



## Tarımda Su Kalitesi ve Su Kirliliğinin Önemi: Bursa Nilüfer Çayı Örneği

Saliha DORAK<sup>1\*</sup>, Barış Bülent AŞIK<sup>2</sup>, Gökhan ÖZSOY<sup>3</sup>

**Öz:** Dünyada su kullanımı açısından sanayi, nüfus ve tarım sektörü büyük bir rekabet halindedir. Özellikle suya ihtiyaç duyan endüstriyel yatırımlar, zengin yeraltı suyu potansiyeline sahip mutlak tarım arazilerini tehdit etmektedirler. Buna ek olarak oluşturdukları atıklarla da yerüstü sularını kirletmektedirler. Ülkemizin Dünya’da su kıtlığı çeken bir konumda yer aldığı düşünüldüğünde su kullanımı ve su kaynaklarının doğru yönetimi büyük önem arz etmektedir. Genel olarak, mevcut suyun % 20’si sanayide, % 10’u içme-kullanma suyu olarak ve %70’i de tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Bursa ili tarımsal potansiyeli, yüzey ve yeraltı suyu kaynakları nedeniyle önemli bir bölgedir. Herhangi bir nedenle su kalitesinin bozulması ve suyun kirlenmesi sonucu tarımsal üretimde ciddi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle tarımda kullanılan suyun miktarı ve kalitesi tarımsal verimlilik açısından büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda, Bursa ilinde tarımsal sulama ve su kirliliği konusunda ciddi sorunlar yaşanmakta ve bazı ciddi çevre sorunlarıyla karşılaşmaktadır. Son yıllarda Nilüfer Çayı’nda yaşanan kirlilik sorunu bunun güzel bir örneğidir.

**Anahtar Kelimeler:** Nilüfer Çayı, su kalitesi, su kirliliği, tarım.

\* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** <sup>1</sup> Saliha DORAK, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bursa, Türkiye, [saliha\\_dorak@hotmail.com](mailto:saliha_dorak@hotmail.com), [OrcID 0000-0001-5699-5690](https://orcid.org/0000-0001-5699-5690)

<sup>2</sup> Barış Bülent AŞIK, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bursa, Türkiye, [bbasik@uludag.edu.tr](mailto:bbasik@uludag.edu.tr), [OrcID 000-0001-8395-6283](https://orcid.org/000-0001-8395-6283)

<sup>3</sup> Gökhan ÖZSOY, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bursa, Türkiye, [ozsoyg@uludag.edu.tr](mailto:ozsoyg@uludag.edu.tr), [OrcID 000-0002-4421-7936](https://orcid.org/000-0002-4421-7936)

## The Importance of Water Quality and Water Pollution in Agriculture: Case of Nilüfer Creek in Bursa

**Abstract:** In terms of water use, industry, population and agriculture sector are in great competition in the world. Industry that need a lot of water, threaten the valuable agricultural land which are rich in underground water. In addition, their wastes pollute the surface waters. Considering that Turkey is located on water scarcity zone in the world, the right management of water use is very important. In general, 20% of the available water is used in industry, 10% is used as drinking water and 70% is used in agricultural irrigation. Bursa province is an important area due to its agricultural potential, surface and underground water sources. Serious problems can arise in agricultural production as a result of water quality deterioration and water pollution for any reason. Therefore, both the quantity and quality of the water used in agriculture are of great importance in terms of agricultural productivity. In recent years, there have been significant problems in agricultural irrigation and water pollution in Bursa province, and following that some serious environmental problems are encountered. The pollution problem experienced in Nilüfer Creek in recent years is a good example of this.

**Keywords:** Agriculture, Nilüfer Creek, water quality, water pollution.

### Giriş

Tarımda sulama, bitkinin ihtiyaç duyduğu ve yağışlarla karşılanamayan suyun toprakta bitkinin kök bölgesine gereken miktar ve zamanda verilmesi olarak tanımlanmaktadır. Ülkemizin birçok bölgesi kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer almaktadır. Bitkisel üretim açısından birçok bölgemizde yağışın yetersiz olması nedeniyle yüksek düzeyde verim ve kaliteli ürün elde edebilmek için sulama yapılması gerekmektedir. Ülke nüfusunun 80 milyonu aşması sonucu kaliteli içme-kullanma suyuna olan ihtiyacın karşılanabilmesi, son yıllarda hızla gelişen sanayinin yoğun su ihtiyacı ve tarımsal sulama için gereken miktarın sağlanabilmesi için ülkemiz su kaynaklarının daha etkili ve verimli kullanılması büyük önem taşımaktadır. Tüm bu kullanımlar için doğan kaliteli su ihtiyacı ancak doğru toprak ve su yönetimi ile sağlanabilmektedir.

