U. Ü. ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ, 2016, Cilt 30, Sayı 1, 33-46
(Journal of Agricultural Faculty of Uludag University)

Kırıkhan Sulama Birliği Alanında Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanılarak Haritalanan Taban Suyu Gözlemlerinin Değerlendirilmesi

Mehmet GENÇOĞLU[1], Kenan UÇAN[2*]

[1]KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği ABD, Kahramanmaraş
[2]KSÜ, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş
**e-posta: ucan@ksu.edu.tr*

Geliş Tarihi: 16.02.2016; Kabul Tarihi: 17.05.2016

Öz: Taban suyunun bitki kök bölgesinde yükselmesi, verimin azalmasına, tuzluluk ve sodyumluluk gibi problemlerin ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu durum tarımsal üretimi olumsuz yönde etkiler. Sulama amacıyla yapılan yatırımlardan beklenen yararın sağlanabilmesi için, taban suyunun sürekli izlenmesi ve projelerde öngörülen düzeylerde tutulması gerekmektedir. Bu çalışmada Hatay Kırıkhan Sulama Alanında Küresel Konum Belirleme Sistemi (GPS) ile koordinatları belirlenen noktalardan 2013 yılında Mayıs, Temmuz ve Eylül aylarında taban suyu gözlemleri yapılmıştır. Taban suyu tuzluluk seviyesini belirlemek için de su örnekleri alınmıştır. Gözlemler bilgisayar ortamında bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı olan Netcad 5.1 kullanılarak işlenmiş ve her bir dönem için taban suyu eş yükseklik, taban suyu eş derinlik ve taban suyu tuzluluk haritaları elde edilerek gerekli değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışma alanında sulamanın yoğun olduğu Temmuz ayında taban suyu derinliğinin net sulama alanının %1.92'sinde 0-0.5 m, %17.68'inde 0.5-1 m ve %24.75'inde 1-1.5 m derinlikte olduğu belirlenmiştir. Deneme alanın tamamında taban suyu tuzluluğunun 2 dSm^{-1} den düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kırıkhan sulaması, yeraltı suyu seviyesi, yeraltı suyu tuzluluğu, küresel konum belirleme sistemi (GPS), coğrafi bilgi sistemi (CBS).

Evaluation of Ground Water Observations Mapped by Using Geografik Information Systems (GIS) in the Kırıkhan Irrigation Area

Abstract: Rising ground water tables into the plant root zone of plants can cause some problems such as reduction in yield, salinity and sodium. This situation negatively affects agricultural production. The level of ground water should be constantly monitored and kept at the desired level in the project to achieve the expected benefits from investments made for irrigation. In this study, ground water observations were conducted at points identified coordinates by Global Positioning System (GPS) on the Hatay Kırıkhan Irrigation Area in May, July and September 2013. The water samples were also taken to determine the ground water salinity levels. The observations were processed by using Netcad

5.1 software program in Geographical Information System and the ground water contour maps, depth-to-ground water maps and ground water salinity maps have been prepared and evaluated for each observation periods. The ground water depths were determined to be 0-0.5 m, 0.5-1.0 m and 1.0-1.5 m respectively in 1.92's%, 17.68% and 24.75% of the total irrigated area in July of intensive irrigation in the study area. The groundwater salinity was observed to be less than 2 dSm^{-1} at the experimental area.

Key Words: Kırıkhan irrigation, groundwater levels, groundwater salinity, global positioning system (GPS), geographic information system (GIS).

Giriş

Dünyada ve ülkemizde gelecekte artacak olan gıda ihtiyacının karşılanabilmesinde, sulu tarım alanları en önemli rolü oynayacaktır. Ancak sulu tarımda uygulamada birçok sorunla karşılaşılmaktadır. Sulamaya açılan alanlarda, bir süre sonra drenaj ile ilgili problemlerin ortaya çıktığı ve dolayısıyla sulamadan istenilen faydaların sağlanamadığı bilinmektedir. Bunun en önemli nedeni, aşırı ve kontrolsüz yapılan sulamalar sonucunda taban suyunda meydana gelen yükselmelerdir (Kaman ve ark., 2010). Yüksek taban suyu temel iki önemli soruna yol açmaktadır. Birincisi, taban suyunun kapilarite ile üst katmanlara yükselerek buharlaşması sonucunda içeriğindeki tuzları bitki kök bölgesinde bırakarak toprakların tuzlulaşmasına ve bitkilerin bundan olumsuz etkilenmesine neden olmasıdır. İkincisi ise, özellikle drenajı bozuk alanlarda taban suyunun etkili bitki kök bölgesi derinliğine kadar yükselmesi ve buradaki hava-su dengesini hava aleyhine bozmasıdır. Toprakta gözeneklerin suyla dolması sonucunda ise, nemli ve serin toprak koşulları oluşmakta, bunun sonucunda ise ekim ve hasat işlemleri gecikmekte; kök hücrelerinin bölünerek çoğalması yavaşlamakta ve böylece kök gelişimi istenilen düzeye ulaşamamaktadır. Ayrıca, organik maddeleri parçalayıp bitkilerin alabileceği şekle dönüştüren toprak mikroorganizmalarının faaliyetleri yavaşlamakta ve toprakta bitki besin maddelerinin alınmasını engelleyen zararlı bileşikler oluşmaktadır (Güngör ve ark., 2012).

Taban suyunun neden olduğu sorunları önlemek için, taban suyu derinliği ve bu derinliğin zaman içindeki değişimi izlenmeli ve elde edilen sonuçlara göre önlemlerin alınması gerekmektedir. Taban suyu seviyesinin izlenmesi sulanan alanlarda sürekli yapılması gereklidir ve projede öngörülen düzeylerde tutulmalıdır. Ayrıca yapılan bu gözlemler drenaj tesislerinin işlevlerini tam olarak yapıp yapmadığının ve mevcut tesislere ek olarak yeni tesislerin yapılmasına gereksinim olup olmadığının belirlenmesi kararının alınması için gereklidir. Taban suyu izleme ve kalitesinin değerlendirilmesi çalışmaları mevcut topraklarımızın korunması ve tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir (Kara ve Arslan, 2004; Gündoğdu ve ark., 1998).

