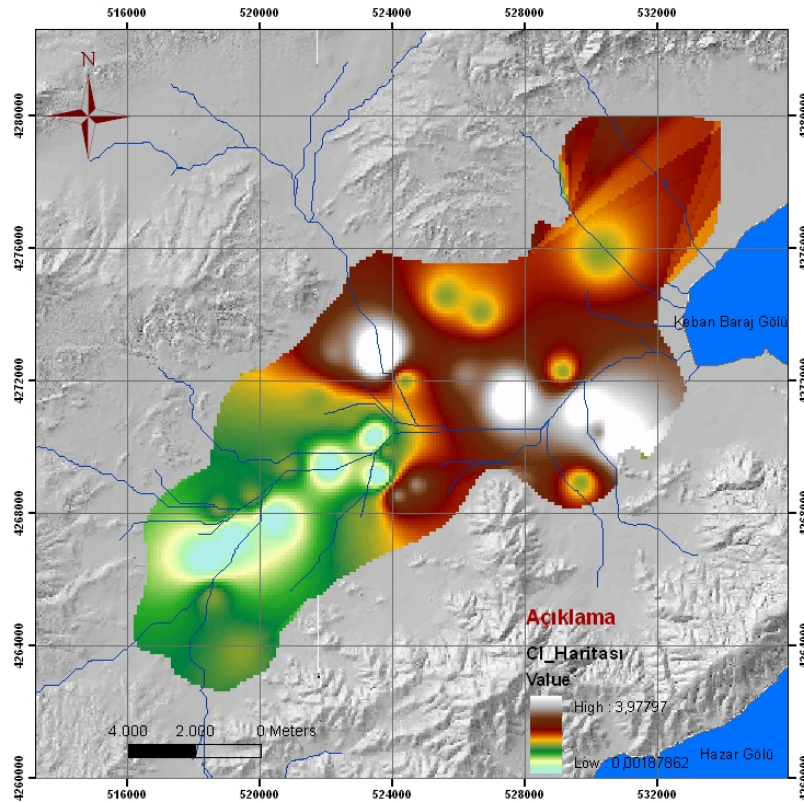


Şekil 8. Yapılan fiziksel-kimyasal analiz lokasyonları.  
(Figure 8. Location of physical-chemical analysis.)

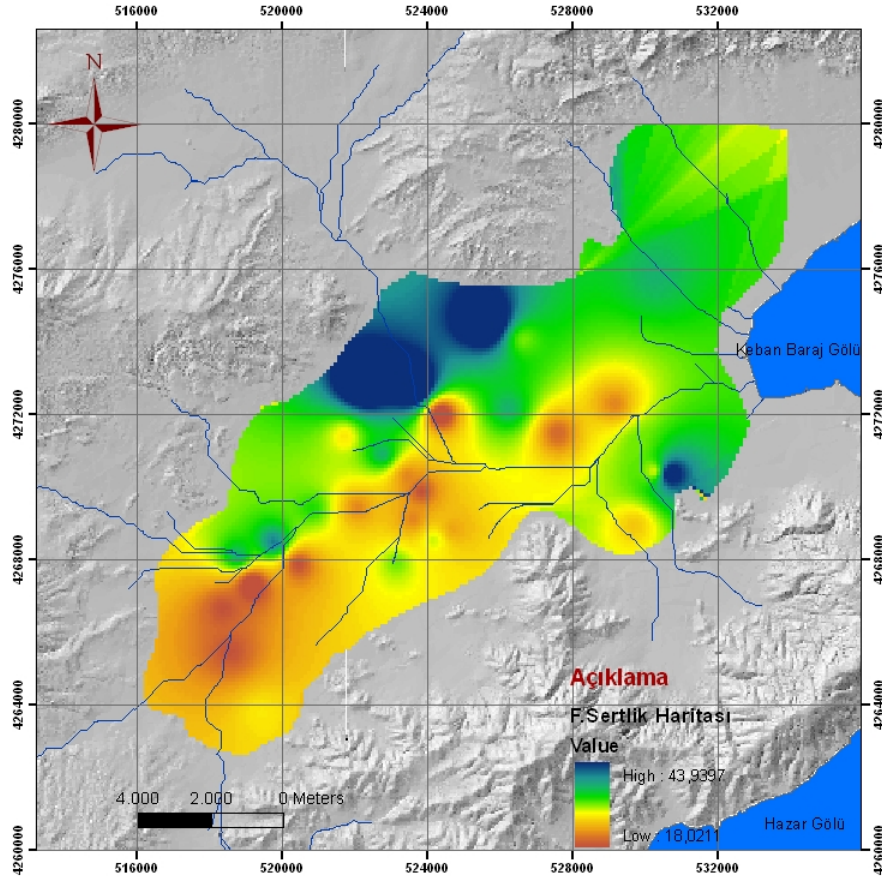




Şekil 9. Çalışma alanına ait EC haritası  
(Figure 9. Map of EC in study area)

