

Fırat Havzası Su Kaynaklarının Su Kalitesi ve Sediment Konsantrasyonu Bakımından Değerlendirilmesi

Ali Kılıç ÖZBEK

Devlet Su İşleri 8. Bölge Müdürlüğü, Erzurum., alikilic@myinet.com

Geliş Tarihi : 17.11.2003

ÖZET : Tarımsal üretimde, birim alandan maksimum düzeyde ürün almak amacıyla kullanılan en temel girdilerden birisi sulamadır. Sulamadan beklenen faydanın gerçekleşmesinde ise kullanılacak su kaynağının sulanan alanları tahrip etmeyecek kalitede olması beklenmektedir. Sulama suyu kalitesinin bilinmesi ve belirli bir periyotta izlenmesi su havzalarının sürdürülebilir yönetiminde önemli iki metottür. Bu çalışmanın amacı, Doğu ve Güney Doğu Anadolu bölgesinin önemli toprak kaynaklarının sulanmasında kullanılan Fırat havzası su kaynaklarının su kalitesi ve sediment konsantrasyonu bakımından değerlendirmek ve sulama projelerinin sürdürülebilir kullanımı için gerekli veri tabanını oluşturmaktır. Çalışma sonucunda, havzada yer alan su kaynaklarının sulama suyu sınıflarının C₁S₁-C₂S₁ sınıfında yer aldıkları ve sediment konsantrasyonlarının ise tüm ölçüm istasyonlarında ortalama 0-1441 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fırat havzası, su kalitesi, sulama, sediment

Evaluation of Water Resources with Respect to Quality and Sediment Concentration in Fırat Watershed

ABSTRACT : In agricultural production, to get maximum amount of product in a unit area, one of the basic parameters, is irrigation. To get real profit from irrigation, the water sources should be in a good quality not to degrade the irrigation areas. Getting the information about the quality of the irrigation water and monitoring this quality periodically, are two important methods to be used to have a sustainable management of the watersheds. The objective of this study was to determine the water quality and sediment concentration of the Fırat watershed in which is used in irrigation for important soil sources in East and South East Anatolia; and form a database for use sustainable of irrigation projects. As a result, it is obtained that the irrigation water classes of the water resources in Fırat watershed are between C₁S₁-C₂S₁ and the sediment concentration is average 0-1441 ppm in all measurement stations.

Keywords: Fırat watershed, water quality, irrigation, sedimentation

GİRİŞ

Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde gerçekleştirilen tarımsal üretimde, birim alandan maksimum düzeyde ürün almak amacıyla kullanılan en temel girdilerden birisi sulamadır. Sulamadan beklenen maksimum faydanın gerçekleşmesinde ise, kullanılan sulama suyu kaynağının toprağın üretkenlik ve verimlilik parametrelerini olumsuz yönde etkilemeyecek kalitede olması gerekmektedir. Sürdürülebilir çevre prensipleri çerçevesinde, sulamada kullanılan ve giderek daha sınırlı hale gelen, yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının kalitelerinin bilinmesi ve belirlenen kalite kriterlerine göre havzadaki su yönetim sistemlerinin seçimi, üretken ve verimli toprak yönetimi açısından da son derece önemlidir.

Su kaynakları veya daha genel anlamda doğal kaynakların kullanımı ve geliştirilmesi çalışmalarında söz konusu kaynağın ana prensip olarak benimsenmesi gerekmektedir. Havza boyutunda yapılması gereken su kalitesi yönetiminin temel amacı da budur. Havzadaki su kalitesi yönetimi çalışmaları yürütülürken su kaynakları ile ilgili uzun yıllara ait rasat değerleri ve havza ile ilgili fiziksel verilerin derlenmesi gerekmektedir. Son yıllarda su ve toprak yönetimi ile ilgili planlama, projelendirme ve işletme çalışmaları mevcut ham verilerin değerlendirilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojilerinden geniş ölçüde yararlanılmaktadır (Gündoğdu vd., 2001). Bu teknoloji ham rakamsal verilerin toplanması, saklanması, güncelleştirilmesi ve

analizlerinin bir arada yapılmasına olanak sağlamaktadır (Apaydın vd., 1996).

Herhangi bir su kaynağı için, havza ve hatta ülke bazında oluşturulacak su kalite izleme ağı sulama projelerinin ve tarım topraklarının daha üretken ve sürdürülebilir şekilde kullanılabilmesi bakımından yararlı olacaktır. Nitekim, Roming *et. al.*(1996)'ya göre, toprak kalitesi belirlenecek inceleme alanında, yer alan yüzey suyunun; renk, tuzluluk ve sediment konsantrasyonu gibi ayırt edici özelliklerin tespit edilmesinin zorunluluğu rapor edilmiştir.

Akarsular tarafından taşınan sedimentle, baraj rezervuarlarının ölü hacimlerinin planlanan süreye göre azalmasını önlemek ve gelebilecek sedimenti azaltmak için planlanan üst havza tesislerinin projelendirilmesi için, havzadaki su kaynaklarının sediment verimlerinin tespit edilmesinin gerekliliği belirtilmiştir (Kızılkaya, 1988; Anonim, 1990a).

Su kirliliği ve kontrol yönetmeliğine göre kıta içi su kaynaklarının kalitesi; genel, inorganik, organik ve bakteriyolojik kirlilik parametreleri dikkate alınarak yapılan bir değerlendirme olup, suyun kullanım amacına göre belirlenir (Anonim, 1988; Uslu, 1990). Su kalite yönetimi uygulanması ise, gereksinim duyulan su miktarının belirlenmesi, su kaynağının korunması ve kaynağın sürekliliğinin dikkate alınması gibi temel parametrelerden oluşmaktadır (Baltacı, 2003). Aynı çalışmada, doğru, güvenilir ve kolay kullanılabilir fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik su kalite analizlerin

yapılmasının su kalitesi yönetim ve planlama çalışmalarının olumlu sonuçları için gerekli olacağı da belirtilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, 2 460 000 ha'lık tarım arazisine sahip Fırat havzasındaki doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı için, havzadaki su kaynaklarının kalite ve sediment verimi değerlerini, CBS tekniği kullanarak belirli bir gözlem süresinde irdelemek, dağılım haritalarını oluşturmak ve gerekli veri tabanını ortaya koymaktır.