Ülkemizde taban suyu gözlemi açısından çeşitli bölgelerde, özellikle sulama yapılan ovalarda , birçok çalışma yürütülmüştür (Demirören ve Köse, 1980; Çetin ve Özcan, 1999; Cemek ve ark., 2006)

Tüm alanlarda olduğu gibi tarımsal üretim aşamasında; üretimi olumsuz etkileyen unsurların incelenmesi ve gerekli olan tedbirlerin alınması, bilgilerin en hızlı ve etkin biçimde değerlendirilip sorunların çözülmesi gerekmektedir. Günümüzde bilgi teknolojileri çok farklı alanlarda, farklı meslek gruplarında, farklı amaçlarla insanlara yoğun bir şekilde hizmet etmektedir. Bu bilgi teknolojilerinden Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ekonomik,

politik, sosyal ve kültürel, mühendislik gibi birçok alanda kaynakların yönetimi ve birbirleri ile entegrasyonunun yapılmasındaki karmaşık analizlerin hızlı ve verimli gerçekleştirilmesinde önemli bir yere sahiptir. (Yomralıoğlu, 2000).

Türkiye'de Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından sulamaya açılan alanlarda taban suyu gözlemleri rutin olarak her yıl yürütülmektedir. Bu gözlemlere dayalı olarak taban suyu seviyesinin ve su kalitesinin değişimi izlenmekte ve proje alanında drenaj sistemlerinin çalışma etkinliği hakkında fikir edinilmekte, gerektiğinde de belirlenen aksaklıklar giderilmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmada Hatay İli Kırıkhan İlçesi Kırıkhan Sulama Birliği sulama alanında yapılan taban suyu gözlemlerinden yararlanılarak taban suyu eş yükseklik, eş derinlik ve tuzlukluk haritaları oluşturulmuştur.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Alanı ve Özellikleri

Bu çalışma Doğu Akdeniz Bölgesinde bulunan Hatay İli Kırıkhan İlçesinde yer alan alan ve 11 köyü (Aktutan, Alaybeyli, Güzelce, Ilıkpınar, Karaçağıl, Karadurmuşlu, Karamağara, Karmankaşı, Kodallı, Mahmutlu ve Reşatlı) kapsayan Kırıkhan Sulama Birliği sulama alanında yürütülmüştür. Amik Ovasının kuzey doğusunda bulunan sulama alanı 4170 ha büyüklüğe sahip olup sulama suyu ihtiyacını Karasu Çayı üzerinde bulunan Kamışlar Regülatöründen sağlamaktadır. Alan 36° 25' - 36° 21' Doğu Boylamları ile 36° 36' - 36° 27' Kuzey Enlemleri arasında olup denizden ortalama yüksekliği 100 m (Kuzeyden güneye doğru 147-85 m)'dir.

Sulama alanı toprak yapısı genelde killi ve köken itibari ile kolluviyal oluşum gösteren ova topraklarından oluşmaktadır. Toprak rengi yaygın olarak kahverengi olmasına rağmen taban suyu seviyesinin yüksek olduğu yerlerde gri veya mavimsi gri renktedir. Genellikle derin profilli topraklar bulunmasına rağmen özellikle sulama alanında yer yer az miktarda ve toplu halde sığ profilli topraklı alanlara rastlanmaktadır. Sulama alanında ağır bünyeli topraklar %68,3, orta bünyeli topraklar %19,2 ve hafif bünyeli topraklar ise %3,8 oranındadır. Sulama alanında tuzluluk ve alkalilik problemi bulunmamaktadır. Organik maddeler yeterli düzeydedir. Toprakların geçirgenliği oldukça iyidir.

Sulama alanı topoğrafyası %2-5 arasında eğime sahiptir. Eğim nedeni ile sulanamayacak olan alan nerde ise yok denecek kadar azdır. Yüzeysel tesviye gerekmektedir. Genel eğim kuzey güney yönlüdür. Ovada bazı alanlarda eğim %0,5'e kadar düşmekte olup buda drenej sorununa sebep olmaktadır.

Sulama alanı tipik Akdeniz iklimi karakterine sahiptir. Kışlar yağışlı ve ılık yazlar sıcak ve kurak geçmektedir. Sırasıyla yıllık ve uzun yıllık yağış miktarı 1162.7-1120.7 mm, ortalama sıcaklık 18.6-18.3 °C, en yüksek sıcaklık 27.0-27.8 °C, en düşük sıcaklık 7.1-8.3 °C'dir (Tablo 1). Sulama alanı deniz kıyısında yaklaşık 15-20 km içerde kalmakta olup deniz ile arasında Güney Doğu Toros Dağlarının başlangıcı olan Amanos Dağları bulunmasına rağmen aldığı yağış miktarı taban suyu seviyesini etkilemektedir.