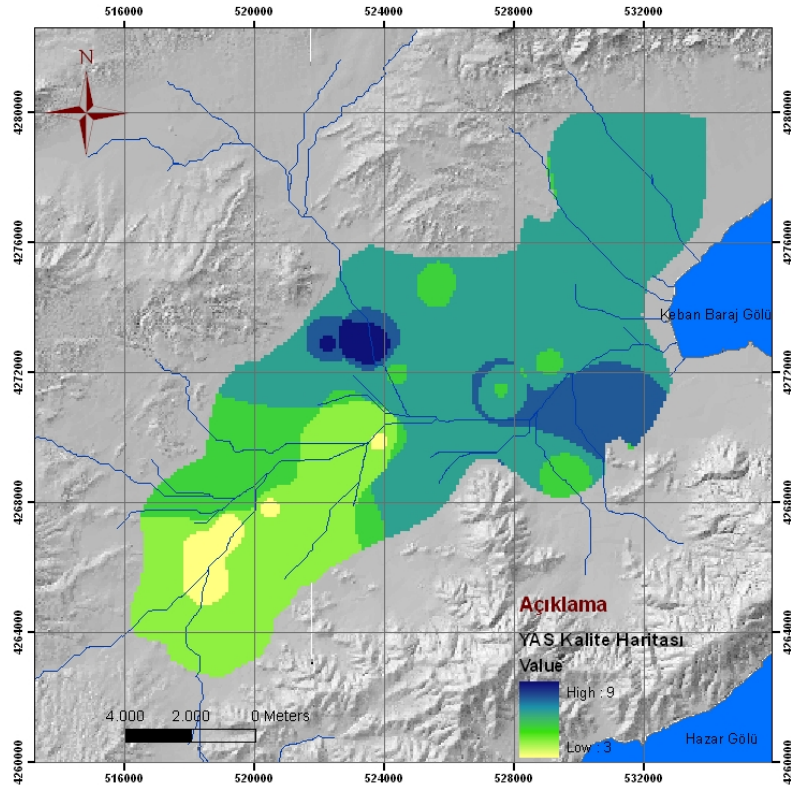


Şekil 10. Çalışma alanına ait Cl haritası  
(Figure 10. Map of Cl in study area)

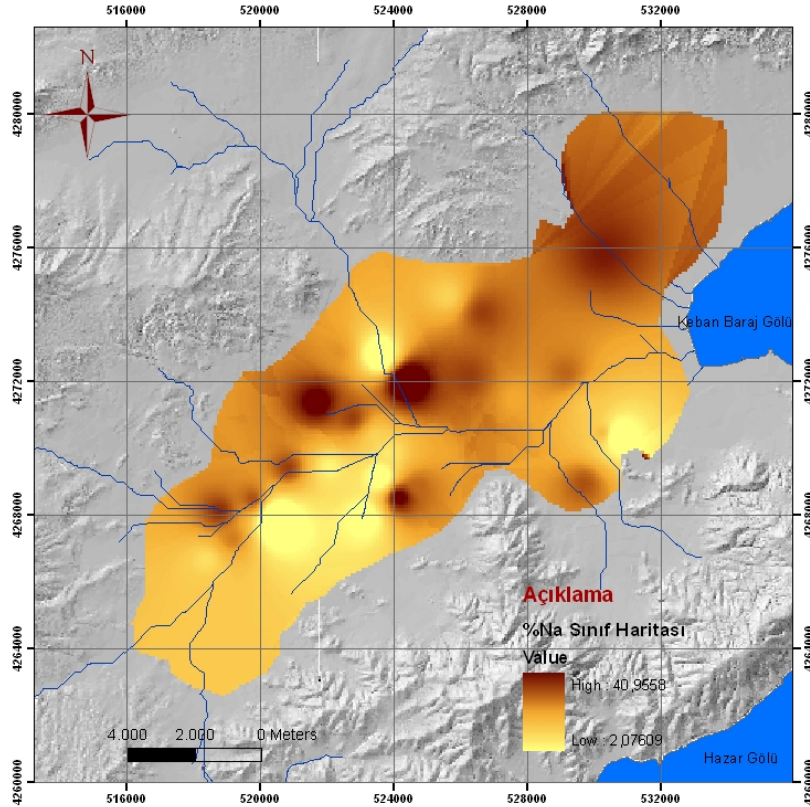


Şekil 11. Çalışma alanına ait Fransız Sertlik haritası  
(Figure 11. Map of French hardness in study area)

EC, Cl ve Fransız sertlik derecelerini esas alarak Uluova'nın yeraltı suyu kalitesi analiz edilmiştir. Ovanın genel anlamda su kalitesinin içme suyu açısından TSS 266'ya göre iyi olmasına karşılık fiziksel ve kimyasal açıdan en kaliteli yeraltı suyu bölgelerinin Haringet Çayının Uluova'ya giriş bölgesi olan Uluova'nın Kuzey Batı kesimleri olduğu analiz edilmiştir (Şekil 12). Ayrıca Uluova'da açılan sondaj kuyularından yapılan YAS sulamasında kullanılan suların sulama suyu bakımından uygunluğu SAR (sodyum adsorbsiyon oranı), RSC (artık sodyum karbonat konsantrasyonu) ve %Na değerleri bakımından da analiz edilmiştir. Analizi yapılan tüm yeraltı sularının SAR ve RSC bakımından 1.sınıf sular olduğu, % Na bakımından ise ovanın güney batı kesimleri 1.sınıf sulama sınıfında olduğu görülmektedir (Şekil 13).