MATERYAL ve METOT

Çalışma alanı olarak seçilen Fırat havzası, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesi sınırları içerisinde yer almakta olup, 121 000 km²'lik yüz ölçümü ile ülke yüz ölçümünün %15.5'lik bir dilimine tekabül etmektedir. Fırat havzası Türkiye'nin doğusunda 36° 93'-40°21' enlemleri ile 37°30'-43°44' boylamları arasında dağılım göstermektedir. Mevcut 26 büyük su toplama havzasının 21.'si olup (Anonim, 1970); doğuda Van, Aras, Dicle; kuzeyde Aras, Çoruh ve Yeşil ırmak; batıda Kızılırmak, Seyhan, Ceyhan ve Asi havzaları ile çevrili olup güney sınırında ise Suriye yer almaktadır (Şekil 1). Havzanın en önemli su kaynağını Fırat nehri ve bu nehre bağlı olan yan kollar oluşturmaktadır. Nehrin Keban bölümünde yapılan 30 yıllık rasat verilerine göre ortalama yıllık akım 19 995x10⁶ m³'dür (Anonim, 1970, Anonini, 1996). Havzanın Keban mevkiine kadar olan bölümlerinde engebeli bir topoğrafya görülmesine rağmen, Keban bölümünden sonra havzanın güney sınırına kadar topoğrafik eğim nispeten düşmektedir. Havzanın Yukarı Fırat bölümünde topoğrafik eğimin ortalama %16 olduğu, ancak havza genelinde havzanın yaklaşık %62'sinde %10 ve daha yüksek bir eğim derecesi mevcuttur (Anonim, 1970).

Fırat havzası su kaynaklarının sulama suyu kalitesi ve sediment verimlerine ilişkin veriler 1974-1996 yılları arasında kapsamakta olup, DSİ Genel Müdürlüğü (Anonim, 1990b) ve Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİE) (Anonim, 1996) kurumlarının verilerinden temin edilmiş ve Coğrafi Bilgi Sistemi teknolojisine göre değerlendirilmişlerdir. Havzaya ait debi değerleri Beyazıt (1998)'e göre belirlenen yağış akış modellerinden Mocus yöntemine göre hesaplanmıştır.

Haritaların Sayısallaştırılması

Fırat havzasının 14 gözlem istasyonunu içerisine alan 1/800 000 ölçekli haritalar ARC/INFO programları yardımıyla sayısallaştırılmışlardır (Anonymous, 1991; Anonymous 1992). Sayısallaştırma işleminden önce ölçüm istasyonlarını besleyen küçük drenaj alanları belirlenmiş ve alt havzalar oluşturulmuştur. Havzanın genel sınırı, alt havzaların sınırları, alanları, ana akarsu yatakları ve kolları, gözlem istasyonlarının numaraları ve il merkezleri olmak üzere toplam yedi karakteristik belirlenmiştir.

Verilere Ait İstatistiklerin Belirlenmesi

Fırat havzasına ait 1974-1996 yılları arasındaki 22 yıllık su kalitesi ve sediment verimine ilişkin gözlem sonuçları, database formatında bilgisayara girilerek verilere ilişkin istatistikler hesaplanmıştır. Sayısallaştırılan haritalar ve hesaplanan istatistiksel veriler doğrultusunda havzadaki istasyonlara ait su kalitesine ilişkin SAR (sodyum absorpsiyon oranı) EC (Elektrikli iletkenlik, µmhos/cm) ve sediment verimi (ton/gün) haritaları Arc View programı (Anonymous, 1992) yardımıyla oluşturulmuştur.

Sulama Suyu Kalite Parametreleri

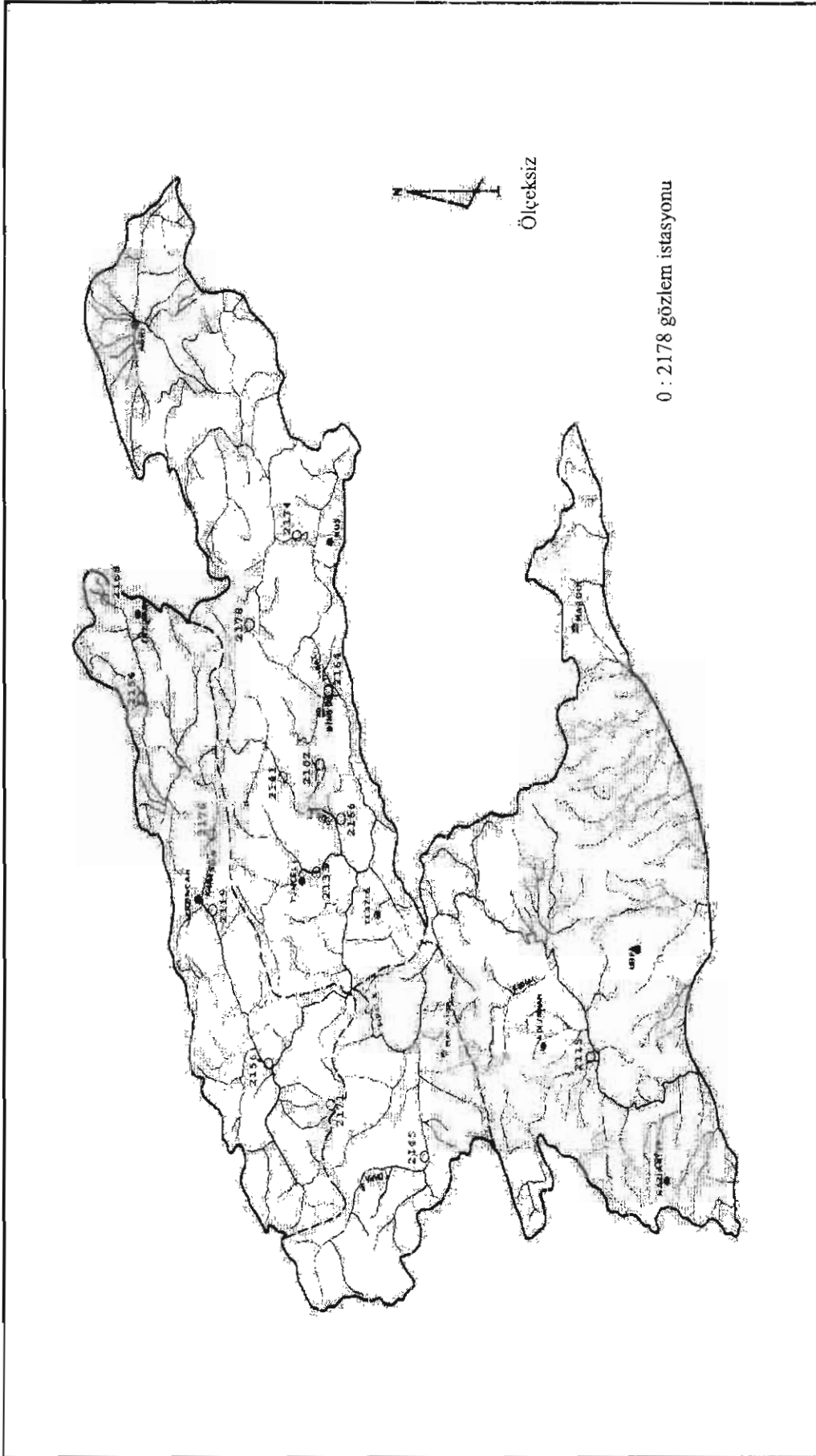
Çalışma alanında, 14 adet gözlem istasyonunda sulama suyu kalitesine yönelik olarak ortaya konulan sulama suyunun pH, EC, SAR, kanyonlar (Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺), anyonlar (CO₃HCO₃⁻, Cl⁻ SO₄⁻) ve Bor gibi parametreleri, Ayyıldız (1990), Sezen (1995) ve Baltacı (2003) tarafından verilen standartlara göre değerlendirilerek sulamaya uygunlukları belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Fırat havzasında yer alan 14 farklı akarsu gözlem istasyonlarının yerleri, akarsu kaynaklarının akım çizgileri ve havzada yer alan illerin dağılımlarını kapsayan havzasının genel konumu Şekil 1'de, gözlem istasyonlarındaki verilere ilişkin istatistikler Tablo 1'de ve CBS teknolojisi kullanılarak havzanın su kaynaklarının kalitelerine yönelik EC, SAR ve sediment verimi haritaları da sırasıyla Şekil 2, 3 ve 4'de gösterilmiştir.