Tablo 1. Sulama alanına ait bazı iklim verileri

Aylar	Sıcaklık (°C)		Nem (%)		Toplam Yağış (mm)	
	2013	Uzun Yıllar	2013	Uzun Yıllar	2013	Uzun Yıllar
Ocak	8.8	8.3	95.1	80.2	131.3	182.9
Şubat	12.0	9.8	74.5	66.4	146.7	164.8
Mart	14.3	13.2	57.0	60.0	87.5	143
Nisan	18.0	17.2	65.3	64.4	383.4	109.9
Mayıs	22.8	21.2	63.2	63.8	95.1	86.5
Haziran	25.5	24.8	60.1	61.9	0	22.4
Temmuz	26.4	27.2	57.7	60.4	0	8.2
Ağustos	27.0	27.8	59.3	60.3	0	5.1
Eylül	26.1	25.5	61.4	60.9	158.9	39.6
Ekim	18.7	20.7	48.3	51.3	47.8	67.3
Kasım	17.0	14.2	59.8	64.1	7.4	103.2
Aralık	7.1	9.6	64.8	70.2	104.6	187.8
Ortalama	18.6	18.3	63.9	63.7		
Toplam					1162.7	1120.7

Sulama alanında I. ve II. ürün olmak üzere genelde iki ürün ekimi yapılmakta olup 2013 yılında ise 5074 ha alanda üretim faaliyetleri gerçekleşmiştir (Tablo 2). Toplam sulama alanı 4170 ha olan alan II: ürünle birlikte yaklaşık %20 aratarak 5142.4 da ulaşmıştır. Bu alanın %75.5'i ise yoğun sulama gerektiren bitki yetiştiriciliği yapılmakta olup 2013 yılında saptırılan sulama suyu miktarı 64.94 hm^3 olup hektara dağıtılan yıllık sulama suyu miktarı 16651 m^3 olmuştur. Dolayısıyla 1665.1 mm ile aşırı bir su kullanımı söz konusu olmuştur.

Tablo 2. Yıllara Göre Gerçekleşen Bitki Deseni (da)

Bitki Çeşidi	Ekim Alanı (ha)	Oran (%)
Hubabat	1261.9	24.5
Bostan	134.4	2.6
1. Ürün Pamuk	1062.6	20.7
2. Ürün Pamuk	60.2	1.2
1. Ürün Mısır	468.2	9.1
2. Ürün Mısır	1240.9	24.1
Sebze	44.7	0.9
Havuç	435.5	8.5
Mevsim Dışı	434.0	8.4
Toplam	5142.4	100.0

Çalışma alanında taban suyu gözlemleri yapılan kuyular 30 adet olup bu kuyulara ait olan grid ve coğrafi koordinat değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Kuyu su seviye ölçümleri elektronik düzey ölçer ile yapılmıştır.

Tablo 3. Kuyu Yerlerinin Grid ve Coğrafi Koordinatları

Kuyu No	Grid Koordinat			Coğrafi Koordinat		
	Y	X	Z (m, Ortametrik)	Enlem	Boylam	Z (m, Elipsoidal)
1	541044.76	4052985.72	112.24	36º36'28,58" K	36º27'32,41" D	139
2	540444.74	4053253.22	113.99	36º36'37,35" K	36º27'08,32" D	139
3	539226.79	4052801.57	106.63	36º36'22,88" K	36º26'19,23" D	136
4	539119.02	4051962.88	102.81	36º35'55,69" K	36º26'14,74" D	131
5	539942.86	4051180.51	100.53	36º35'30,19" K	36º26'14,74" D	117
6	537929.54	4050232.44	96.25	36º34'59,73" K	36º25'26,58" D	120
7	536846.01	4049024.88	99.25	36º34'20,71" K	36º24'42,79" D	125
8	537659.82	4048339.13	93.17	36º33'58,35" K	36º25'15,40" D	122
9	537663.42	4046839.21	96.4	36º33'09,69" K	36º25'15,28" D	122
10	536391.38	4045988.78	97.7	36º32'42,28" K	36º24'23,99" D	118
11	537588.45	4045775.96	89.1	36º32'35,21" K	36º25'12,08" D	120
12	535786.06	4044952.3	89.68	36º32'08,74" K	36º23'59,48" D	121
13	536700.62	4044568.62	89.75	36º31'56,17" K	36º24'36,18" D	120
14	536268.14	4043992.84	91.12	36º31'37,55" K	36º24'18,70" D	121
15	535071.11	4043901.55	90.78	36º31'34,75" K	36º23'30,57 "D	117
16	535066.65	4041689.83	91.02	36º30'23,00" K	36º23'30,03" D	117
17	534461.74	4042116.75	92.15	36º30'36,93" K	36º23'05,79" D	125
18	534691.86	4042502.42	94.38	36º30'49,41" K	36º23'15,10" D	122
19	535034.49	4041202.63	91.37	36º30'07,20" K	36º23'28,66" D	122
20	535420.8	4040771.08	87.57	36º29'53,15" K	36º23'44,11" D	120
21	534582.93	4040622.86	96.47	36º29'48,45" K	36º23'10,42" D	119
22	534886.95	4039977.67	89.68	36º29'27,48" K	36º23'22,53" D	118
23	534411.15	4038936.94	91.2	36º28'53,78" K	36º23'03,25" D	116
24	534180.47	4037782.13	86.49	36º28'16,35" K	36º22'53,80" D	110
25	533320.62	4037767.46	85.15	36º28'15,98" K	36º22'19,26" D	112
26	532565.56	4038009.94	97.76	36º28'23,94" K	36º21'48,97" D	118
27	531995.01	4037787.09	94.06	36º28'16,78" K	36º21'26,02" D	135
28	532243.34	4037147.14	86.56	36º27'55,99" K	36º21'35,90" D	114
29	531421.12	4037587.34	95.82	36º28'10,37" K	36º21'02,94" D	126
30	531785.13	4036971.55	87.12	36º27'50,35" K	36º21'17,47" D	114