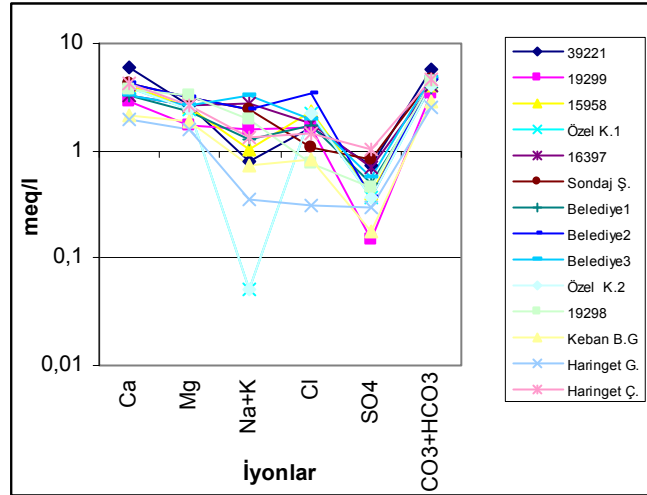


Şekil 12. Yeraltı suyu kalite analizi haritası  
(Figure 12. Quality analysis Map of groundwater)

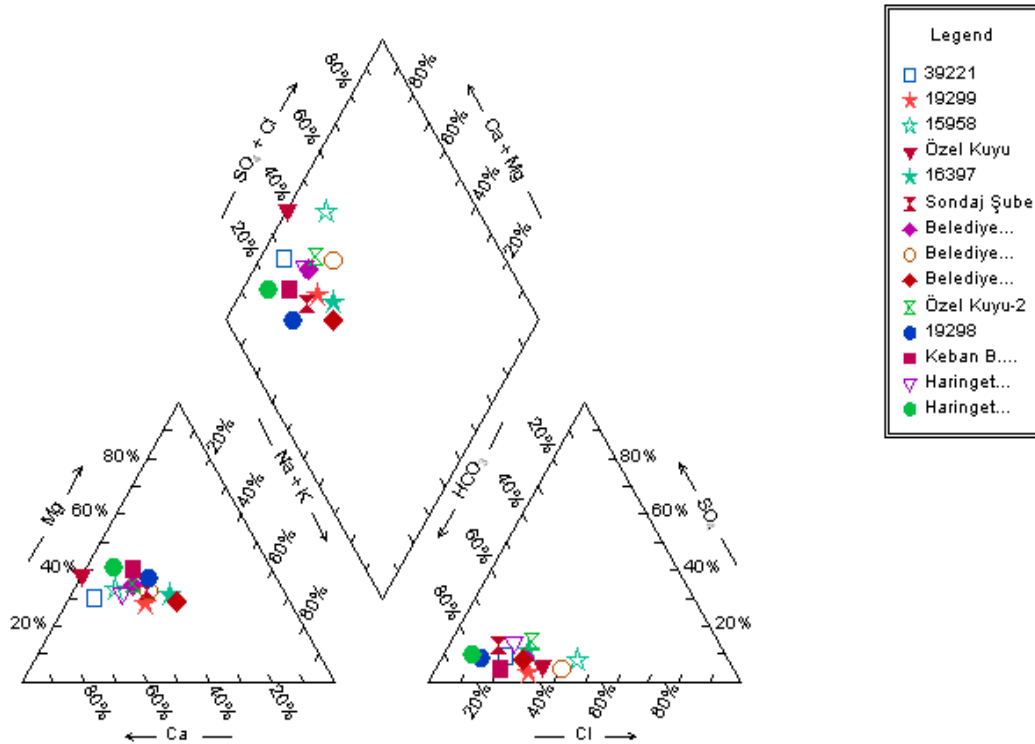


Şekil 13. % Na değerlerine göre su sınıflama haritası  
(Figure 13. Map of water classification respect to % Na values)

Ayrıca, 2006 yılı ikinci yarısında 14 lokasyondan alınan numunelerde fiziksel-kimyasal deneyler yapılmış, tüm yeraltı ve yerüstü sularının Schoeller diyagramı analizine göre  $\text{CaCO}_3$  fasiyesinde, Piper diyagramı analizine göre ise yeraltı ve yerüstü suları alkali toprak elementlerin ve zayıf asit köklerinin hakim olduğu karbonat sertliği %50'den fazla olan sular özelliğinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 14, Şekil 15).



Şekil 14. Kimyasal analiz sonuçlarının Schoeller diyagramında gösterilmesi.  
(Figure 14. Results of chemical analysis in Schoeller diagram.)



Şekil 15. Kimyasal analiz sonuçlarının Piper diyagramında gösterilmesi  
(Figure 15. Results of chemical analysis in Piper diagram.)