Fırat havzasında, uzun yıllara ait su kalitesine ilişkin gözlem sonuçlarının değerlendirilmesi sonucunda 2174 nolu gözlem istasyonunda 714 µmhos/cm ile en yüksek elektrikli iletkenlik (EC) değeri belirlenmiştir. Ancak havzadaki tüm istasyonlara ait veriler üzerinde yapılan istatistiklere göre tüm su kaynaklarının ortalama EC değeri 124-504 µmhos/cm arasında değiştiği görülmüştür (Tablo 1). Su kaynaklarının, eriyebilir toplam tuz konsantrasyonlarının tanı ve sınıflandırılmasında kullanılan en önemli kalite kriterlerinden birinin EC olduğu ve EC değeri 250 µmhos/cm'den küçük olan suların sulamada emniyetle kullanılabilmesi; 250-750 µmhos/cm arısında olanların tuza hassas bitkiler için uygun olduğu, ancak EC'si 750 µmhos/cm'dan büyük olan suların ise gerekli bazı önlemlerden sonra sulamada kullanılacakları rapor edilmiştir (Özgüler, 1999; Ayyıldız, 1983).

Fırat havzadaki su kaynakları EC bakımından 1. ve 2. sınıf kalitededir. EC değerleri bakımından en yüksek seviyede olan sular, Fırat havzasının orta kuzeydoğu ve batı dilimlerinde dağılım göstermekte olup, 500-750 µmhos/cm arasında değişmektedir. Fırat havzasındaki su kaynaklarının CBS ortamında değerlendirilmesi sonucunda elde edilen EC dağılım haritasında, havzanın orta-doğu ve kuzeydoğu dilimindeki yaklaşık %10'luk bölümünde, elektrikli iletkenlik değeri < 250 µmhos/cm



Şekil 1. Fidal Havzası Gözlem İstasyonlarının Yerleri.

Tablo 1- Fırat Havzası Su Kalitesi ve Sediment Verimi Parametrelerine İlişkin Bazı İstatistikler