Kullanılan Yöntemler

Çalışma alanı olan Kırıkhan Sulama Alanına ait 1/25000 ölçekli Antakya P36-b2 ve Antakya O36-c3 numaralı topoğrafik haritalar bilgisayar ortamına aktarılarak sayısallaştırılmış ve GPS cihazına yüklenmiştir. Ridder (1994) büyüklüğü 10.000 ha olan alanlar için 100 gözlem kuyusuna ve büyüklüğü 100.000 ha olan alanlar için ise 300

gözlem kuyusuna ihtiyaç duyulacağı belirtilmiştir. Kırıkhan Sulama Birliği Alanı yaklaşık 4170 ha büyüklüğünde olup bu sınıflandırmaya göre gözlem kuyusu sayısının 13-42 arasında olması gerektiği, çalışma alanında belirlenen 30 adet kuyunun yeterli olduğu sonucuna varılmıştır. Sulama alanında koordinatları belirlenen 30 kuyuda 2013 yılı Mayıs, Temmuz ve Eylül aylarında taban suyu gözlemleri yapılmıştır. Elde edilen veriler Netcad 5.1 yazılımı kullanılarak işlenmiş ve her bir dönem için taban suyu eş yükseklik ve taban suyu eş derinlik haritaları elde edilmiştir. Ayrıca ölçülen taban suyu tuzluluk değerlerinden yararlanılarak taban suyu tuzluluk haritası da elde edilmiştir. Gözlem yapılan kuyuların kesin koordinatları (x, y, z değerleri) GPS cihazı yardımıyla belirlenmiştir. Söz konusu gözlem kuyularının sulama alanı içerisindeki dağılımları Şekil 1'de gösterilmiştir.

Çalışmada kullanılan ters uzaklık ağırlık yöntemi (IDW); temel olarak Shepard's Yöntemi olarak bilinen matematiksel fonksiyonu kullanılmıştır (Shepard 1968). Fonksiyon bilinmeyen noktanın değerini bilinen noktaların yakın olanlarına daha çok ağırlık verirken uzak olanlarına daha az ağırlık vererek bulur (Franke ve Nielson, 1980). IDW kullanarak taban suyu eş derinlik ve taban suyu eş yükseklik haritaları ile taban suyu tuzluluk haritaları hazırlanmış ve bu özelliklere ait CBS katmanları üretilmiştir.



Şekil 1. Kırıkhan sulama alanının konumu ve taban suyu gözlem kuyularının çalışma alanındaki dağılımı

Taban suyu eş derinlik ve taban suyu eş yükseklik haritaları oluşturulurken topoğrafya da bulunan detay (yol, yapılar, köprüler v.b) verileri ve doğal yapılara (şev, dere, v.b) ait koordinat değerleri belirlenmiştir. Bu değerler x, y, z grid koordinat değerleridir. Tüm

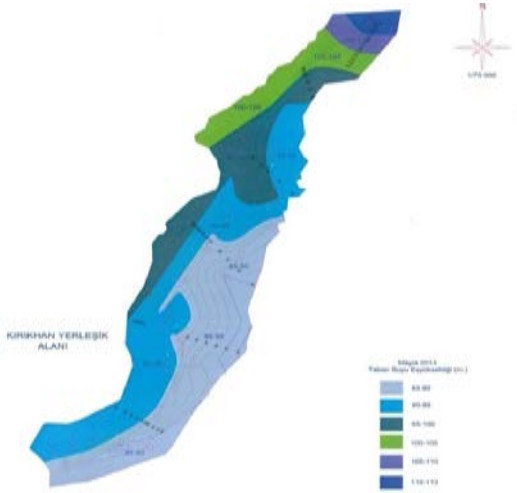
kuyular için hesaplanan x, y, z değerleri yardımı ile arazi modelini temsil eden üçgen modeller oluşturulmuştur. Bu üçgen model yardımı ile Netcad yazılımı kullanılarak üçgenlerin köşe kot değerleri ile en yakın kot değerleri göz önünde bulundurularak eş yükseklik eğrilenin çizimi yapılmıştır. Bu aşamada elde ettiğimiz eş yükseklik eğrileri ve kot değerleri kullanılarak belirlenen çalışma aralığında yazılım kullanılarak renklendirme yapılmıştır. Taban suyu eş yükseklik haritalarında taban suyu eğimi ile yüzey eğiminin aynı yönlü olduğu görülmektedir. Oluşturulan haritalar kullanılarak her bir özelliğin alansal büyüklük değeri elde edilmiştir.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

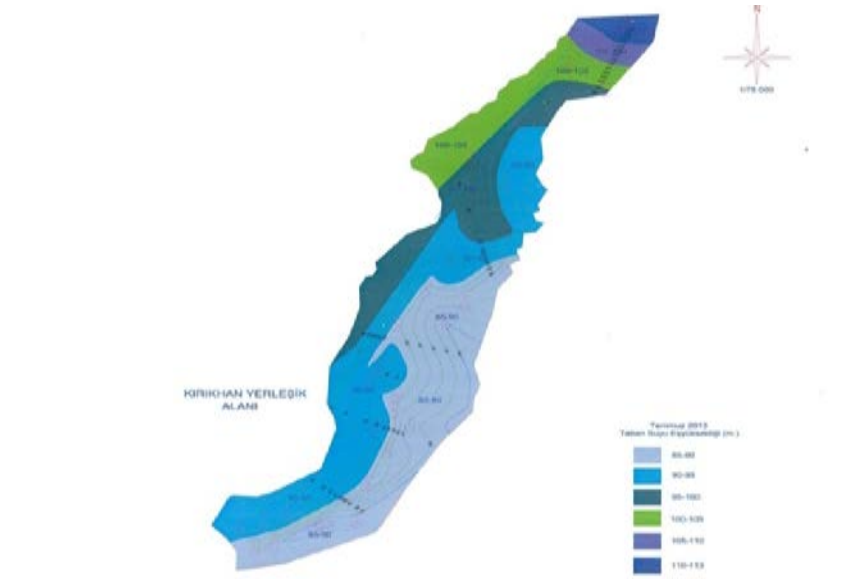
Taban Suyu Eş Yükseklik Haritaları

Taban suyu eş yükseklik haritaları yeraltı suyu araştırmalarında önemli bir değere sahiptir. Bu haritalardan, su tablası eğimi ve yeraltı suyu akış yönü belirlenmektedir. Taban suyu eş yükseklik haritaları aynı zamanda eş potansiyel çizgilerdir. Bu nedenle eş potansiyel çizgilerine dik olarak gerçekleşen akışın yönü bu haritalar yardımıyla çıkarılabilmektedir. Bunlara ek olarak incelenen alandan su kayıpları veya herhangi bir kaynaktan su kazançları ve artezyen etkileri de belirlenebilmektedir (De Ridder, 1994)