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

##### 4.1. Uluova'nın Kirlenebilirlik Potansiyeli (Potential of Vulnerability of Uluova)

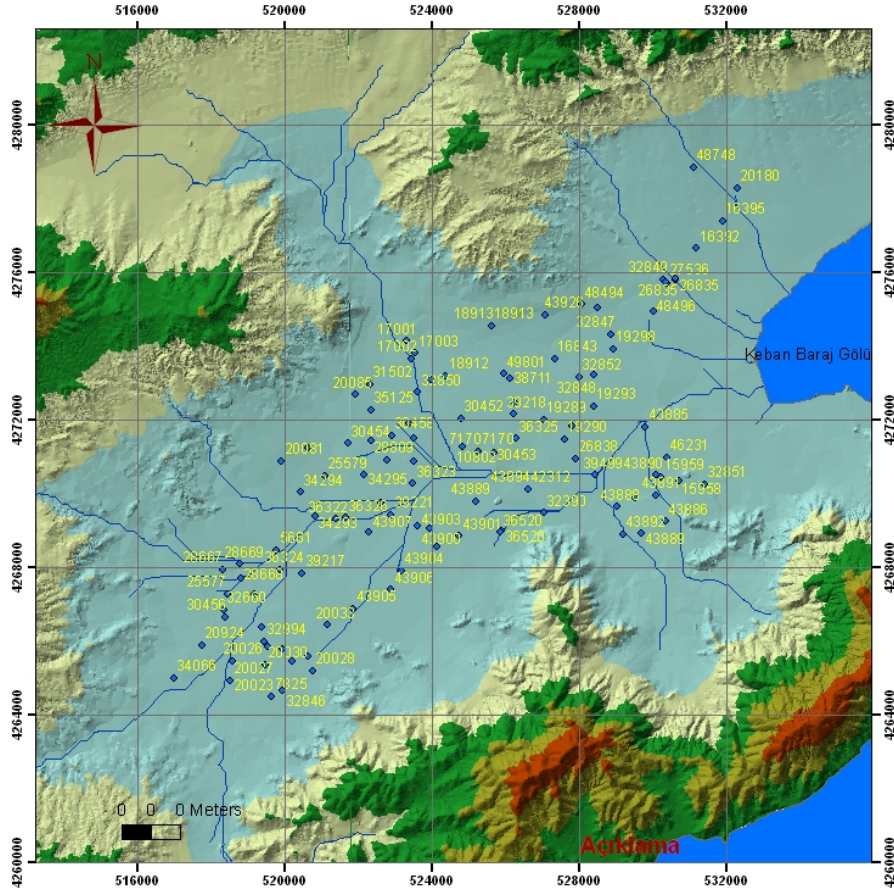
###### 4.1.1. GOD Yöntemi (GOD Method)

Yeraltı sularını koruma metotları ile ilgili en önemli araştırma konusu akiferin kirlenebilirliğidir. Bu yöntemle göre kirlenebilirlik, akifer litolojisi, yeraltı su derinliği ve su potansiyelinin yanı sıra arazi kullanımı ile de doğrudan ilişkilidir [6].

Foster (1987) tarafından gerçekleştirilen GOD yöntemi ile akifere ait doneler Arcview 3.2 ve ArcGIS 9.2 yazılımlarında analiz edilerek Uluovanın kirlenebilirlik haritası çıkarılmıştır [7].

Geliştirilen bu ampirik yöntem ile akifer cinsi, litoloji ve yeraltı suyu derinliğine ait katsayılar çarpılarak elde edilen ampirik değerler sınıflandırılarak, zeminin kirlenebilirlik potansiyel haritası çıkarılmıştır.

Bu çalışmada, 127 kuyu lokasyonu GPS ile koordinatları alınarak, kuyu parametreleri analiz edilmiştir (Şekil 16).



Şekil 16. GOD yöntemine göre değerlendirilen kuyu lokasyonları  
(Figure 16. Drillings locations which assessed respect to GOD method)

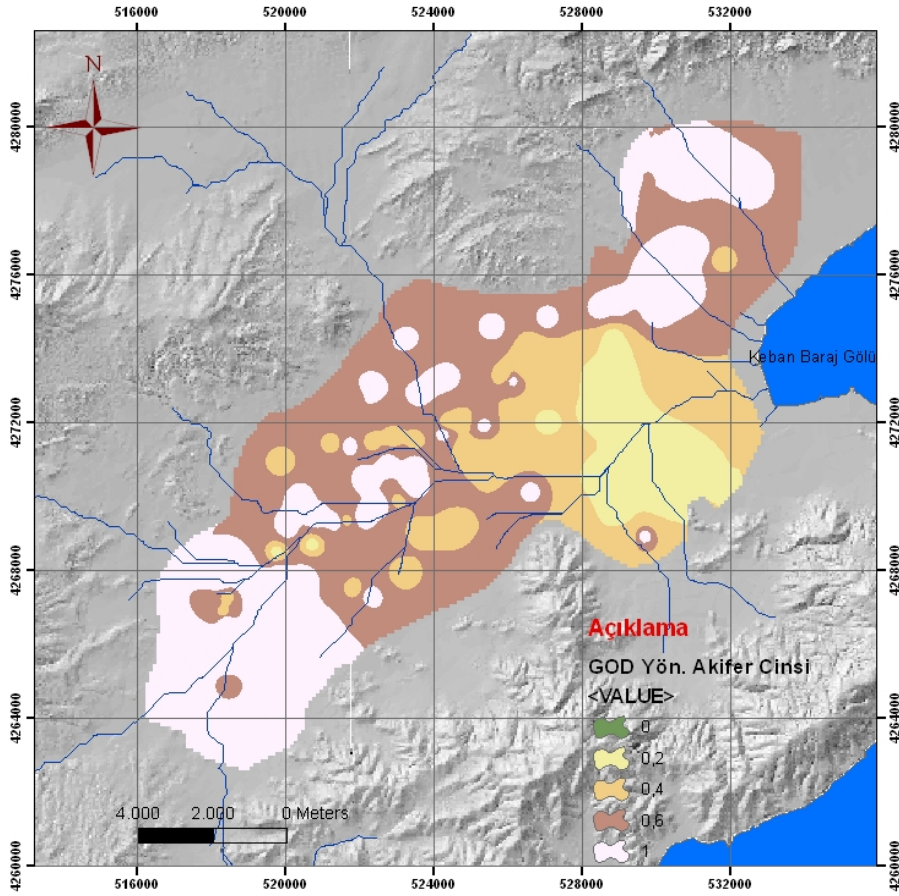
GOD yöntemine esas alınan veriler sondaj kuyu logları üzerinde değerlendirilerek, bu değerlerin yöntemle uyarlanması yapılmıştır.