| İstasyon No | İstatistikler | Debi, m ³ /s | Sed. Kon., ppm | pH | EC, µmhos/cm | Kasyonlar, me/l | | | Anyonlar, me/l | | | | SAR | Bor, ppm | Su Sınıfı |
|-------------|---------------|-------------------------|----------------|------|--------------|-----------------|----------------|------------------------------------|------------------------------|------------------|-----------------|------------------------------|------|----------|-------------------------------|
| | | | | | | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺ | CO ₃ ⁻ | HCO ₃ | CL ⁻ | SO ₄ ⁻ | | | |
| 2102 | Ort. | 270.20 | 1441.7 | 8,0 | 427.3 | 1.4 | 0.08 | 0.1 | 0.23 | 2.68 | 1.12 | 0.43 | 1.15 | 0.25 | C ₂ S ₁ |
| | Min. | 43.14 | 180 | 7.7 | 286.0 | 0.6 | 0.05 | 2.36 | 0.10 | 2.13 | 0.49 | 0.22 | 0.55 | 0.15 | |
| | Max. | 986.22 | 3559 | 8.1 | 577.0 | 2.3 | 0.11 | 3.58 | 0.40 | 3.12 | 1.96 | 0.61 | 1.72 | 0.38 | |
| | STD | 317.53 | 1130.5 | 0.1 | 98.1 | 0.6 | 0.02 | 0.41 | 0.11 | 0.34 | 0.49 | 0.12 | 1.33 | 0.07 | |
| | VK | 1.18 | 0.78 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.25 | 0.14 | 0.47 | 0.13 | 0.44 | 0.29 | 1.54 | 0.28 | |
| 2115 | Ort. | 39.22 | 644.8 | 8,0 | 281.4 | 0.17 | 0.03 | 2.76 | 0.19 | 2.33 | 0.22 | 0.21 | 0.15 | 0.06 | C ₂ S ₁ |
| | Min | 13.74 | 70 | 8,0 | 250 | 0.12 | 0.02 | 2.41 | 0.14 | 2.02 | 0.18 | 0.13 | 0.11 | 0.03 | |
| | Max | 77.81 | 1787 | 8,1 | 313 | 0.27 | 0.05 | 3.06 | 0.29 | 2.59 | 0.31 | 0.33 | 0.22 | 0.14 | |
| | STD | 22.49 | 583.05 | 0.04 | 19.8 | 0.04 | 0.01 | 0.20 | 0.04 | 0.16 | 0.04 | 0.07 | 0.13 | 0.04 | |
| | VK | 0.57 | 0.90 | 0.01 | 0.07 | 0.23 | 0.3 | 0.07 | 0.21 | 0.07 | 0.18 | 0.33 | 0.21 | 0.67 | |
| 2119 | Ort. | 83.23 | 411,08 | 8,0 | 504.8 | 1.1 | 0.04 | 4.20 | 0.36 | 3.33 | 0.95 | 0.69 | 0.76 | 0.25 | C ₂ S ₁ |
| | Min | 28.Kas | 100 | 7,9 | 384 | 0.67 | 0.03 | 3.33 | 0.17 | 2.71 | 0.58 | 0.37 | 0.52 | 0.12 | |
| | Max | 269.78 | 1850 | 8,2 | 651 | 1.68 | 0.06 | 5.18 | 0.57 | 3.91 | 1.47 | 1.14 | 1.04 | 0.40 | |
| | STD | 82.36 | 510.27 | 0.11 | 80.3 | 0.27 | 0.01 | 0.58 | 0.11 | 0.42 | 0.23 | 0.21 | 0.50 | 0.09 | |
| | VK | 0.98 | 1.24 | 0.01 | 0.16 | 0.24 | 0.25 | 0.14 | 0.31 | 0.13 | 0.24 | 0.30 | 0.92 | 0.36 | |
| 2133 | Ort. | 85.82 | 290,4 | 7,9 | 342.25 | 0.17 | 0.02 | 3.42 | 0.13 | 2.61 | 0.33 | 0.56 | 0.14 | 0.25 | C ₂ S ₁ |
| | Min | 37.48 | 34 | 7,8 | 293 | 0.1 | 0.02 | 2.97 | 0.08 | 2.37 | 0.24 | 0.28 | 0.09 | 0.14 | |
| | Max | 227.73 | 1292 | 8,0 | 403 | 0.25 | 0.03 | 3.98 | 0.2 | 2.87 | 0.41 | 0.91 | 0.18 | 0.30 | |
| | STD | 67.55 | 374.7 | 0.08 | 34.70 | 0.05 | 0.01 | 0.35 | 0.04 | 0.20 | 0.05 | 0.19 | 0.12 | 0.05 | |
| | VK | 0.79 | 1.29 | 0.01 | 0.10 | 0.29 | 0.00 | 0.10 | 0.31 | 0.08 | 0.15 | 0.34 | 1.31 | 0.20 | |
| 2141 | Ort. | 85.48 | 778,6 | 8,1 | 352.58 | 0.51 | 0.05 | 3.28 | 0.3 | 2.65 | 0.33 | 0.55 | 0.4 | 0.14 | C ₂ S ₁ |
| | Min | 15.32 | 58 | 8 | 256 | 0.19 | 0.03 | 2.46 | 0.14 | 2.09 | 0.17 | 0.24 | 0.17 | 0.05 | |
| | Max | 365.72 | 2360 | 8,2 | 449 | 1.08 | 0.07 | 3.82 | 0.42 | 3.19 | 0.52 | 0.79 | 0.78 | 0.2 | |
| | STD | 109.46 | 768.4 | 0.08 | 57.27 | 0.23 | 0.01 | 0.48 | 0.09 | 0.39 | 0.09 | 0.20 | 0.47 | 0.04 | |
| | VK | 1.28 | 0.99 | 0.01 | 0.16 | 0.44 | 0.2 | 0.15 | 0.31 | 0.15 | 0.27 | 0.37 | 0.41 | 0.29 | |
| 2154 | Ort. | 21.46 | 23.9 | 8,2 | 424.33 | 1.38 | 0.13 | 3.03 | 0.48 | 2.91 | 0.76 | 0.39 | 1.12 | 0.52 | C ₂ S ₁ |
| | Min | 3.70 | 1 | 8,0 | 258 | 0.76 | 0.07 | 1.98 | 0.12 | 1.89 | 0.35 | 0.3 | 0.76 | 0.33 | |
| | Max | 75.25 | 142 | 8,3 | 555 | 1.96 | 0.24 | 4.09 | 0.79 | 3.81 | 1.12 | 0.54 | 1.37 | 0.72 | |
| | STD | 26.36 | 142 | 0.11 | 90.82 | 0.42 | 0.06 | 0.54 | 0.19 | 0.54 | 0.28 | 0.07 | 0.81 | 0.13 | |
| | VK | 1.23 | 5.94 | 0.01 | 0.21 | 0.30 | 0.44 | 0.18 | 0.40 | 0.19 | 0.37 | 0.19 | 1.00 | 0.26 | |
| 2156 | Ort. | 146.39 | 542.8 | 8,2 | 498.33 | 1.09 | 0.04 | 4.16 | 0.37 | 3.02 | 0.85 | 1.05 | 0.76 | 0.12 | C ₂ S ₁ |
| | Min | 82.48 | 41 | 7,8 | 407 | 0.89 | 0.03 | 3.34 | 0.07 | 2.46 | 0.6 | 0.74 | 0.69 | 0.01 | |
| | Max | 367.92 | 1321 | 8,3 | 629 | 1.38 | 0.05 | 5.22 | 0.57 | 3.74 | 1.08 | 2.16 | 0.85 | 0.37 | |
| | STD | 90.79 | 468.4 | 0.14 | 68.87 | 0.16 | 0.01 | 0.56 | 0.14 | 0.42 | 0.16 | 0.41 | 0.30 | 0.11 | |
| | VK | 0.62 | 0.86 | 0.02 | 0.14 | 0.15 | 0.17 | 0.13 | 0.37 | 0.14 | 0.19 | 0.39 | 0.60 | 0.93 | |