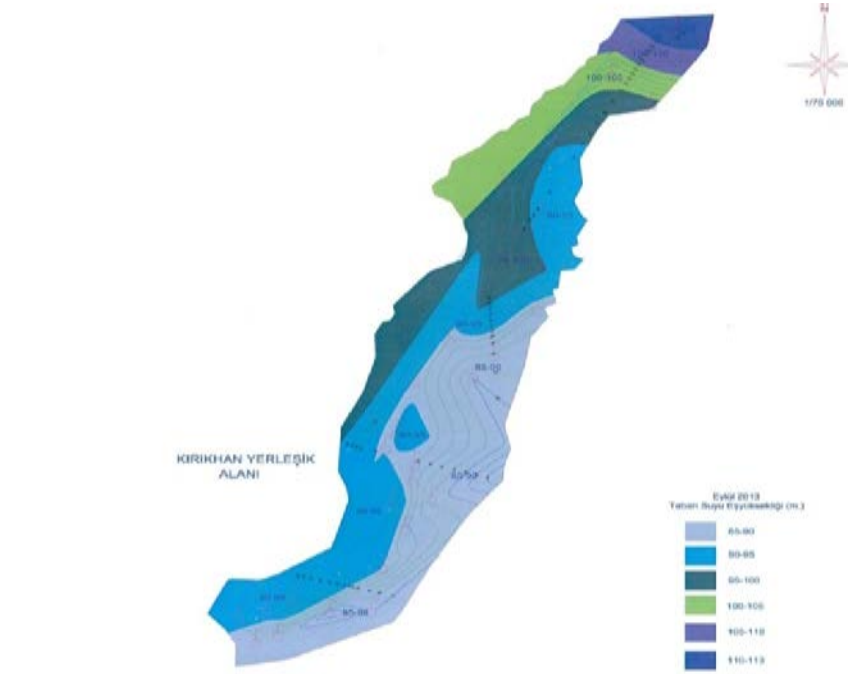
Gözlem kuyusu kotundan taban suyu derinliği çıkarılarak taban suyu kotu bulunmuş eş taban suyu eğrili haritalar Şekil 2, 3 ve 4'te verilmiştir. Söz konusu şekillerde görüleceği üzere en yüksek kotlu eş taban suyu eğrileri Kırıkhan Sulama Alanının kuzeyinde, en düşük kotlu eş taban suyu eğrileri ise çalışma alanının güneyinde yer almaktadır. Dolayısıyla taban suyu akışı ovada kuzey-güney yönünde hâkim eğim istikametinde gerçekleşmektedir. Taban suyu eğimi sulama alanının kuzeyinde eş taban suyu eğrileri güneye göre daha sık olduğundan taban suyu eğimi kuzeyde daha yüksektir. Taban suyu eş su yüksekliklerine karşılık gelen alansal dağılımlar Tablo 4'te verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi aylar arsında küçük farklılıklar olsa da alanın büyük bir kısmında taban suyu eş yüksekliği 85-95 m arasındadır.



Şekil 2. Kırıkhan sulama alanı Mayıs ayı taban suyu eş yükseklik haritası



Şekil 3. Kırıkhan sulama alanı Temmuz ayı taban suyu eş yükseklik haritası



Şekil 4. Kırıkhan sulama alanı Eylül ayı taban suyu eş yükseklik haritası

Tablo 4. Kırıkhan sulama alanında tespit edilen taban suyu eş yüksekliği alansal dağılımı

Mayıs			Temmuz			Eylül		
Taban Suyu Eş Yüksekliği (m)	**Alan (ha)***	**Alan (%)**	**Taban Suyu Eş Yüksekliği (m)**	**Alan (ha)***	**Alan (%)**	**Taban Suyu Eş Yüksekliği (m)**	**Alan (ha)***	**Alan (%)**
85-90	1662	34.82	85-90	1650	34.57	85-90	1729	36.22
90-95	1577	33.04	90-95	1583	33.17	90-95	1431	29.98
95-100	818	17.14	95-100	759	15.90	95-100	838	17.56
100-105	467	9.79	100-105	531	11.12	100-105	516	10.81
105-110	141	2.95	105-110	133	2.79	105-110	141	2.95
110-113	108	2.26	110-113	117	2.45	110-113	118	2.48
Toplam	4773	100.00	Toplam	4773	100.00	Toplam	4773	100.00

*Kırıkhan Sulama Birliği alanında kalan sulanan alan, yollar ve köy yerleşim alanlarında tarımsal amaçlı olarak kullanılmayan alanları da içermektedir.

Taban Suyu Eş Derinlik Haritaları

Taban suyu eş derinlik haritaları, taban suyunun toprak yüzeyinden olan derinliğinin yersel dağılımını göstermektedir. Taban suyu derinlik kriterleri, sulama sezonu için bitkinin havalanma ihtiyacına, sonbahar dönemi için ise yeraltı suyunun kılcal yükselmeyle oluşturacağı tuzlulaşmanın önlenmesine bağlıdır. Sulama sezonunda tarla bitkileri için taban suyunun 1.0-1.2 m arasındaki bir derinlikten, meyve ağaçları için 1.2-1.6 m arasındaki bir derinlikten daha aşağıda olması istenilir. Sonbaharda tuzlulaşma riskini azaltabilmek için taban suyu kumlu ve killi topraklar için 1.4 m'nin altında ve siltli topraklar için 1.70 m'nin altında bir derinlikte tutulmalıdır (Van Hoorn ve Van Alphen, 1994).

