

## Obtaining of the Maps of Groundwater Level by Using GIS: The Example of Sivas City

Sayiter Yildiz  
Cumhuriyet University, Environmental Engineering Department,  
TR-58140 Sivas- Turkey,  
E-mail: sayiteryildiz@gmail.com

Can Bulent Karakus  
Cumhuriyet University, City and Regional Planning Department,  
TR-58140 Sivas- Turkey,

### Abstract

Groundwater sources are gradually decreasing together with the increase of the population each passing day. The management and planning of the groundwater sources in an effective way are required to be able to avoid this problem. GIS is an important tool in the management of groundwater in an effective way today. Groundwater level measurements in a specific time interval can be entered into the GIS environment as the attribute data and can be obtained thematic maps indicating the groundwater level changes in these time intervals. The obtained thematic maps constitute an important data source in the planning and management of the groundwater. It is aimed to be constituted the maps of groundwater level (GWL) of water basin from which the potable and domestic water needs of Sivas city are supplied in this study. Static water level values (SW) which belong to the deep wells in the basin were measured throughout 4 years (in dry and rainy periods) within the scope of the study. GWL elevation was obtained for each well by using elevation and static water level values of wells. The information of coordinate, SW values and GWL elevation values were turned into a database which can be analyzed and evaluated entering the Geographical Information System (GIS). SW map and GWL maps which belong to the field of study were constituted with the help of ArcGIS 9.3.1. Program by using this obtained database.

**Key words:** Groundwater maps, geographic information systems, static level.

## Yeraltı Suyu Seviye Haritalarının CBS Kullanılarak Elde Edilmesi: Sivas Kenti Örneği

### Özet

Her geçen gün nüfusun artmasıyla beraber yeraltı su kaynakları giderek azalmaktadır. Bu sorunun önüne geçilebilmesi için yeraltı su kaynaklarının etkili bir şekilde yönetilmesi ve planlanması gerekmektedir. Günümüzde CBS, yeraltı sularının etkili bir şekilde yönetilmesinde önemli bir araçtır. Belirli bir zaman aralığındaki yeraltı su seviye ölçümleri CBS ortamına öznitelik bilgisi olarak girilebilmekte ve bu zaman aralıklarındaki yeraltı su seviye değişimlerini gösteren tematik haritalar elde edilebilmektedir. Elde edilen bu tematik haritalar da yeraltı sularının planlanmasında ve yönetilmesinde önemli bir veri kaynağı teşkil etmektedir. Bu çalışmada; Sivas kentinin içme ve kullanma suyu ihtiyacının karşılandığı su havzasının yeraltı su seviye (YSS) haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında; havzada yer alan derin kuyulara ait statik su seviye (SS) değerleri 4 yıl boyunca (kurak ve yağışlı dönemlerde) ölçülmüştür. Kuyulara ait kot ve statik su seviye değerleri kullanılarak her bir kuyu için YSS kotu elde edilmiştir. Koordinat bilgisi, SS değerleri ve YSS kotu değerleri Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamına girilerek analiz edilebilir ve değerlendirilebilir veri tabanı haline getirilmiştir. Elde edilen bu veri tabanı kullanılarak, ArcGIS 9.3.1 programı yardımıyla çalışma alanına ait SS haritası ve YSS haritaları oluşturulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Yeraltı suyu haritaları, coğrafi bilgi sistemi, statik seviye.

### 1. Giriş

Dünyada artan nüfusa karşılık, su kirliliği ve iklim değişikliği nedeniyle içilebilir ve kullanılabilir su azalmaktadır (Öztürk ve Çelik, 2008). Dünya üzerindeki su rezervlerinin % 0.61'lik bölümü yeraltı suyu olarak bulunmaktadır (Plummer ve diğ., 2007). Son on yılda yaklaşık 80 ülkede nüfusun %40'ının su

taleplerinin arzlardan daha fazla olduğu görülmekte ve su kaynaklarının su ihtiyacını karşılamakta yetersiz kalacağı belirtilmektedir (Bennett, 2000).

Nüfusun ve teknolojinin artmasına paralel olarak su ihtiyacı ve tüketimi artmıştır. Ancak debisi sabit kalan hatta mevsimsel olarak azalan kaynaklar, artan talebe cevap veremediğinden bazı yerleşim yerlerinde içme suyu sıkıntıları başlamıştır. Günümüzde büyük şehirler içme suyu temin edebilmek için kaynaklar aramakta ve maliyetine bakmaksızın projeler geliştirmektedir. Ancak, mevcut kaynaklara sahip çıkılmadığı ve gerekli önlemler alınmadığı takdirde ileride sıkıntısı kaçınılmaz olacaktır (Yıldız ve Değirmenci, 2011).

Yeraltı suyu dünyanın birçok yerinde göreceli olarak bol miktarlarda bulunabilen ve içme, sulama ve endüstriyel kullanıma suyu olarak yaygın kullanılan önemli bir su kaynağıdır (Elçi ve diğ., 2009). Yeraltı suları kayaç ve topraklara temas ederek farklı elementleri beraberinde taşırlar (Camgöz ve diğ., 2010). Böylece kalite olarak ve kirlenme riski açısından yüzeysel sulara göre genellikle daha uygun olabilmektedir.

Söz konusu talebin doğal sonucu olarak yeraltı su kaynaklarından yapılan aşırı çekimler, rezervlerin hızla tükenmesine neden olmaktadır (İleri ve diğ., 2007). Ayrıca şehirleşmenin yanı sıra endüstriyel ve tarımsal gelişmelerin de oluşturduğu birçok potansiyel kirlenme kaynağı nedeniyle ciddi tehdit altında olan bir kaynaktır (Elçi, 2009).

İnşa edilen derin sondaj kuyuları, yeraltı su seviyesinin hızla düşmesine ve yeraltı suyu depolayan akiferlerin yeraltı su potansiyelinin azalmasına ve su kalitesinin kötüleşmesine neden olmaktadır. Plansız yapılan su kuyuları gerek ekonomimize gerekse akifer sistemlerine geri dönüşümü mümkün olmayan zararlar vermektedir. Yeraltı suların korunması için sondaj yapan firmaların denetlenmesi ve yeraltı suyundan emniyetli şekilde çekim yapılması gerekmektedir (Şimşek ve diğ., 2009).

Yerüstü su kaynaklarının sınırlı olması ve sürekli kirlenmesi, neredeyse tüm sanayileşmiş ülkelerin artan su talebini karşılamak için yeraltı suyuna olan güvenin artmasına sebep olmuştur (Corwin ve Wagenet, 1996). Bu nedenle yüzeysel su kaynaklarının tespiti kadar, yer altı su potansiyelinin, statik su seviyelerinin düzenli olarak ölçülüp tespit edilmesi, tespit edilen bu suyun kalitesi ve kullanılabilirliğinin de takip edilmesi gerekmektedir (Öztürk ve Çelik, 2008). Yeraltı suyu seviyesindeki değişimin belirlenmesi su kaynaklarının planlanması ve işletilmesi açısından önemlidir (İçağa ve diğ., 2007). Kullanıma hazır yeraltı sularının verimli şekilde yönetilmesinin önemi açıkça görülmektedir (Charbeneau, 2000).