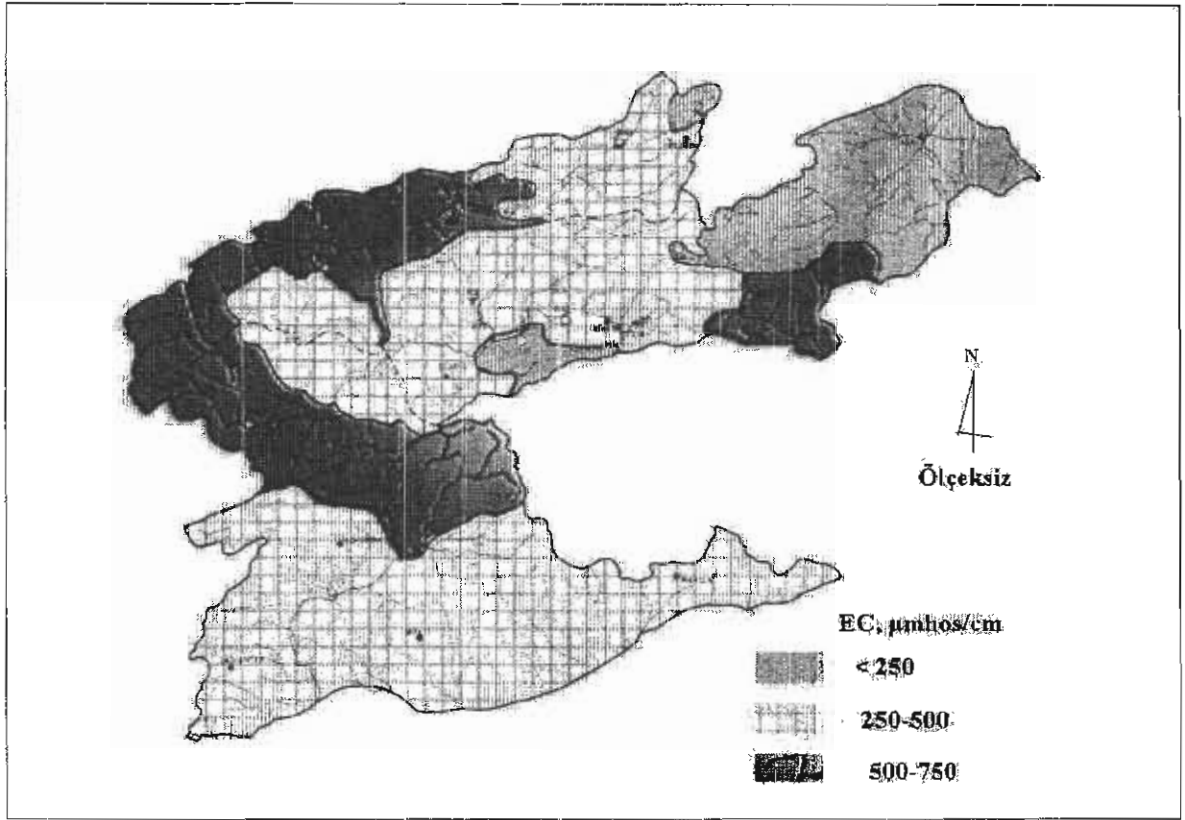
Tablo 1'in devamı

| İstasyon No | İstatistikler | Debi, m ³ /s | Sed. Kon., ppm | pH | EC, µmhos/cm | Kasyonlar, me/l | | | Anyonlar, me/l | | | | SAR | Bor, ppm | Su Sınıfı |
|-------------|---------------|-------------------------|----------------|------|--------------|-----------------|----------------|------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|------|----------|-------------------------------|
| | | | | | | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺ | CO ₃ ⁻ | HCO ₃ ⁻ | CL ⁻ | SO ₄ ⁻ | | | |
| 2164 | Ort. | 33.84 | 488.3 | 8.1 | 270 | 0.6 | 0.08 | 2.19 | 0.22 | 2.16 | 0.28 | 0.21 | 0.57 | 0.175 | C ₂ S ₁ |
| | Min | 2.14 | 46 | 7.9 | 177 | 0.2 | 0.05 | 1.58 | 0.03 | 1.53 | 0.15 | 0.09 | 0.23 | 0.04 | |
| | Max | 141.89 | 2007 | 8.2 | 377 | 1.05 | 0.12 | 3.01 | 0.43 | 3.11 | 0.44 | 0.37 | 0.86 | 0.43 | |
| | STD | 43.67 | 549.3 | 0.1 | 66.15 | 0.28 | 0.03 | 0.48 | 0.12 | 0.51 | 0.09 | 0.09 | 0.57 | 0.106 | |
| | VK | 1.29 | 1.12 | 0.01 | 0.24 | 0.47 | 0.32 | 0.22 | 0.54 | 0.24 | 0.31 | 0.44 | 1.42 | 0.60 | |
| 2166 | Ort. | 87.37 | 943.3 | 8.0 | 353 | 0.52 | 0.05 | 3.25 | 0.24 | 2.72 | 0.33 | 0.53 | 0.41 | 0.1625 | C ₂ S ₁ |
| | Min | 95.71 | 101 | 7.8 | 273 | 0.24 | 0.04 | 2.58 | 0.1 | 2.11 | 0.18 | 0.25 | 0.21 | 0.12 | |
| | Max | 16.72 | 3016 | 8.1 | 415 | 0.82 | 0.06 | 3.92 | 0.34 | 3.36 | 0.49 | 0.72 | 0.58 | 0.24 | |
| | STD | 95.71 | 984.7 | 0.1 | 52.32 | 0.19 | 0.01 | 0.43 | 0.07 | 0.35 | 0.09 | 0.16 | 0.41 | 0.04 | |
| | VK | 1.09 | 1.04 | 0.01 | 0.15 | 0.37 | 0.16 | 0.13 | 0.32 | 0.13 | 0.28 | 0.33 | 1.48 | 0.22 | |
| 2168 | Ort. | 0.84 | 0 | 7.9 | 125 | 0.20 | 0.04 | 1.09 | 0.10 | 0.95 | 0.17 | 0.11 | 0.27 | 0.20 | C ₁ S ₁ |
| | Min | 0.23 | 0 | 7.6 | 88 | 0.07 | 0.03 | 0.81 | 0.01 | 0.75 | 0.1 | 0.05 | 0.11 | 0.11 | |
| | Max | 44986 | 0 | 8.1 | 189 | 0.44 | 0.07 | 1.61 | 0.24 | 1.36 | 0.27 | 0.25 | 0.48 | 0.29 | |
| | STD | 0.89 | 0 | 0.1 | 34.9 | 0.13 | 0.01 | 0.26 | 0.08 | 0.21 | 0.07 | 0.06 | 0.36 | 0.07 | |
| | VK | 38139 | 0 | 0.02 | 0.28 | 0.64 | 0.30 | 0.24 | 0.75 | 0.22 | 0.40 | 0.55 | 1.83 | 0.35 | |
| 2171 | Ort. | 1.77 | 158 | 8.1 | 425 | 0.75 | 0.07 | 3.84 | 0.28 | 2.88 | 0.42 | 1.07 | 0.53 | 0.28 | C ₂ S ₁ |
| | Min | 0.05 | 15 | 8.0 | 294 | 0.32 | 0.04 | 2.71 | 0.11 | 2.21 | 0.20 | 0.36 | 0.28 | 0.15 | |
| | Max | 7.69 | 766 | 8.2 | 599 | 1.26 | 0.11 | 4.95 | 0.48 | 3.56 | 0.70 | 1.87 | 0.80 | 0.59 | |
| | STD | 2.27 | 206.6 | 0.1 | 97 | 0.30 | 0.02 | 0.76 | 0.10 | 0.48 | 0.16 | 0.47 | 0.48 | 0.14 | |
| | VK | 1.28 | 1.30 | 0.01 | 0.23 | 0.40 | 0.33 | 0.20 | 0.35 | 0.17 | 0.39 | 0.44 | 1.25 | 0.49 | |
| 2174 | Ort. | 198.19 | 669 | 8.2 | 490 | 1.85 | 0.10 | 3.16 | 0.42 | 2.73 | 1.57 | 0.37 | 1.47 | 0.314 | C ₂ S ₁ |
| | Min | 33.2 | 43 | 8.0 | 292 | 0.66 | 0.06 | 2.28 | 0.16 | 1.85 | 0.47 | 0.24 | 0.62 | 0.1 | |
| | Max | 813.23 | 2071 | 8.3 | 714 | 3.1 | 0.5 | 3.97 | 0.61 | 3.50 | 2.72 | 0.52 | 2.20 | 0.63 | |
| | STD | 261.48 | 781.3 | 0.1 | 146.5 | 0.83 | 0.03 | 0.65 | 0.13 | 0.62 | 0.78 | 0.08 | 1.46 | 0.14 | |
| | VK | 1.32 | 1.17 | 0.01 | 0.30 | 0.45 | 0.30 | 0.21 | 0.31 | 0.23 | 0.50 | 0.20 | 1.41 | 0.46 | |
| 2176 | Ort. | 1.43 | 116.7 | 8.1 | 325 | 0.30 | 0.03 | 3.72 | 0.29 | 2.43 | 0.23 | 0.551 | 0.24 | 0.147 | C ₂ S ₁ |
| | Min | 0.55 | 24 | 7.9 | 244 | 0.22 | 0.02 | 2.29 | 0.15 | 1.53 | 0.15 | 0.18 | 0.21 | 0.09 | |
| | Max | 4.50 | 349 | 8.2 | 370 | 0.37 | 0.03 | 3.64 | 0.4 | 2.90 | 0.26 | 1.01 | 0.28 | 0.21 | |
| | STD | 1.26 | 118. | 0.1 | 32 | 0.05 | 0.01 | 0.34 | 0.07 | 0.41 | 0.04 | 0.28 | 0.12 | 0.04 | |
| | VK | 0.88 | 1.01 | 0.01 | 0.10 | 0.18 | 0.21 | 0.11 | 0.23 | 0.17 | 0.16 | 0.51 | 0.78 | 0.27 | |
| 2178 | Orta. | 6.59 | 107.5 | 7.9 | 157 | 0.30 | 0.05 | 1.28 | 0.09 | 1.255 | 0.173 | 0.109 | 0.38 | 0.153 | C ₁ S ₁ |
| | Min | 0.93 | 20 | 7.6 | 109 | 0.13 | 0.03 | 0.92 | 0.01 | 0.93 | 0.1 | 0.03 | 0.19 | 0.03 | |
| | Mak | 22.56 | 429 | 8.0 | 252 | 0.53 | 0.08 | 1.99 | 0.26 | 2.02 | 0.24 | 0.22 | 0.54 | 0.34 | |
| | STD | 7.34 | 121.1 | 0.1 | 39.72 | 0.13 | 0.01 | 0.29 | 0.08 | 0.306 | 0.048 | 0.066 | 0.35 | 0.103 | |
| | VK | 1.11 | 1.13 | 0.02 | 0.25 | 0.42 | 0.27 | 0.23 | 0.86 | 0.24 | 0.28 | 0.60 | 1.23 | 0.676 | |