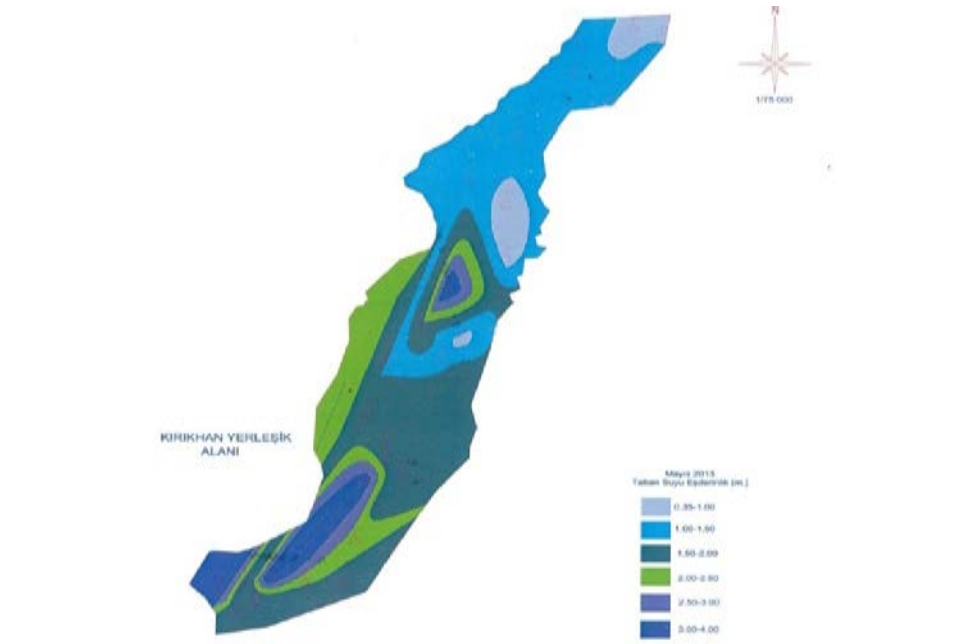
Mayıs, Temmuz ve Eylül ayları için Kırıkhan Sulama Birliği Alanında taban suyu derinliğindeki değişim Şekil 5, 6 ve 7'de ve Tablo 5'de verilmiştir. Buna göre Mayıs ayında taban suyu 0.35-1.00 m. den yakın olduğu alan oranı %5.87, 1.00-1,50 m'den daha yakın olduğu alan oranı %30.38 düzeylerindedir. Sulama yapılan Temmuz ayında ise 0.35-1.00 m'den yakın olan alanların oranı %3.25, 1.00-1.50 m'den daha yakın olan alanların oranı %26.19'dur. Eylül ayında bu oran 0.35-1.00 m'den yakın olduğu alan oranı %3.75, 1.00-1.35 m'den yakın olan alan oranı ise %52.86 olduğu düzeyine çıktığı görülmektedir.

Sulama alanında sulama sezonu başlangıcında tarla bitkileri için taban suyunun tehlike arz eden alan oranı Mayıs ayında %5.87 iken Temmuz ayında bu oran %3.25 olup sulama sezonu sonunda Eylül ayında ise %3.75 olduğu tespit edilmiştir. Bu oranlara göre taban suyunda Mayıs ayından Temmuz ayına doğru bir azalma eğilimi meydana gelirken Temmuz ayından Eylüle doğru tekrar bir artış gözlemlenmiştir. Benzer durum 1,00-1,50 m taban suyu derinlikleri içinde geçerlidir.

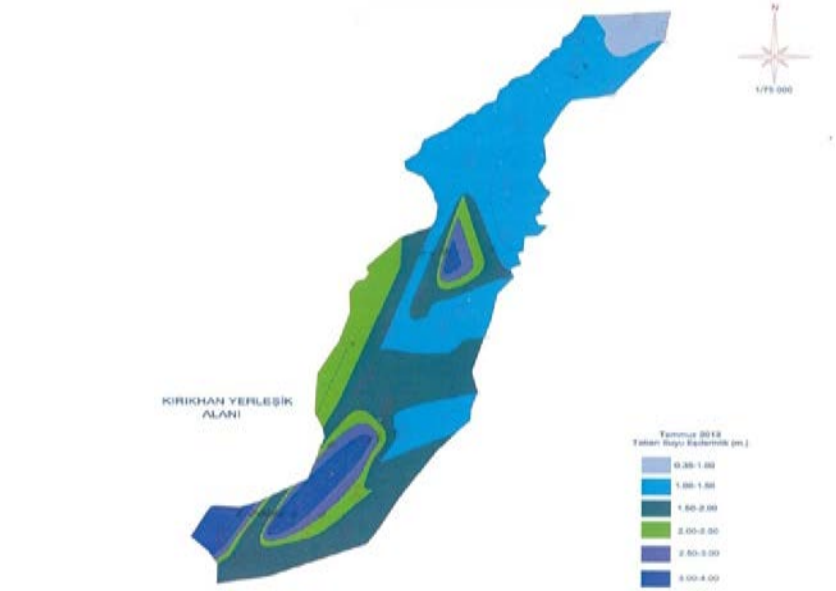
Tablo 5. Kırıkhan sulama alanında tespit edilen taban suyu derinliği alansal dağılımı