Serbest akiferler ve yarı serbest akiferler, yüzeysel kirleticilerin akifer ortamına geçmesini engelleyecek geçirimsiz seviyelerin olmaması nedeni ile yarı basınç ve basınçlı akiferlere oranla daha fazla kirlenebilirler [8].

Tablo 1. GOD yöntemine göre ampirik akifer katsayı değerleri (a) [7]  
(Table 1. Empirical aquifer coefficients respect to GOD method [7])

Akifer tipi	Katsayı
Taşan Akifer	0,2
Basınç Akifer	0,4
Kısmen Basınçlı Akifer	0,6
Serbest Akifer	0,8
Serbet Akifer	1

Bu tanımlamaya göre Uluova'da basınçlı akifer, kısmi basınçlı akifer ve serbest akifer olan bölge alanları mevcuttur (Tablo 1, Şekil 17).



Şekil 17. Uluova'nın GOD yöntemine göre akifer tipi haritası  
(Figure 17. Map of aquifer type of Uluova respect to GOD method)

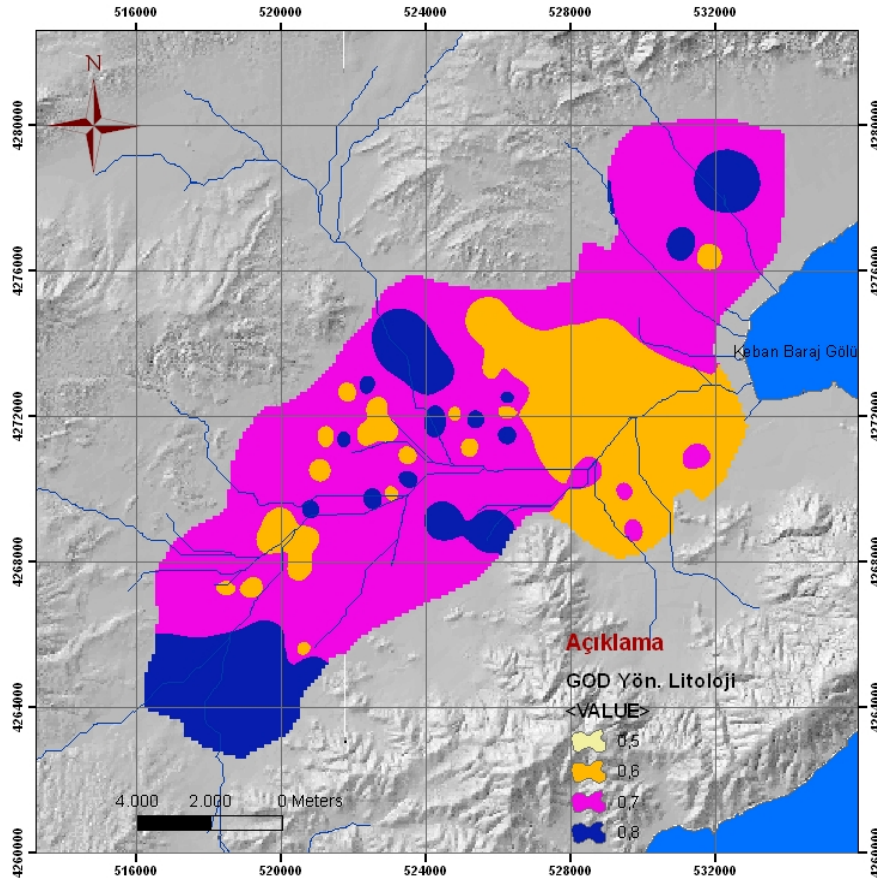
Akifer litolojisi, yeraltı suyunun depolanması ile doğrudan ilişkilidir. Çatlaklı kayalar yüzeysel kirlenmeden hızlı etkilenmekte ve kirlenme konsantrasyonu hızlı bir şekilde akifer ortamına taşınmaktadır. Kiltası, şeyl, şist gibi kayalar ile kil ve silt gibi ince taneli birimler akiferin kirlenmesini engelleyen zonlardır [8].

Tablo 2. GOD yöntemine göre litoloji ampirik akifer katsayı değerleri  
(b) [7]

(Table 2. Lithology empirical aquifer coefficient values respect to  
GOD method)

Litoloji	Katsayı
Artık Zeminler	0,4
Alüvyonel Siltler	0,5
Çamurtaşı	
Kumlar	
Silttaşı Şeyl	0,6
Volkanik Metamorfik Kayalar	
Alüvyonel Kum ve Çakıllar	
Kumtaşı ve Volkanik Tüfler	0,7
Volkanik Lavlar	
Çakıllar	
Kireçtaşları	0,8
Diğer Kireçtaşları	0,9
Konsolide Olmamış Sedimentler	
Konsolide Olmamış Poroz Kayalar	1
Konsolide Olmamış Sert Kayalar	

Kuyu loglarında belirtilen birimler üzerinde geçilen litoloji, GOD yöntemi litoloji tanımına uyarlanarak Şekil 18'deki gibi eş değer litoloji haritası oluşturulmuştur.