Coğrafi Bilgi Sistemleri, yeraltı su kaynaklarının yönetilmesinde önemli bir araçtır, kaynakların bilimsel veri tabanlarının hazırlanmasına yardım eder ve aynı zamanda verilerin güncellenmesinde kolaylık sağlar (Shalini ve diğ., 2012). Burrough and McDonnell'nin tanımladığı CBS, belirli bir amacı gerçekleştirmek için yeryüzündeki yersel verilerin dönüştürülmesi ve gösterilmesi, bu verilerin toplanması, depolanması ve gelecekte kullanılması için bir araçlar setidir. CBS; verilerin jeoreferanslanması, bütünleşmesi, toplanması veya yersel analizleri gibi verilerin işlenmesinin anlaşılmasını sağlar (Ofosua ve diğ., 2014). CBS, daha önceki birçok yeraltı suyu çalışmasında etkili bir şekilde kullanılmış ve son derece başarılı sonuçların ortaya çıkmasına katkıda bulunmuştur (Shalini ve diğ., 2012).

Ahmedi ve Sedghamiz (2007), İran'nın güneyindeki Fars eyaletinin güneydoğusundaki Darab ovasında 39 kuyuda 12 yıl boyunca jeoistatistiksel yöntemler ile yeraltı suyu seviyesindeki mekânsal ve zamansal analiz verilerini kullanarak yer altı su seviyesi (YSS) takibi yapmışlardır. Ayrıca Zhang ve ark. (2009) jeoistatistiksel yöntemlerle yeraltı derinliklerinde zamansal ve mekânsal değişimleri incelemek için bir kurak ve yarı kurak bölgede 51 kuyuda 6 yıl boyunca kaydedilen yeraltı verilerini kullanılmıştır.

Hudak (2001) ve Hudak and Sanmanee (2003), Texas yeraltı suyu kalitesi hakkında çeşitli çalışmalar yapmıştır. Vinten and Dunn (2001) kuyu suyu kalitesinin zamanla değişiminde arazi kullanımının etkisini araştırmışlardır.

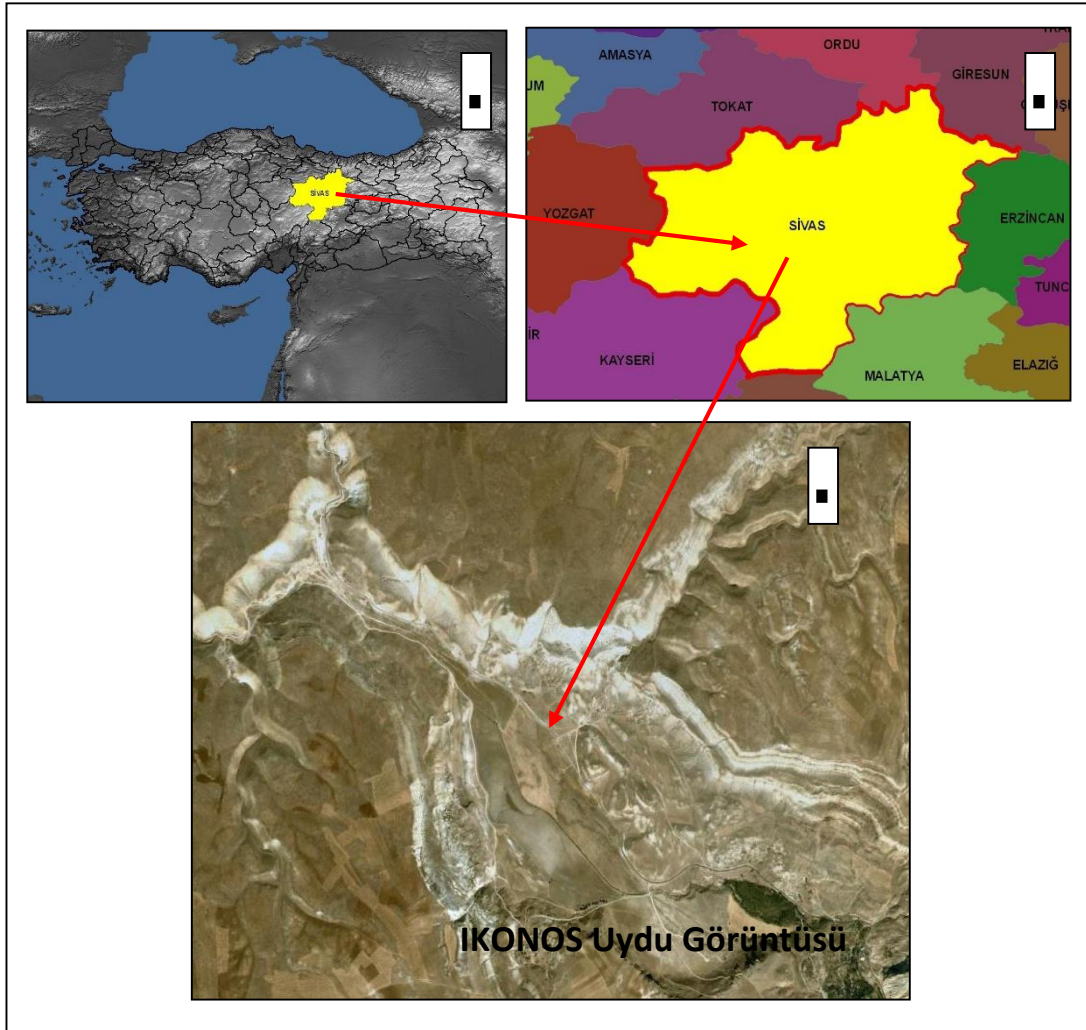
Ayrıca Hamad (2009), Libya'nın kuzeydoğusundaki Al Jabal al Akhdar bölgesinin güneyindeki 95 kuyuda CBS kullanarak jeoistatistiksel analiz ile yeraltı suyu seviyelerini araştırmıştır. Başka bir çalışmada Adhikary ve diğ. (2011), CBS ile entegreli basit kriging jeoistatistiksel yöntemleri kullanarak, elektriksel iletkenliği (EC) içeren bazı yeraltı suyu kalitesi parametrelerinin tematik haritalamasını yapmıştır (Karataş ve diğ., 2013). Nas ve Berktaş (2010), Konya kenti yeraltı suyu kalite parametrelerinin mekânsal dağılımını CBS ve jeoistatistik teknikler ile gerçekleştirmişlerdir.

Bu çalışmada, Sivas kenti içme suyu ihtiyacının sağlandığı Tavra vadisi su havzasında bulunan kuyularda 4 yıl süreyle yağışlı ve kurak dönemlerde statik ve dinamik seviye ölçümleri yapılmıştır. Çalışma sırasında elde edilen veriler kullanılarak bölgenin yeraltı su seviyesi (YSS) haritaları çıkarılmıştır. Bu çalışma, kentin su kaynaklarının planlanması ve stratejisi için bir kaynak oluşturacaktır. Yeraltı suyu

kalite analizi ve CBS merkezli haritalama, yeraltı suyu planlama stratejisinin önemli bileşenleridir (Adhikary ve diğ., 2011).