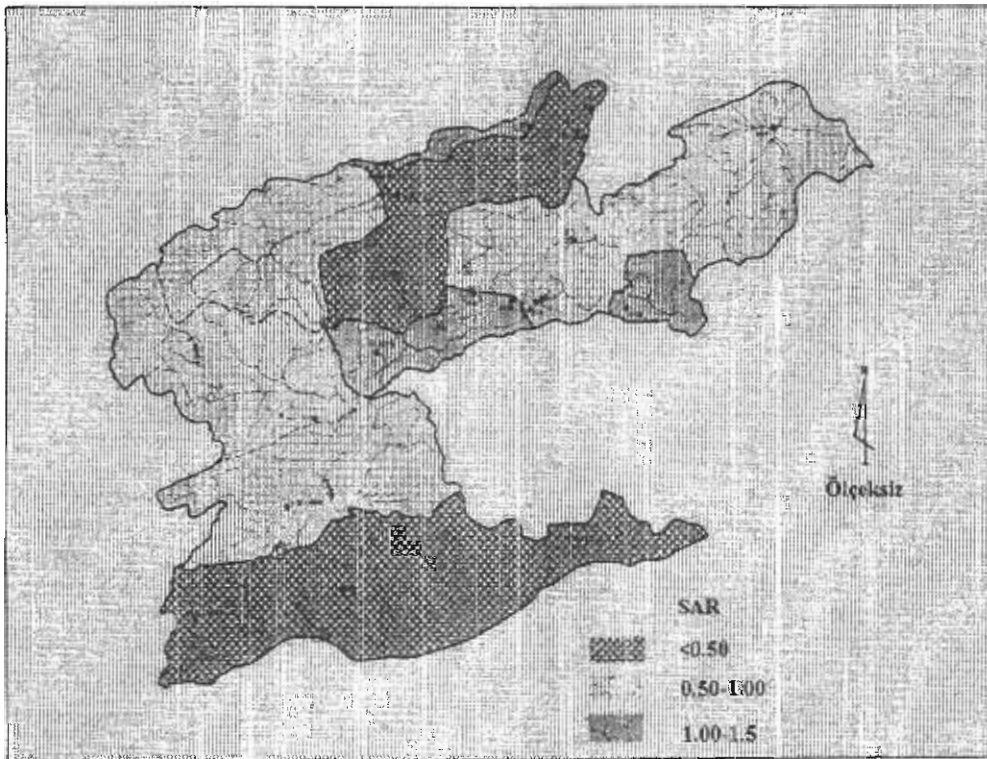
olmasına rağmen, havzanın güney, orta kuzey ve kuzey dilimlerini içerisine alan yaklaşık %65'lik kesiminde EC değeri 250-500 µmhos/cm arasında değişim göstermektedir (Şekil 2).

Sulama suyu kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan parametrelerden bir diğeri de Sodyum Adsorpsiyon Oranıdır (SAR) (Ayyıldız, 1990). Fırat havzası gözlem istasyonlarına ait istatistiksel sonuçlara göre SAR değeri 1.69'la en yüksek 2102 no lu gözlem istasyonunda tespit edilmiştir (Tablo 1). Ancak havzadaki ortalama SAR değerleri 0.13-1.72 arasında

değişmektedir. Bu verilere göre Fırat havzasında yer alan su kaynaklarının tümü SAR değeri bakımından 1. sınıf (S₁) olup her toprak ve bitki için kullanıma uygun konumdadır (Ayyıldız, 1990; Sezen, 1995). CBS ortamında hazırlanan Fırat havzası SAR haritasına göre havzanın %15'ine denk gelen orta doğu diliminde SAR değeri 1-1.50 ile en yüksek seviyede dağılım göstermektedir. Havzanın orta kuzey ve güney dilimlerinde SAR değeri, < 0.50; kuzey doğu ve orta batı dilimlerinde ise 0.50-1.00 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Şekil. 3).



Şekil 2. Fırat Havzası su kaynaklarının CBS'ye göre EC (tuzluluk) haritası



Şekil 3. Fırat Havzası su kaynaklarının CBS'ye göre SAR haritası

İstatistiksel veriler doğrultusunda, Fırat havzasında CO_3^{2-} ve HCO_3^- değerleri düşük ve $\text{Ca}^{++}+\text{Mg}^{++}$ miktarlarının ise yüksek olması nedeniyle RSC değerleri negatif veya 1.25 değerinin oldukça altında oldukları belirlenmiştir. Sulamada kullanılacak olan su kaynağının RSC değerinin 1.25'in altında olması durumunda sulamada emniyetle kullanılabilmesi ifade edilmiştir (Ayyıldız,1990; FAO, 1988; Özgüler,1999). $\text{Ca}^{++}+\text{Mg}^{++}$ miktarı havzada yer alan tüm gözlem istasyonlarında ortalama 1.09-4.20 me/l arasında, CO_3^{2-} miktarı ortalama 0.10-0.48 me/l ve HCO_3^- miktarı da ortalama 0.17-3.33 me/l arasında değişmekte olup sulama açısından herhangi bir sorun teşkil etmemektedir.