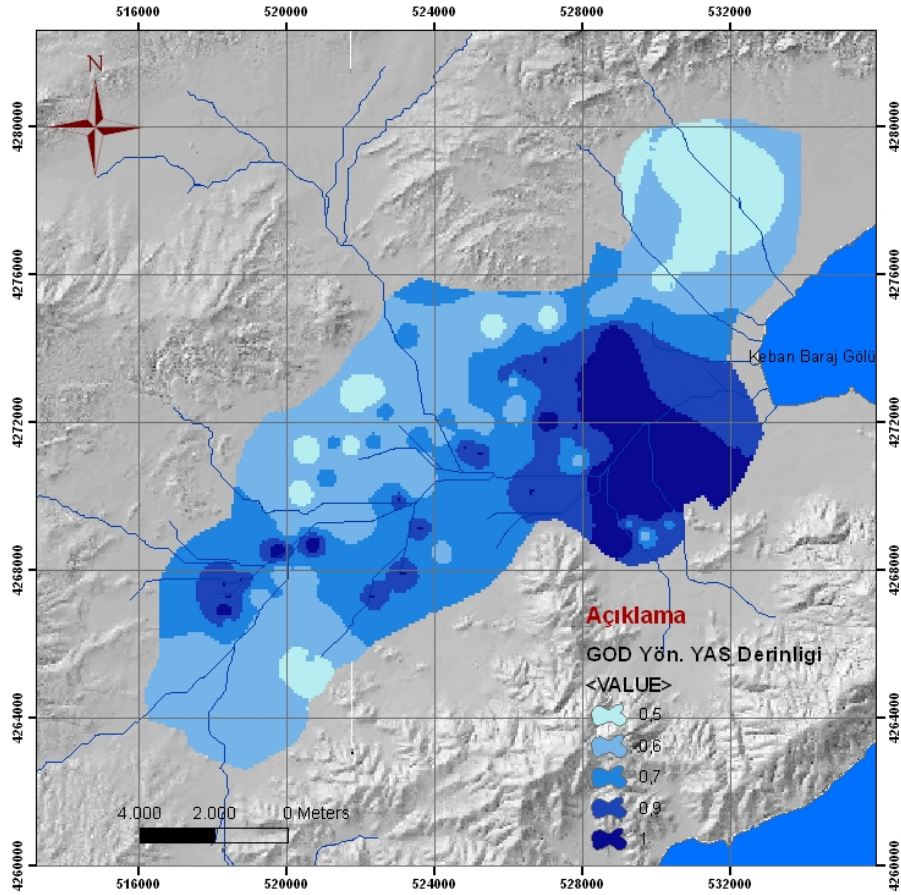
Şekil 18. Uluova'nın GOD yöntemine göre eş değer litoloji haritası  
(Figure 18. Equivalent lithology value map of Uluova respect to GOD  
method)

Yeraltı suyu derinliği, akiferin kirlenebilirliğini etkileyen en önemli etken olup yeraltı suyu derinliği yüzeye yaklaştıkça kirlenme oranı artmaktadır [8].

Tablo 3. GOD yöntemine göre ampirik yeraltı suyu seviye katsayı değerleri (c) [7]  
(Table 3. Empirical groundwater elevation coefficients respect to GOD method)

Yeraltı su seviyesi	Katsayı
> 100m	0,4
50 - 100m	0,5
20 - 50m	0,6
10 - 20m	0,7
5 - 10m	0,8
2 - 5m	0,9
< 2m	1

Uluova'nın güney doğu kesimi yeraltı suyu seviyesinin yüzeye en yakın olduğu bölgelerdir (Şekil 19).



Şekil 19. Uluova'nın GOD yöntemine göre eş değer yeraltı suyu haritası  
(Figure 19. Equivalent groundwater map of Uluova respect to GOD method)

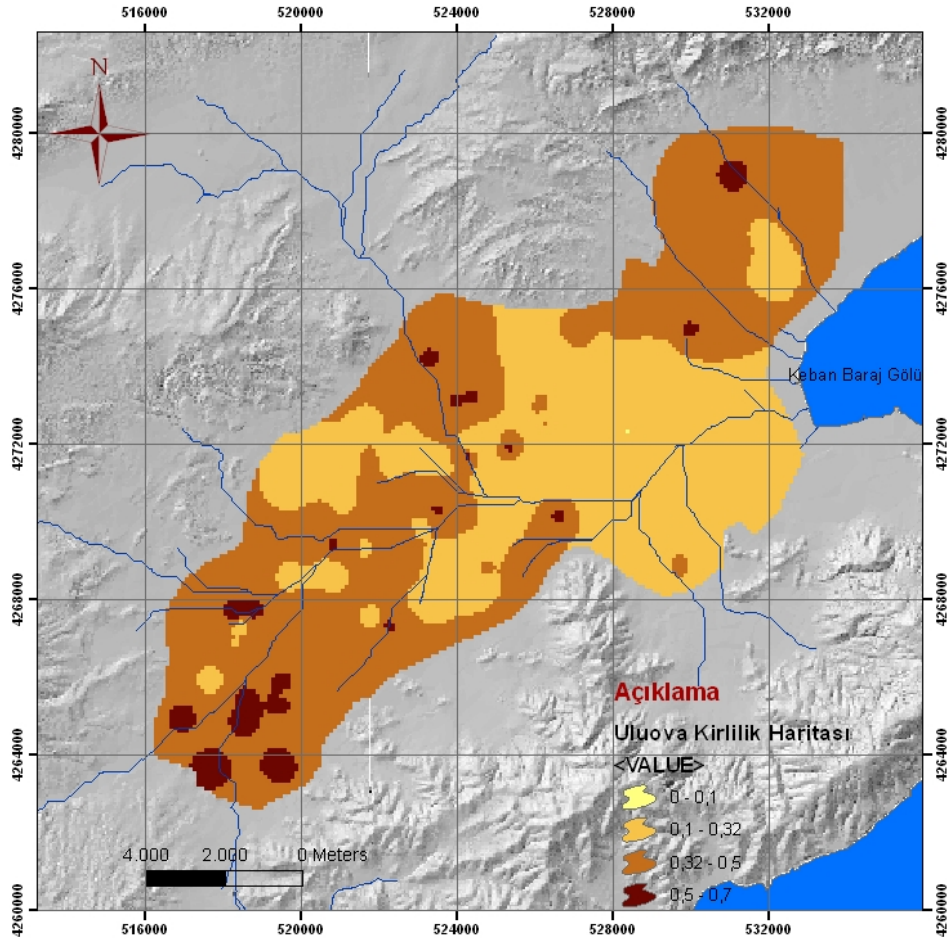
Kirlenebilirlik katsayı değeri Foster(1987) tarafından  $K=a*b*c$  şeklinde verilmiştir.