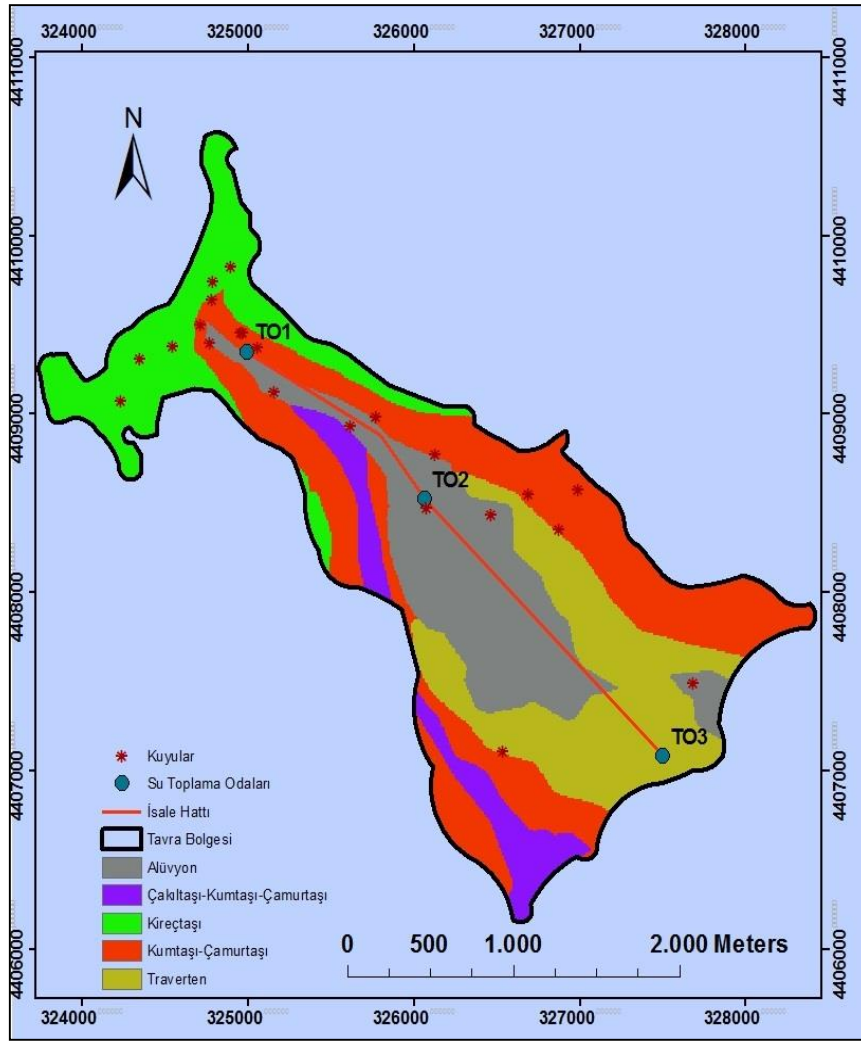
## 2. Çalışma Alanı

Tavra vadisi, Sivas yerleşim alanının 7 km kuzeyinde 1/25.000 ölçekli Sivas i37 ve i38 paftalarında yer alır. Tavra Havzası 85 km<sup>2</sup>'lik yağış alanına sahiptir (Kacaroglu ve Şahin, 1994). Tavra vadisi su havzası lokasyon haritası Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası

Sivas kenti içme ve kullanma suyu ihtiyacının tamamını Nisan-2007 tarihine kadar Tavra vadisi mevkiinde bulunan 27 adet derin kuyudan karşılamaktaydı. 2007 yılında 4 Eylül Barajının devreye girmesiyle beraber kent içme suyu ihtiyacının yaklaşık yarısı barajdan yarısı ise kuyulardan sağlanmaya başladı. Günümüzde Tavra Vadisi su havzasında; sondaj kuyu suları 400 – 550 lt/sn'lik debiyle, kentin yaklaşık % 49' luk kısmının içme ve kullanma suyu kaynağını oluşturmaktadır. Havzada açılan kuyular genellikle 10 m kalınlığındaki bol killi-kumlu alüvyonları kesmekte, daha sonra rezervuar durumundaki konglomera, kumtaşı ve bol kırıklı kireçtaşlarından oluşan birimlere geçmektedir (Şekil 2). Alüvyonlardaki killi kesimlerin yoğunlaştığı düzeyler havzayı kısmen örterken geçirimsizliği azaltmaktadır. Killi-kumlu kesimlerin yoğun olduğu kesimler ise yer altına süzülen suların kısmen temizlenmesine neden olmaktadır.



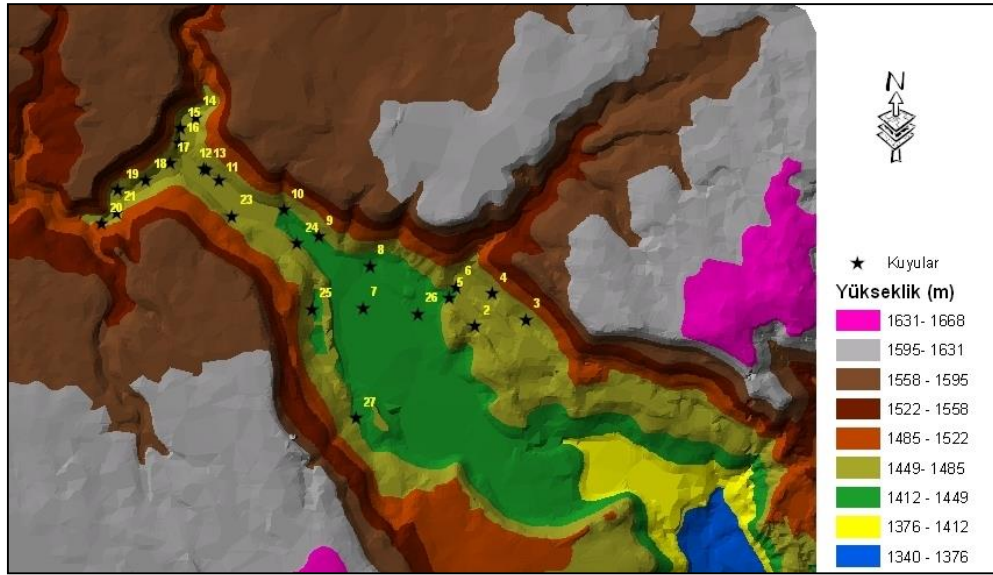
Şekil 2. Çalışma alanı jeoloji haritası

### 3. Materyal ve Yöntem

Tavra Bölgesi içme suyu havzasına ait yeraltı suyu durumunun tespit edilmesi amacıyla yer altı su seviye haritalarını oluşturmak için; bölgede bulunan ve aktif olarak kullanılabilir durumda olan 22 adet kuyuya ait veriler kullanılmıştır. Oluşturulacak olan bu haritaların projeksiyon ve datum ayarlamaları için; çalışma alanına ait 1/25.000 ölçekli UTM koordinat sistemli (ED 1950, UTM37N) sayısal yükseklik modeli referans alınmıştır. Havza içerisinde yer alan kuyuların dağılımı Şekil 3'de gösterilmiştir. 2007-2010 yılları arasındaki yağışlı (Mayıs) ve kurak (Eylül) dönemlerdeki çalışma alanına ait yer altı su seviye haritalarının dağılım haritalarının oluşturulması sırasında, her bir kuyunun koordinat ve kot bilgisinin belirlenmesi için Total Station cihazı, kuyulara ait statik su seviyelerinin ölçülmesi için de yer altı su seviye ölçüm cihazı (kuyumetre) kullanılmıştır.