Mayıs			Temmuz			Eylül		
Taban Suyu Derinliği (m)	**Alan (ha)***	**Alan (%)**	**Taban Suyu Derinliği**	**Alan (ha)***	**Alan (%)**	**Taban Suyu Derinliği**	**Alan (ha)***	**Alan (%)**
0.35-1.00	280	5.87	0.35-1.00	155	3.25	0.35-1.00	179	3.75
1.00-1.50	1450	30.38	1.00-1.50	1250	26.19	1.00-1.50	2523	52.86
1.50-2.00	1575	33.00	1.50-2.00	2444	51.20	1.50-2.00	948	19.86
2.00-2.50	873	18.29	2.00-2.50	500	10.48	2.00-2.50	569	11.92
2.50-3.00	275	5.76	2.50-3.00	224	4.69	2.50-3.00	327	6.85
3.00-4.00	320	6.70	3.00-4.00	200	4.19	3.00-4.00	227	4.76
Toplam	4773	100.00	Toplam	4773	100.00	Toplam	4773	100.00

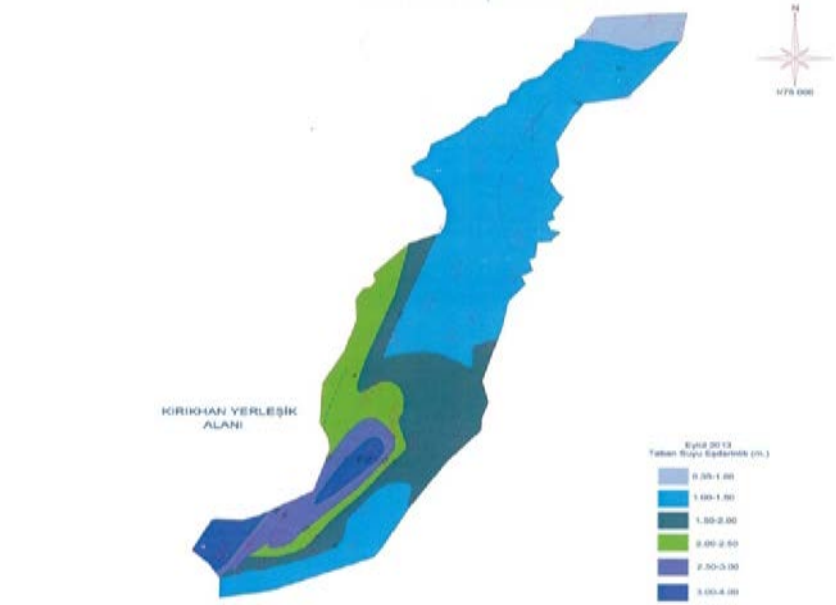
*Kırıkhan Sulama Birliği alanında kalan sulanan alan, yollar ve köy yerleşim alanlarında tarımsal amaçlı olarak kullanılmayan alanları da içermektedir.



Şekil 5. Kırıkhan sulama alanı Mayıs ayı taban suyu eş derinlik haritası



Şekil 6. Kırıkhan sulama alanı Temmuz ayı taban suyu eş derinlik haritaları



Şekil 7. Kırıkhan sulama alanı Eylül ayı taban suyu eş derinlik haritaları

Bu sonuçlara göre yaz boyu yapılan sulamalar sonucunda sulama kayıpları taban suyunu yükseltmiştir. Ancak tarımsal bitki yetiştiriciliği açısından değerlendirildiğinde; Temmuz ayı itibariyle çalışma alanında taban suyu derinliği tarla bitkileri için tüm alanın

%3.25'inde tehdit oluştururken, meyve ağaçları için alanın %26.19'unda problem oluşturmaktadır. Eylül ayı itibariyle ise taban suyu derinliği tarla bitkileri için tüm alanın %3.75'inde güvenli değilken, meyve ağaçları için bu durum büyük bir artış göstererek %52.86 ile toplam alanın yarıdan fazlasında problemli duruma gelmiştir. Taban suyu derinliğinin artış nedeni başta yağış olmak üzere, bu dönemde bitki-su tüketiminin azalması ve etkin bir drenaj sisteminin olmamasıdır.

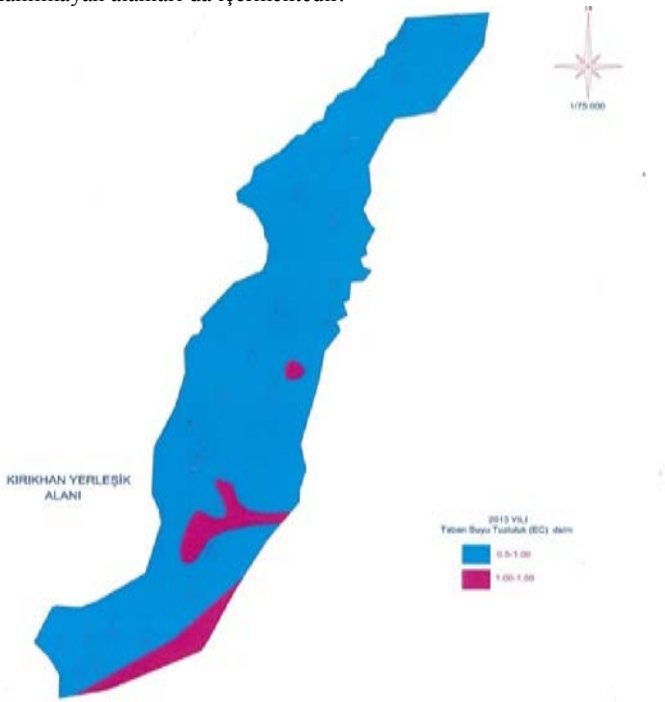
Taban Suyu Tuzluluk (EC) Haritaları

Yer altı suyu kalite ve elektriksel iletkenlik durumu haritaları incelenen tarihlerde yer altı tuzluluğunu ve bu tuzluluğun konumsal değişimini gösteren haritalar olup Kırıkhan sulama alanı ile ilgili haritalar Şekil 8'de, alansal değerleri ise Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Kırıkhan sulama alanında taban suyu tuzluluk (EC) değerleri ve alansal dağılımı

EC X 10^6 (dSm^{-1})	**Alan (ha)***	**Alansal Oran (%)**
0.50-1.00	347	7.27
1.00-1.50	4426	92.73
Toplam	4773	100

*Kırıkhan Sulama Birliği alanında kalan sulanan alan, yollar ve köy yerleşim alanlarında tarımsal amaçlı olarak kullanılmayan alanları da içermektedir.