Tablo 4. GOD yöntemine göre ampirik kirlenebilirlik katsayı değerleri [7]  
(Table 4. Empirical vulnerability coefficients respect to GOD method)

Kirlenebilirlik	Katsayı
Yok	-
Gözlenmez	0-0,1
Düşük	0,1-0,32
Orta	0,32-0,5
Yüksek	0,5-0,7
Oldukça Yüksek	0,7-1

ArcGIS programında, bu yöntem çerçevesinde 127 lokasyona ait parametreler değerlendirilerek (Şekil 20), Uluova'nın GOD yöntemine göre kirlenebilirlik eş haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan bu analiz haritasına göre Uluova'da kirlenebilirlik alanları düşük, orta ve yüksek alanlar olarak tespit edilmiştir.



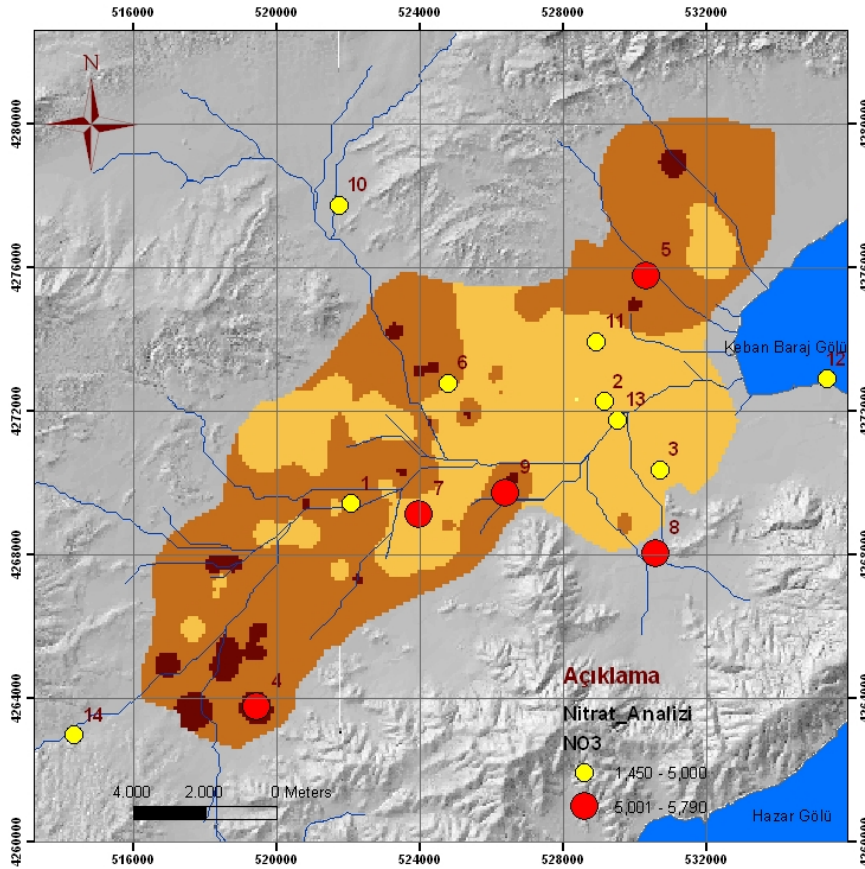
Şekil 20. Uluovanın kirlenebilirlik eş değer haritası  
(Figure 20. Map of empirical vulnerability of Uluova)

Yapay etkenlerle (zirai tarım, atık su, sanayi atıkları v.b.) yeraltı ve yer üstü sularının izlenebileceği analiz parametrelerinden olan nitrat ( $\text{NO}_3$ )'ın Uluova'nın değişik 14 lokasyonunda (Tablo 5) alınan su numuneleri için analizler yapılmıştır. Analizlerde, 2006 yılının 2. yarısı itibari ile tüm numuneler nitratın limit üst limit değeri olan 50 mg/l (TSS 266,

2005)'den düşük değerlerde çıkmışlardır. Bundan dolayı sonuçlar içme suyu standartlarına uygundur. Kıta içi su kaynakları sınıflarına göre ise; 4, 5, 7, 8, 9 sıra nolu su numunelerinin 2. sınıf, diğer analizi yapılan suların ise 1. sınıf sular kapsamında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 21).