Arazi çalışmalarından elde edilen her bir kuyuya ait koordinat, kot ve statik su seviye (SS) verilerinin CBS ortamında işlenmesi, analiz edilebilmesi, görüntülenebilmesi ve haritalandırılması için ArcGIS 9.3.1 yazılımı kullanılmıştır. Öncelikli olarak, tüm kuyulara ait koordinat, kot ve SS verileri CBS ortamına öznitelik bilgisi olarak girilmiştir. Daha sonra; her bir kuyunun kot değerinden statik su seviye değeri çıkarılarak her bir kuyuya ait yer altı su seviye (YSS) kot verisi elde edilmiştir. Tüm kuyulara ait statik su seviye ve yer altı su seviye kot verileri kullanılarak ArcGIS 9.3.1 programının Spatial Analyst (IDW) modülü yardımıyla çalışma alanına ait statik su seviye ve yer altı su seviye haritaları elde edilmiştir. Çalışma alanında yer alan içme suyu kuyularının dağılımı Şekil 3'de görülmektedir.





Şekil 3. Çalışma alanındaki sondaj kuyularının dağılışı

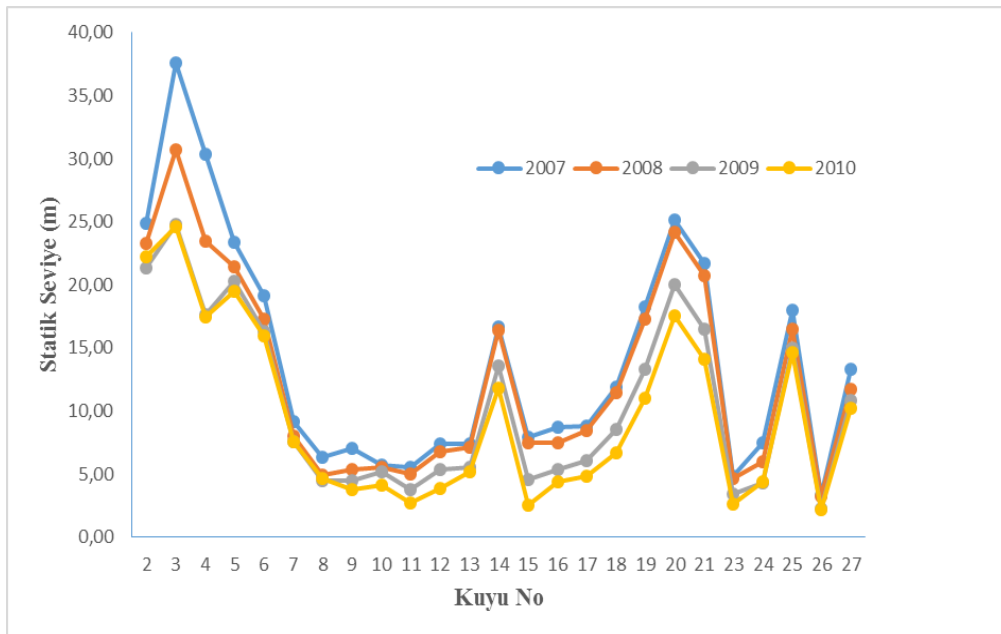
#### 4. Sonuçlar ve Tartışma

##### 4.1 Yeraltı Su Seviye Dağılım Haritaları

Yağışlı ve kurak dönemde yapılan çalışmalar sonucu elde edilen içme suyu kuyularına ait yağışlı ve kurak dönemdeki SS ve YSS dağılım haritaları Şekil 5-6-8-9'da gösterilmiştir.