Şekil 8. Kırıkhan sulama alanı taban suyu tuzluluk haritası

Harita ve tablodan görüleceği üzere EC değerleri 0.5-1.00 dSm^{-1} arasında olan alansal oranı %7.27, EC 1.00-1.50 dSm^{-1} arasında kalan alan ise %92.73 olup çalışma yapılan alanın tamamında taban suyu tuzluluğunun 2 dSm^{-1} den düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu değerler sonucunda sulama alanında taban suyu tuzluluğu açısından tehdit oluşturacak bir problem bulunmamaktadır. Çamoğlu ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada 1995–2006 yılları için, Menemen sulama sisteminde yer alan Maltepe ana kanalı hizmet alanında tuzluluğun hem yıllar arasında zamana; hem de gözlem kuyuları arasında mekana göre değişimini belirlemişlerdir. Taban suyu tuzluluğunun izlenmesi, değerlendirilmesi ve izin verilebilir sınırda tutulması, toprak muhafazası ve sulu tarımın sürdürülebilirliği açısından oldukça önemli olduğu ve bu amaca en uygun yöntemin CBS olduğunu vurgulamışlardır.

Sonuç ve Öneriler

Kırıkhan Sulama Birliği alanında tarla bitkileri yetiştiriciliği açısından tehdit oluşturacak taban suyu derinliği toplam alan içindeki oranı Temmuz ayında %3.25 iken Eylül ayında %3.75 olmuştur. Meyve yetiştiriciliğinde ise bu oran Temmuz ayında %26.19 iken Eylül ayında %52.86 olmuştur. Taban suyu derinliği tarla bitkileri açısından büyük bir tehdit oluşturmazken meyvecilik açısından problemli görülen alan oldukça fazladır. Bu durumun yeterli drenaj kanalları ve bilinçli olarak yapılacak sulama uygulamalarıyla kontrol altında tutulabileceği düşünülmektedir.

Kırıkhan sulama alanında yer altı suyu EC değerlerinin 2 dSm^{-1}'nin altında olduğu görülmüş ve araştırma yapılan yıl için yer altı suyu tuzluluğu açısından tehdit edici bir soruna rastlanmamıştır. Buna rağmen yağışın yoğun olduğu ilkbahar aylarında taban suyunun yüzeye 0.35-1.00 m'den daha yakın olan alanlarda (%5.87) belirli aralıklarla toprak örnekleri alınarak tuzlulaşma olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Kaynaklar

Cemek, B., Y. Demir, S. Erşahin, H. Arslan ve M. Güler. 2006. Spatial variability of groundwater depth, soil salinity in irrigated soils of Bafra plain in Northhern Turkey. International Symposium on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture Adana, Turkey

Çamoğlu, G., M.K. Ölgen, B.S. Karataş ve Ş. Aşık. 2006. Menemen sulama sisteminde taban suyunun zamana ve mekana göre değişiminin jeoistatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi: Maltepe ana kanalı örneği. 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul, S. 423-431.

Çetin, M. ve H. Özcan. 1999. Aşağı Seyhan Ovasında sulanan ve sulanmayan alanlarda meydana gelen sorunlar ve çözüm önerileri. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23: 207-217.

Demirören, T. ve C. Köse. 1980. Kazova Sulama Rehberi. Tokat Bölge Toprak-su Araştırma Enstitüsü Yayınları Genel Yayın No: 36, Rapor Yayın No: 24, Tokat.

De Ridder, N.A. 1994. Groundwater Investigations in: Drainage Principles and Applications. Edited by H.P. Ritzema. Internatinal Institute for Land Reclamation and Improvement, P.O. Box 45, 6700 AA Wageningen, The Netherlands.

Franke, R., G. Nielson, 1980. Smooth interpolation of large sets of scattered data. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 15: 1691-1704.

Gündoğdu, K.S., A.O. Demir, H. Değirmenci, H. Büyükcangaz ve ŞT. Akkaya. 1998. Preparation and interpretation of grounwater maps using geographical information system (Arc/Info). Ageng Oslo98, International Conference On Agricultural Engineering, Oslo 24-27 August, Norway.

Güngör, Y., A.Z. Erözel ve O.Yıldırım. 2012. Sulama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları No: 1592, Ankara, 291s.

Kaman, H., M. Çetin ve C. Kırda. 2010. Tarımda su kullanımının taban suyu niteliğine ve drenaja etkisinin saptanması. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 3 (2): 17-20.

Kara, T. ve H. Arslan. 2004. Bafra Ovası sulama alanında tabansuyu ve tuzluluk araştırması. Sulanan alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlıgı, DSİ Genel Müd., 20-21 Mayıs, 2004, Ankara, s. 89-96.

Shepard, D. 1968. A Two-Dimensional Interpolation Function for Irregularly-Spaced Data. In Proceedings of the 1968 23rd ACM National Conference (New York: ACM Press), pp. 517-524.

Van Hoorn, J.W. and J.G. Van Alphen. 1994. Salinity Control in: Drainage Principles and Applications. Edited by H.P. Ritzema. Internatinal Institute for Land Reclamation and Improvement, P.O. Box 45, 6700 AA Wageningen, The Netherlands.

Yomralıoğlu, T. 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. İber Ofset, 2. Baskı, Trabzon.