Tablo 5. Nitrat analiz değerleri [1]  
(Table 5. Values of Nitrate analysis [1])

Sıra No	Kuyu No	Tarih	(NO <sub>3</sub> -N/L) mg/l	(NO <sub>3</sub> )mg/l
1	39221	11.09.2006	4,62	21,39
2	19299	11.09.2006	4,18	19,35
3	15958	11.09.2006	4,42	20,46
4	Özel Kuyu	11.09.2006	5,65	26,15
5	16397	11.09.2006	5,3	24,53
6	Sondaj Ş.	14.08.2006	4,78	22,13
7	Bel.Kuyusu	10.08.2006	5,79	26,8
8	Bel.Kuyusu	10.08.2006	5,47	25,32
9	Bel.Kuyusu	10.08.2006	5,71	26,43
10	Özel Kuyu	10.08.2006	4,47	20,69
11	19298	09.08.2006	2,86	13,24
12	Keban B.	22.11.2006	1,74	8,05
13	Haringet Ç.	22.11.2006	4,42	20,46
14	Haringet G.	22.11.2006	1,45	6,71



Şekil 21. Kıta içi su kaynaklarına göre nitrat azotu sınıflaması  
(Figure 21. Nitrate classification respect to continental water resources)

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND SUGGESTIONS)

Bu çalışmada aşağıda verilen sonuçlara ulaşılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

Uluova'da debi bakımından en verimli olan kuyuların Keban Baraj Gölüne yakın bölgelerde olduğu görülmüştür. Tüm yeraltı suları, içme ve sulama suyu kalite kriterlerine göre uygun olup EC, Cl ve sertlik parametrelerinin birlikte esas alınarak analiz edilmesi sonucunda elde edilen su kalite haritalarında, en verimli alanların Uluova'nın kuzey batı kesimleri olduğu görülmektedir.

Uluova'nın kirlenebilme potansiyel haritası GOD yöntemine göre oluşturulmuştur. ArcGIS yazılımı ortamında 127 ayrı lokasyona ait parametreler değerlendirilmiştir. Buna göre; Uluova'da düşük, orta ve yüksek kirlenebilir alanlar bulunmuştur. Kirlilik parametrelerinden olan nitrat 14 ayrı lokasyonda ölçülmüş ve üst limit değer olan 50 mg/l' den daha düşük değerlerde çıkması nedeni ile deney yapılan tarih itibari ile Uluova'da kirlilik tespit edilmemiştir.

İçme ve kullanma suyu potansiyeli kısıtlı olan ülkemizde, önemli su kaynaklarından olan yeraltı sularının, verimlilik potansiyelinin yüksek olduğu alanlarda kirlenebilirlik haritası yapılmadan, sanayi yerleşim ve atık depolama tesislerinin yapılmaması bu su kaynaklarının korunması açısından önemlidir.

Elazığ nüfus bakımından hızla büyümekte olan bir şehirdir. Bununla birlikte sanayi tesislerinin Uluova'nın üzerinde inşa edilmesi, bu tesislerin ağır metal içeren atık sularının akifere sızma riskini ortaya koymaktadır. Özellikle bu sanayi tesislerinin ve atık tesislerinin, bu çalışma sonucu elde edilen haritada kirlenebilirliği düşük alanlara inşa edilmesi veya bu durum mümkün olmuyorsa akiferi korumak amacı ile çok iyi sızdırmazlık alt yapı tedbirlerinin alınması gerekmektedir. Uluova'nın yeraltı suyu kalite ve kirlenebilirlik haritaları üretilerek, ileride açılması düşünülen içme ve sulama amaçlı sondaj kuyularının planlamasında bu haritaların dikkate alınması mühendislik projelerinde ekonomiklik ve sağlık açısından önem arz etmektedir.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Çeliker, M., (2008). Uluova (Elazığ)'nın Hidrojeolojisinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü, Fen Bilimleri Enst., ss:105.
2. Akgül, B., (1993). Piran köyü (Keban) çevresindeki magmatik kayaların petrografik ve petrolojik özellikleri. Doktora Tezi. F.Ü. Elazığ. ss:128.
3. Alçiçek, M.C., (1996). Elazığ Civarındaki Heyelanların Jeoloji İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enst., s:94.
4. Öztekin, Ö., (1998). Elazığ İli İçme ve Kullanma Sularının Fiziko-Kimyasal Özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, ss:124.
5. TSS 266, 2005 İçme-Kullanma Suları Standardı. Resmi Gazete. Sayı 25730.
6. Şimşek, C. ve Filiz, Ş., (2005). Torbalı Ovası ve Çevresindeki Akiferlerin Hidrojeolojisi ve Kirlenebilirliği. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi 7(2):21-37.
7. Foster, S.S.D., (1998). 'Groundwater Recharge and Pollution Vulnerability of British Aquifers a Critical Overview', Groundwater Pollution, Aquifer Recharge and Vulnerability, Geological Society Special Publication, No. 130, London.
8. Şimşek, C. ve Filiz, Ş., (2007). Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Akifer Kirlenebilirliğinin Değerlendirilmesi. Mühendislik Jeolojisi Bülteni. Sayı 24-25 (47-57).



9. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, (2004). Resmi Gazete. Sayı 25687.
10. Olgun, K. ve Kalkan, S., (1994). Elazığ-Uluova Revize Etüt Raporu. DSİ. Ankara, s:67.
11. Afşin, M. ve Kayabalı, K., Uygulamalı Jeoloji, Fersa Matbaacılık, Ankara, ss:684.