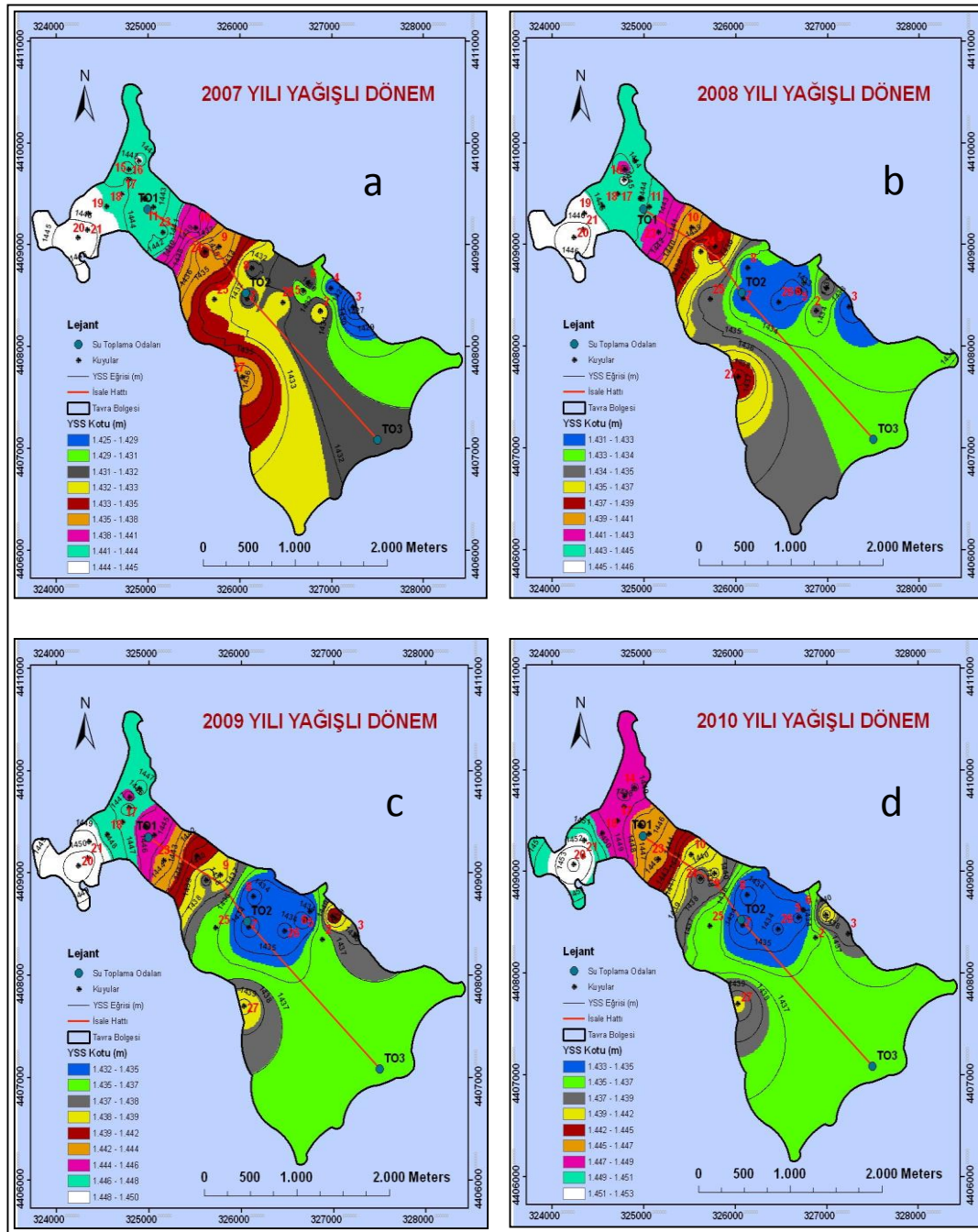
##### Yağışlı Dönem Statik Seviyeleri

Kuyulara ait yağışlı dönem statik seviye değişimleri Şekil 4'de görülmektedir. 2007 yılı yağışlı dönem için oluşturulan SS haritası (Şekil 5a) incelendiğinde; SS değerlerinin 3,35-37,59 m aralığında olduğu görülmektedir. Çalışma alanındaki SS değerlerinin yüzeye en yakın olduğu bölge (3,35-11,81 m) 1 nolu su toplama odası (TO1) ile 2 nolu su toplama odası (TO2) arasındaki bölgedir. Genel olarak; çalışma alanının güneydoğusundan kuzeybatının iç kesimlerine doğru SS değerleri düşmekte iken çalışma alanının kuzeybatısının uç kısımlarında ise SS değerleri artış göstermektedir.



Şekil 4: Yıllara göre yağışlı dönem statik su seviye değişim grafiği

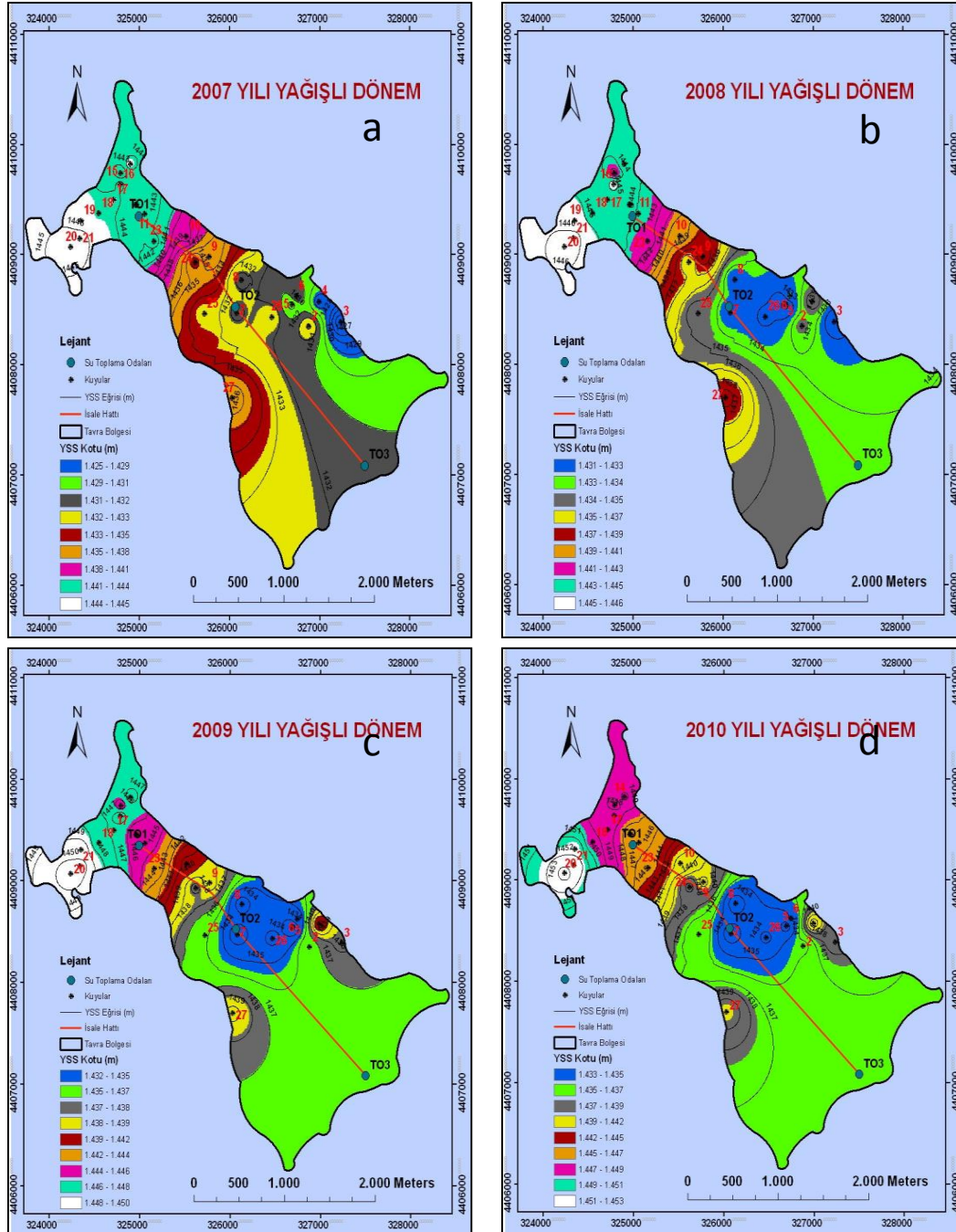
2008, 2009 ve 2010 yılları yağışlı dönem için SS değerleri sırasıyla 3,20-30,74 m, 2,25-24,79 m ve 2,20-24,59 m aralığında değişmektedir. 2007 yılına benzer bir şekilde 2008, 2009 ve 2010 yılları için SS değerlerinin yüzeye en yakın bölgenin, TO1 ile TO2 arasındaki bölge olduğu görülmektedir. 2007 yılındaki SS'nin en derin olduğu aralık 31,42-37,59 m iken 2008, 2009 ve 2010 yılındaki bu aralık sırasıyla 25,34-30,74 m, 20,20-24,79 m ve 19,59-24,59 m aralığında değişmektedir. Bu değerlere göre; 2007-2008 yılları arasındaki yeraltı su seviyesindeki artış miktarı yaklaşık olarak 7 m, 2008-2009 yılları arasındaki yeraltı su seviyesindeki artış miktarı yaklaşık olarak 6 m ve 2009-2010 yılları arasındaki yeraltı su seviyesindeki artış miktarı da yaklaşık olarak 0,5 m olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak; 2007-2010 yılları arasındaki yağışlı dönem ölçümleri dikkate alındığında yeraltı su seviyesi yaklaşık olarak 13 m artış göstermiştir. Her 4 yıl için SS değerlerinin paralel bir yersel dağılıma ve artışa sahip olduğu belirlenmiştir. Tavra bölgesinin yağışlı dönem verilerine ait statik seviye ve yeraltı su seviyesi haritaları Şekil 5 ve Şekil 6 da görülmektedir.