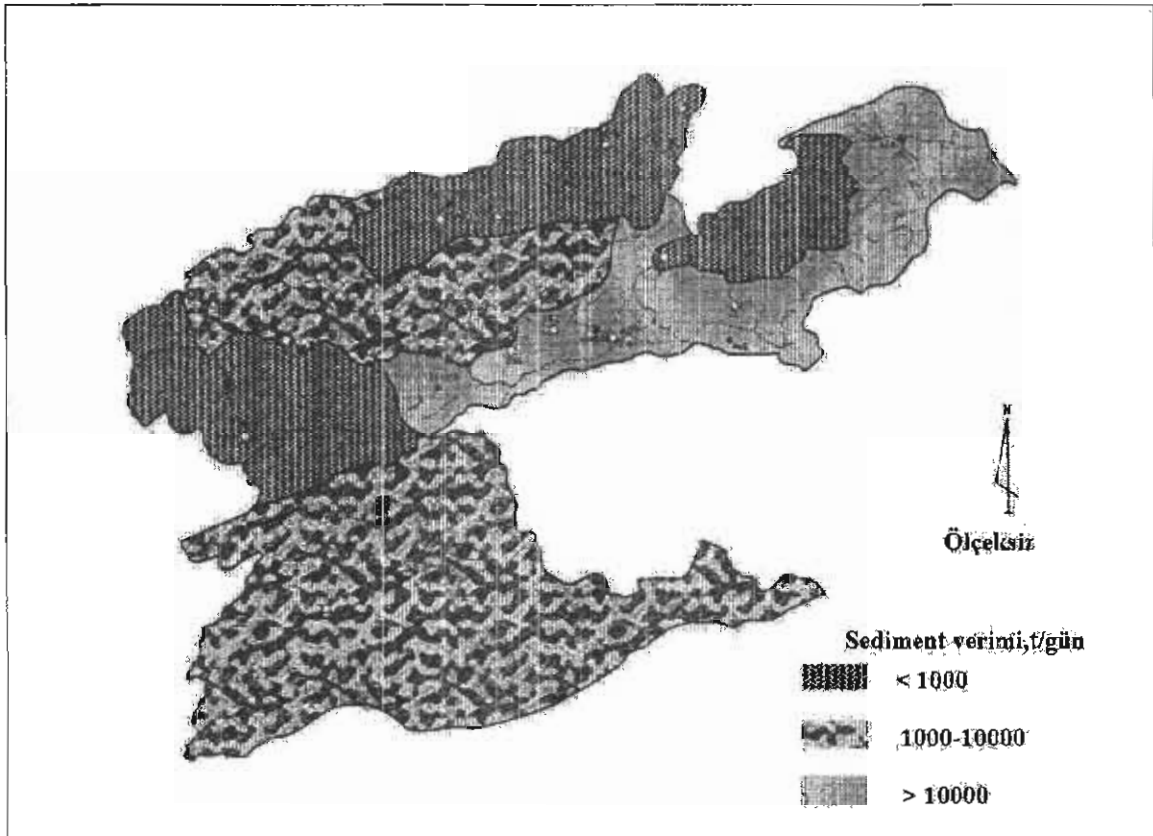
Özellikle bitki fizyolojisinde önemli zararlar oluşturan Cl^- iyonunun sulama suyundaki üst limit değeri 350 mg/l olarak belirlenmiştir (Özgüler, 1999). Bu standartlara göre Fırat havzası su kaynaklarının Cl^- değerleri ortalama 0.17-1.57 me/l arasında değişmekte olup, sulamada emniyetle kullanılabilir niteliktedir. Fırat havzası su kaynaklarının SO_4^{2-} iyonu konsantrasyonu ise ortalama 0.11-1.07 me/l arasındadır (Tablo 1).

Doğal sularda eser miktarda bulunan Bor iyonu, 0.67 ppm üzerindeki konsantrasyonlarda toprakta biriktiği ve hassas bitkiler için zararlı etkiler oluşturduğu bilinmektedir (Ayyıldız, 1990). Buna göre, Fırat havzası

su kaynaklarına ait Bor konsantrasyonunun ortalama 0.06-0.52 ppm arasında değiştiği ve Bor'a hassas yarı dayanıklı ve dayanıklı bitkiler için kullanılabilir nitelikte (1. sınıf, 2. sınıf) oldukları belirlenmiştir (Ayyıldız, 1990; FAO, 1988).

Fırat havzasında yer alan suların, pH değerleri ortalama 7.90-8.20 arasında değiştiği görülmüştür. Sulama suyunun pH'sının 7 civarında olmasının sulama açısından yeterli olacağı, ancak pH'sı 8.5'in üzerinde ve 5.5'in altında olan suların sulamada emniyetle kullanılabilmesi için toprak bünyesinin, drenajın ve bitki toleranslarının yeterli olmasının gerekliliği rapor edilmiştir (Özgüler,1999). Bu değerlendirmeye göre, Fırat havzası su kaynakları pH bakımından sulamada emniyetle kullanılabilir niteliktedir.

Fırat havzası, sediment konsantrasyonlarının ortalama 0-1441,7 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek sediment konsantrasyonu sırasıyla 2102, 2166, 2141 ve 2174 nolu gözlem istasyonlarında ölçülmüş olup; sırasıyla 2007ppm; 3016 ppm; 2360 ppm; 2071 ppm dir (Tablo 1). Havzaya ait akarsu debilerinin ortalama değerleri dikkate alınarak her istasyonun sediment verimleri t/gün olarak hesaplanmış ve CBS ortamında sediment dağılım haritası oluşturulmuştur (Şekil 4).



Şekil 4- Fırat Havzasında ortalama taşınan sediment verimi dağılım haritası

Havzanın kuzey doğu diliminden Keban barajının yer aldığı orta doğu dilimine kadar olan bölümde, mevcut debiye göre gelen sediment miktarı 10000 t/gün'den daha fazla olduğu görülmüştür. Söz konusu kesimlerde Ağrı dağı ve Doğubeyazıt-Diyadin ovalarının yüzeylerinin oldukça çıplak olmasından dolayı söz konusu kesimlerin sediment konsantrasyonu yüksek çıkmıştır. Karaoğlu (2003)'e göre 1974 yılından beri Keban barajına taşınan sediment miktarının 31.5 milyon t/yıl olduğu ifade edilmiştir.

Havzanın Malatya, Erzurum ve Dumlupınar dağlarının yer aldığı bölümlerinde ise mevcut debiye göre gelen sediment miktarı 1000 t/gün'den az olup tüm havzada en düşük seviyededir (Şekil 4). Özellikle Fırat havzasının batı, kuzey ve kuzeydoğu dilimlerinde dağılımı gösteren söz konusu alanlardaki orman ve mera örtüsünün Fırat havzasının diğer kesimlerine kıyasla daha düzenli ve yeterli olmasından dolayı bu kesimlerdeki sediment miktarı havzanın diğer bölümlerine oranla daha düşük çıkmıştır. CBS ortamında hazırlanan haritaya göre Fırat havzasının % 55'lik dilimini kapsayan güney ve orta kuzey kesimlerinde ise gelen sediment miktarı 1000-10000 t/gün arasında değişimi göstermektedir.