Şekil 5: 2007-2010 Yılları Arasındaki Tavra Bölgesi Yağışlı Dönem SS Haritası

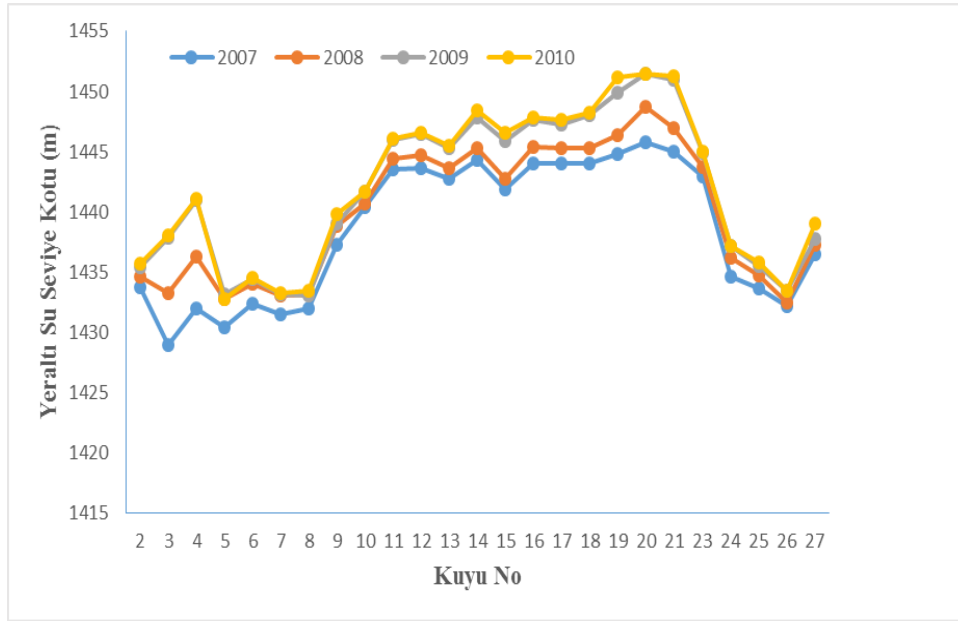
### ***Kurak Dönem Statik Seviyeleri***

Kuyulara ait kurak dönem statik seviye değişimleri Şekil 7'de görülmektedir. 2007 yılı kurak dönem SS değerlerinin 3,80-34,04 m aralığında değiştiği görülmektedir (Şekil 8a). Çalışma alanındaki SS değerlerinin yüzeye en yakın olduğu bölge (3,80-11,63 m) TO1 ile TO2 arasındaki bölgedir.



Şekil 6. 2007-2010 Yılları Arasındaki Tavra Bölgesi Yağışlı Dönem YSS Haritası





Şekil 7. Yıllara göre yağışlı dönem statik su seviye değişim grafiği

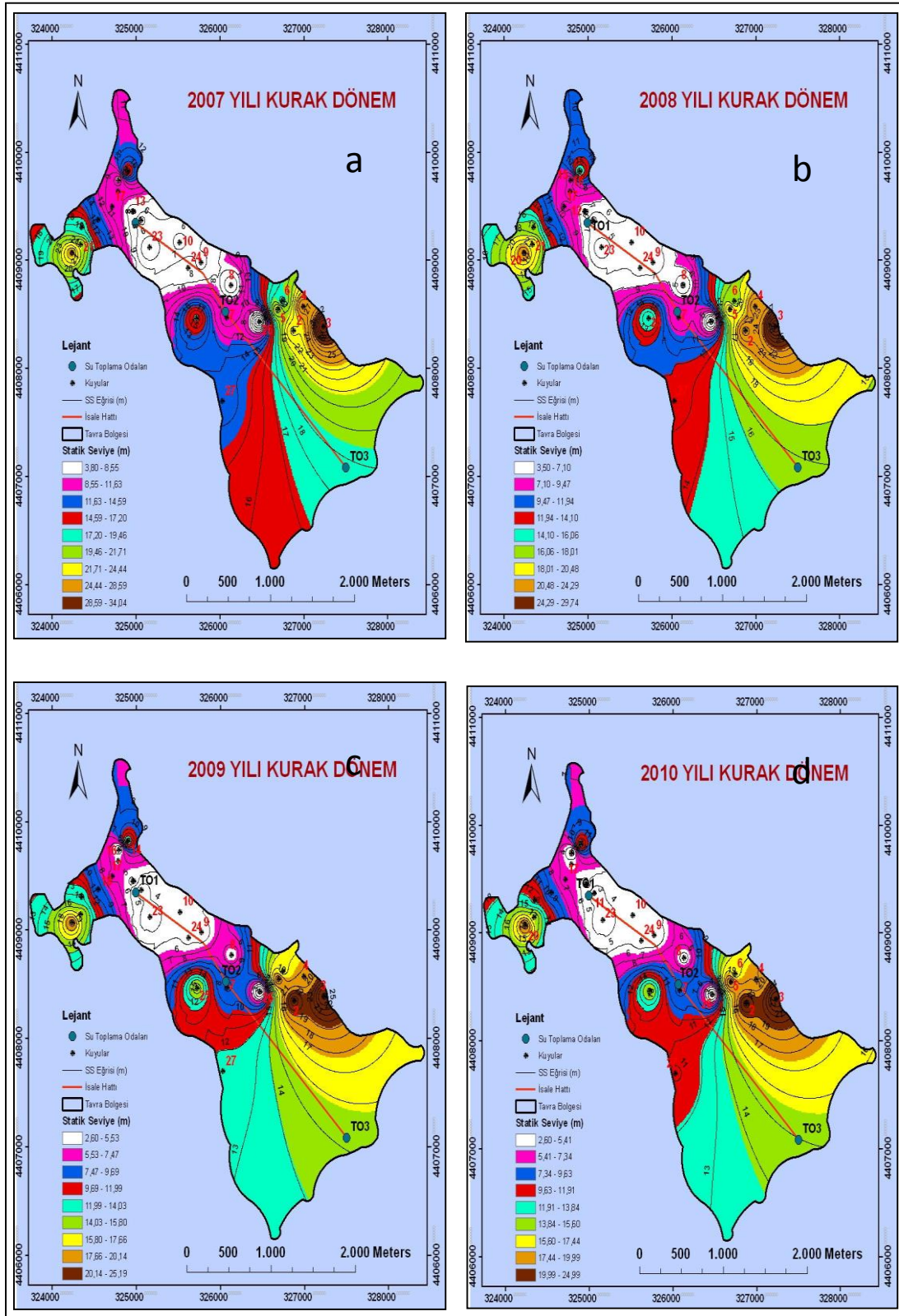
2008, 2009 ve 2010 yılları kurak dönem için SS değerleri sırasıyla 3,50-29,74 m, 2,60-25,19 m ve 2,60-24,99 m aralığında değişmektedir. 2007 yılına benzer bir şekilde 2008, 2009 ve 2010 yılları için SS değerlerinin yüze en yakın bölgenin, TO1 ile TO2 arasındaki bölge olduğu görülmektedir. 2007 yılındaki SS'nin en derin olduğu aralık 28,59-34,04 m iken 2008, 2009 ve 2010 yılındaki bu aralık sırasıyla 24,29-29,74 m, 20,14-25,19 m ve 19,99-24,99 m aralığında değişmektedir. Bu değerlere göre; 2007-2008 yılları arasındaki yeraltı su seviyesindeki artış miktarı yaklaşık olarak 4,5 m, 2008-2009 yılları arasındaki yeraltı su seviyesindeki artış miktarı yaklaşık olarak 4,5 m ve 2009-2010 yılları arasındaki yeraltı su seviyesindeki artış miktarı da yaklaşık olarak 0,5 m olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak; 2007-2010 yılları arasındaki kurak dönem ölçümleri dikkate alındığında yeraltı su seviyesi yaklaşık olarak 9,5 m artış göstermiştir. Her 4 yıl için SS değerlerinin paralel bir yersel dağılıma ve artışa sahip olduğu belirlenmiştir. Genel olarak; yağışlı ve kurak dönem ölçümleri dikkate alındığında çalışma alanının güneydoğusundan kuzeybatının iç kesimlerine doğru SS değerleri düşmekte iken çalışma alanının kuzeybatısının uç kısımlarında ise SS değerleri artış göstermektedir. Tavra bölgesinin kurak dönem verilerine ait statik seviye ve yeraltı su seviyesi haritaları Şekil 8 ve Şekil 9'da görülmektedir.

## 5. Sonuçlar

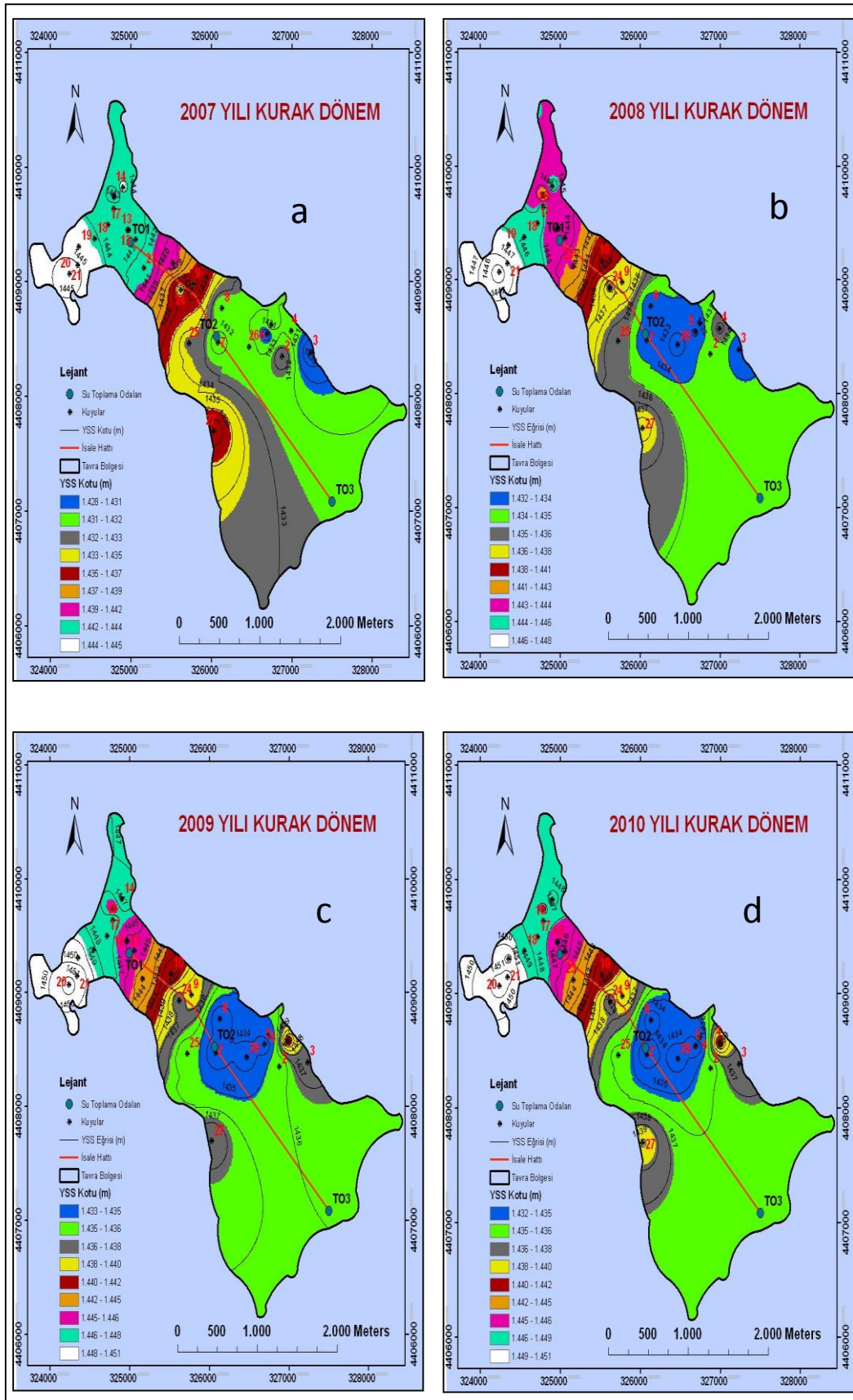
Tavra Vadisi su havzasında İller Bankası ve DSİ tarafından açılmış olan içme suyu kuyuları, Sivas kentinin içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamak için uzun bir zamandır kullanılmıştır. 2007 yılına kadar olan sürede havzada çalışan kuyu sayısı 25-30 adet arasında iken, 2007 yılında 4 Eylül Barajı'nın devreye girmesiyle beraber çalışan kuyu sayısı debiye bağlı olarak 5-10 adete kadar düşmüştür. Böylece yeraltı suyu tüketimi azalmış ve Sivas kentinin % 50'si yüzey suyu kullanmaya başlamıştır. Yeraltı suyu çekimi azaldığından dolayı da yıllar itibariyle çalışan kuyu sayısına bağlı olarak da seviyelerde yükselme gözlenmiştir.

Yapılan çalışma sonuçları değerlendirildiğinde; 2007-2010 yılları arasındaki yağışlı dönem ölçümlerine göre yeraltı su seviyesi yaklaşık olarak 13 m artış göstermiştir. Her 4 yıl için SS değerlerinin paralel bir yersel dağılıma ve artışa sahip olduğu belirlenmiştir. 2007-2010 yılları arasındaki kurak dönem ölçümleri dikkate alındığında yeraltı su seviyesi yaklaşık olarak 9 m artış göstermiştir. Her 4 yıl için SS değerlerinin paralel bir yersel dağılıma ve artışa sahip olduğu belirlenmiştir. Genel olarak; yağışlı ve kurak dönem ölçümleri dikkate alındığında çalışma alanının güneydoğusundan kuzeybatının iç kesimlerine doğru SS değerleri düşmekte iken çalışma alanının kuzeybatısının uç kısımlarında ise SS değerleri artış göstermektedir.