Sonuç olarak, Fırat havzası su kaynaklarının kalitesine ilişkin verilerin CBS ortamında değerlendirildiği çalışmada, havzanın su kalitesinin C_1S_1 ve C_2S_1 sınıfında sulamaya elverişli olduğu tespit edilmiştir. Sediment verimine göre yapılan değerlendirme sonucunda ise Fırat havzanın %50'sinden daha büyük bir diliminde sediment konsantrasyonu fazla olup, en önemli su kirlilik parametresinin suyla taşınan sediment olduğu görülmüştür. Fırat nehrinin geçtiği ve Güney Doğu Anadolu (GAP) projesinin önemli bir kısmını içine alan havzada, henüz nüfus yoğunluğunun düşük olması, sanayileşmenin yaygınlaşmaması ve yoğun tarım yapılmaması nedeniyle fiziksel bir kirlenme dışında bir su kirlenmesi mevcut değildir. Ancak, GAP projesinin tam kapasiteyle gerçekleşmesi sonucunda akarsuların su kalitelerinin sık periyotlarla gözlemlenmesinin mutlak suretle gerekli olacağı düşünülmektedir.

ÖNERİLER

Fırat havzası su kaynaklarının kalitelerinin korunması ve sürdürülebilmesi için aşağıdaki öneriler yapılabilir;

- Fırat havzası genelinde, mevcut sulama suları pH, EC, SAR ve diğer anyon ve katyon konsantrasyonları bakımından sulamaya elverişli oldukları, ancak havzasında yer alan toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için söz konusu kalitelerinin birer eko-sistem olarak kabul edilerek kalitelerinin korunması gerekmektedir.
- EC değerleri bakımından en yüksek seviyede olan sular, Fırat havzasının orta kuzeydoğu ve batı dilimlerinde dağılım göstermekte olup,

500-750 $\mu\text{mhos/cm}$ arasında değişmektedir. Söz konusu bu alanlarda sulama suyunun kalitesinin periyodik olarak izlenmesi sürdürülebilir çevre açısından zorunludur. Havzanın bu alanlarında kontrollü sulama yaparak ve yapay gübre kullanımından mümkün olduğunca kaçınılarak organik tarıma yönelik tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirilmesi teşvik edilmelidir.

- Fırat havzasındaki tesislerin aktif hacimlerinin taşınan sedimentle dolmasını önlemek için, teraslama, mera ıslahı ve ağaçlandırma gibi toprak koruma ve amenajman çalışmaları Fırat havzası sediment verimi haritasına göre gerçekleştirilmelidir.
- İçme ve kullanma suyu rezervuarlarının çevresinde oluşturulması gerekli koruma alanlarına ilişkin olarak hiçbir (teknik yapılar hariç) yapılaşmaya izin verilmememelidir.
- Su kalitesini tüm ülkede izleyebilecek bir kalite izleme ağı kurulmalı ve bu uygulamaya öncelikli olarak Fırat havzasından başlanması sağlanmalıdır.

Şüphesiz alınması gereken bu önlemlerin tümü gerçekleştirilirken; bu çalışmada belirlenen haritalar ve mevcut su kalite verileri mutlak suretle dikkate alınarak Fırat havzası için en uygun toprak ve su yönetimi planları oluşturulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 1970. Fırat Havzası İstikşaf Raporu. Cilt I, II., DSİ Gen. Müd. No: 12-46 B; Ankara.
- Anonim, 1988. Resmi Gazete. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği. 4 Eylül 1988 tarihi T.C. Başbakanlığı Resmi Gazetesi.
- Anonim, 1990a. Ülkemizdeki Erozyon Sorunu ve DSİ Çalışmaları. DSİ Gen. Müd. Etüd ve Plan Dairesi Baş. Yayınları, Ankara.
- Anonim, 1990b. Su Kalitesi Gözlem Yılı. DSİ Gen. Müd., Ankara.
- Anonymous, 1991. PC Arc/ Info Starter. Kit Training Workbook. Geographic Information System Software for the PC, Vol: I, II, III, IV, V, California, USA.
- Anonymous, 1992. Grid Commands References, Arc/ Info User's Guide, Environmental Institute (ESR), Inc. USA.
- Anonim, 1996. Türkiye Akarsularında Su Kalitesi Gözlemleri. EİE Gen. Müd. Yayınları, 96-4, Ankara.
- Apaydın, H., Öztürk F., Sönmez F.K., 1996. Sakarya ve Kızılırmak havzalarının sulama suyu kalitesi ve sediment verimlerinin CBS ortamında incelenmesi. Tarım ve Çevre İlişkileri Sempozyumu, 317-326, Mersin.
- Ayyıldız, M., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluk Problemleri. A. Ü. Zir. Fak. Ders notları No: 344, Ankara.
- Baltacı, F., 2003. Su kaynaklarının kalitesinin belirlenmesi ve ilgili standartlar. Türkiye'nin Kıta İçi Su Kaynaklarında Kirlilik Etüdüleri ve Çözüm Önerileri Bildirileri. DSİ Gen. Müd. İçme suyu ve Kanalizasyon Dairesi Baş., 73-88, Ankara.
- Beyazıt, M., 1998. Hidrolojik Modeller. İstanbul Tek. Ü. Yayınları, I. baskı, İstanbul.
- FAO, 1988. Guidelines, for Drinking Water Quality, Second Edition. I., Recommendations, World Health Organization, Geneva.
- Gündoğdu, K.S., Demir A.O., Akkaya, Ş. T., 2001. Göletlerin bazı hidrolojik analizlerinin Coğrafi Bilgi Sistem (CBS) ortamında yapılma olanakları. Kültürteknik Demeği, Uluslararası Sulama Kongresi Bildiriler Kitabı. s, 247-252., Belç Antalya.

- Karaoglu, A., 2003. Su kalitesi ve yönetimi. Türkiye'nin Kıta İçi Su Kaynaklarında Kirlilik Etütleri ve Çözüm Önerileri Bildirileri. DSİ Gen. Müd. İçme suyu ve Kanalizasyon Dairesi Baş 15-23, Ankara.
- Kızılkaya, T., 1988. Sulama ve Drenaj DSİ Gen. Müd., II. hask., 177-206, Ankara.
- Özgüler, M., 1999. Sulama suyu kalitesinin değerlendirilmesi. Su ve Toprak Laboratuvar Semineri Tebliğleri. DSİ Gen. Müd. Yayınları, 77-90, İzmir.
- Roming, D.E, Garyld,M.J., Harris R.F., 1996. Farmer-Based Assesment of Soil Quality: A Soil Health Scorecard. P.39-60. In H.W. Doran and A.J Jones (ed). Methods for Assessing Soil Quality SSSA Spec. Publ. No:49, Madison, WI.
- Sezen, Y., 1995. Toprak Kimyası. Atatürk Üni. Zir. Fak. Yayınları No:322, 67-125, Erzurum.
- Uslu, O., 1990. Su kirliliği kontrol yönetmeliği. Su Kirliliği Kontrol Dergisi. 1,1, 7-14.