Şekil 8. 2007-2010 Yılları Arasındaki Tavra Bölgesi Kurak Dönem SS Haritası



Şekil 9. 2007-2010 Yılları Arasındaki Tavra Bölgesi Kurak Dönem YSS Haritası

### Kaynaklar

Adhikary, PP., Dash ChJ, Chandrasekharan, H., Rajput, TBS., Dubey, SK. 2011. Evaluation of groundwater quality for irrigation and drinking using GIS and geostatistics in a peri-urban area of Delhi, India. *Arabian Journal of Geosciences* 5: 1423-1434. doi:10.1007/s12517-011-0330-7.

Ahmadi, SH., Sedghamiz A. 2007. Geostatistical analysis of spatial and temporal variations of groundwater level. *Environmental Monitoring and Assessment* 129: 277-294.

Bennett, 2000. A.J., Environmental consequences of increasing production: some current perspectives. *Agric. Ecosys. Environ.* 82 (2000), pp. 89-95.

Camgöz B, Sac MM, Bolea M, Özden F, Oruç ÖE, Demirel N. 2010. Termal Suların Radyoaktivite ve Kimyasal İçeriklerinin İncelenmesi; İzmir, Seferihisar Bölgesi Örneği. *Ekoloji* 19 (76): 78-87.

Charbeneau, R. J. 2000, *Groundwater hydraulics and pollutant transport*. Prentice Hall. New Jersey, USA,

Corwin D. L. and R. J. Wagenet 1996, *Applications of GIS to the Modeling of NonPoint Source in the Vadose Zone: A Conference Overview*, Reprinted from the *Journal of Environmental Quality* Volume 25, no. 3, May-June 1996, Copyright © 1996, ASA CSSA, SSSA 677 South Segoe Rd., Madison, WI 53711 USA.

Elçi, A. 2009. Yeraltı Suyu Kalite Verisi İle Optimize Edilmiş Yeraltı Suyu Kirlenbilirlik Haritalarının Oluşturulması: Tahtalı Havzası Örneği. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2009, 2-6 Kasım 2009, İzmir*

Elçi, A., Karadaş, D. ve O. Gündüz, 2009. Havza koruma alanlarının yeraltı suyu kirlenmelerinin taşınımı bakımından değerlendirilmesi. *Su Kaynakları Dergisi*, cilt:1, sayı:2, sf.69-81.

Hamad, S. 2009. Geostatistical analysis of groundwater levels in the south Al Jabal Akhdar area using GIS. In: Tu Ostrava VSB (ed). *Proceedings of 16 th International GIS Conference, 25-28 January 2009, Ostrava*.

[http://gis.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova\\_2009/sbornik/Lists/Papers/005.pdf](http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2009/sbornik/Lists/Papers/005.pdf)

Hudak, P. F. (2001). Water hardness and sodium trends in Texas aquifers. *Environmental Monitoring and Assessment*, 68, 177-185.

Hudak, P. F., & Sanmanee, S. (2003). Spatial patterns of nitrate, chloride, sulfate, and fluoride concentrations in the woodbine aquifer of North-Central Texas. *Environmental Monitoring and Assessment*, 82, 311-320

İçağa, Y., Yurtcu, Ş., Ulutürk, Y. 2007. Yeraltı Suyu Seviye Değişiminin Stokastik Modellemesi: Akarçay Afyon Alt Havzası Örneği, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11-2, ss.180-186, Isparta.

İleri, B., Gündüz, O., Elçi, A., Şimşek, C., Alpaslan, M.N. 2007. Tahtalı Havzası Yeraltı Suyu Kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Değerlendirilmesi, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Yaşam Çevre Teknoloji Bildiriler Kitabı, 24-27 Ekim 2007. ss.880-888. İzmir.

Kacaroglu, F., Sahin, M., 1994, *Tavra Vadisinin (Sivas Kuzeyi) Hidrojeolojisi ve Yeraltı Suyu Kalitesi: Geosound*, Cukurova Univ. Yayını, sayı 24, 117-133 s. Adana

Karataş, BS., Camoğlu, G., Olgen, MK. 2013. Spatio-Temporal Trend Analysis of the Depth and Salinity of the Groundwater, Using Geostatistics Integrated with GIS, of the Menemen Irrigation System, Western Turkey, *Ekoloji* 22, 86, ss. 36-47.

Nas, B. and Berktaş, A. (2010). Groundwater quality mapping in urban groundwater using GIS. *Environ Monit Assess.* 160:215-227.

Ofosua, B., Akayulib, C.F.A., Nyakoc, S.O., Opunid, K.O., Mensahe, F. A. (2014). GIS based Groundwater Level Mapping in Ashanti Region of Ghana, *International Journal of Sciences: Basic and*

Applied Research (IJSBAR), Volume 13, No 2, pp 129-139.

Öztürk, M., Çelik, R. 2008. Diyarbakır Ovasının Yeraltı Su Seviye Haritalarının Coğrafik Bilgi Sistemi (CBS) İle Tespiti, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı, 20-22 Mart 2008, ss.125-135. Ankara.

Plummer C.C., Carlson D.H., McGeary D. 2007. Physical Geology. Eleventh Edition. McGraw Hill, 617, Buston.

Shalini, A.T., Pandey A.C. and Nathawat M.S. (2012), Groundwater Level and Rainfall Variability Trend Analysis using GIS in parts of Jharkhand state (India) for Sustainable Management of Water Resources, International Research Journal of Environment Sciences, Vol. 1(4), 24-31.

Şimşek. C., Demirkıran, Z., Çetiner, L., Gündüz, O., Öcal G. 2009. Kemalpaşa Ovasının Üç Boyutlu İnteraktif Hidrojeolojik Modeli, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik dergisi, Cilt: 11 sayı: 31. ss.10-21 İzmir.

Vinten, A. J. A., & Dunn, S. M. (2001). Assessing the effects of land use on temporal change in well water quality in a designated nitrate vulnerable zone. The Science of the Total Environment, 265, 253–268.

Yıldız, S., Değirmenci, M. (2011), Sivas 4 Eylül Barajı ve Kollarındaki Su Kalitesinin İncelenmesi, 9 Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, cilt 13, No:2. ss.37-46. İzmir.

Zhang H, Wang G, Shanzhen Y, Jiang Q (2009) Geostatistical analysis of spatial and temporal variations of groundwater depth in Shule River. In: Qiu R, Zhao E (eds.), Proceedings of the 2009 WASE International Conference on Information Engineering, 10-11 July 2009, Taiyuan, 2: 453-457.

**Sayiter YILDIZ.** Dr Lecturer at the Department of Environmental Engineering, Cumhuriyet University, Sivas. His research interests include waste sludge, waste water treatment and sorption.

**Can Bülent KARAKUŞ.** Dr Lecturer at the Department of City and Regional Planning, Cumhuriyet University, Sivas. His research interests include GIS, water pollution.