Su kaynaklarının akılcı ve sürdürülebilir kullanımı mekânsal ve sektörler arası planlama ve karar verme süreçlerinin eşgüdüm ve entegrasyonu ile başarılabilir (Aksungur ve Firidin, 2008) Su kaynaklarının yönetiminde iki temel husus ortaya çıkmaktadır: Bunlardan biri su kaynaklarını korumak, diğeri ise sürdürülebilir bir şekilde su kaynaklarının kullanımını yönetmektir (Aksungur ve Firidin, 2008). Bu çalışma tarımsal üretimde suyun önemi hakkında temel bilgiler sunmaktadır.

### Tarımda Sulamanın Önemi

Türkiye’de toplam su varlığının % 75’i sulamada kullanılmaktadır (Anonim, 2007). Avrupa Birliği’ndeki (AB) toplam su varlığının ise %33’ü tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Bu oran Güney Avrupa’da %75’e

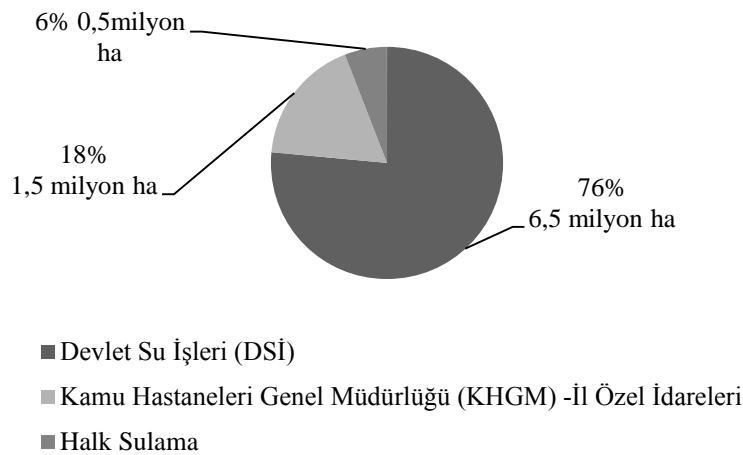
çıkılmaktadır. Orta ve Batı Avrupa’da ise suyun büyük kısmı (%57) özellikle soğutma amaçlı olarak enerji üretimi ve kentlerde içme-kullanma suyu olarak kullanılmaktadır (Anonim, 2007). Ülkemizde olduğu gibi AB’de de, sulamada kullanılan suyun miktarı, iklim, toprak yapısı, ürün tipi, su kalitesi ve sulama tekniklerine göre değişmekle birlikte sulama teknolojilerinin kullanılmaması sebebiyle birçok çevresel ve ekonomik sorunlar ortaya çıkmaktadır (Anonim, 2005). Birçok kaynakta su potansiyelinin paylaşılmasındaki kullanım önceliği şu şekilde sıralanmıştır (Aksoy ve ark., 2014):

- 1) İçme ve kullanma ihtiyacı
- 2) Hayvanlar ve doğal hayatın devamı için gerekli su ihtiyacı.
- 3) Tarımsal sulama suyu ihtiyacı
- 4) Enerji ve sanayi suyu ihtiyacı
- 5) Ticaret, turizm, balıkçılık vb. su ihtiyacı

Dünyada su kullanımı gelişmişliğin bir göstergesi olmaktadır. Az gelişmiş ülkelerde tarım amaçlı su kullanımı %70’ler düzeyinde iken gelişmiş ülkelerde tarım dışı ağırlıklı su kullanım oranı %65’i bulmaktadır (Aksungur ve Firidin, 2008; Ochqun, 2015) .

Su ve sulama tarımsal üretimde ve verimliliği sağlanmasında en önemli girdilerin başında gelmektedir. Ayrıca sulama ve konu ile ilgili sektörlerin gelişmesi ile ilave istihdam yaratılmış olmaktadır. Üreticilerin sulama olanağına kavuşması ile gelir düzeyleri artmakta ve buna bağlı olarak bilgi ve becerilerinin artması ile daha etkin gübre uygulamalarına geçebilmektedirler. Ayrıca, sulama ve gübreleme olanaklarının gelişmesi ile ürün çeşitliliğinde artış da sağlanmaktadır.

Türkiye’de 2023 yılına kadar sulamaya açılması planlanan tarım alanları Şekil 1’de verilmiştir. Sulanabilir 8,5 milyon hektar (ha) alanın sulamaya açılması ile birlikte son yıllarda önemli bir sorun olan köyden kente göçün önüne geçilmesi de planlanmaktadır (Anonim, 2018).



Şekil 1. Türkiye 2023 Yılı Sulama Alanları Dağılımı (Toplam 8,5 milyon ha)

## Sulama Suyu Kalite Parametreleri

Sulama Suyu kalite kriterlerinin oluşturulmasında temel olarak iki özellik ortaya çıkmaktadır. Bunlar; 1) Açığa çıkartıcı etki ilişkilerinin ortaya konması, 2) Bu ilişkilerin çalışma sınırlarının belirlenmesinde kullanılması (Yurtseven, 2016).

Sulama suyu kalite parametreleri denildiğinde tarımsal amaçlı kullanılacak olan suyun kullanıma uygunluğu hakkında bilgiler sunulmalıdır. Genel olarak sulama sularında bazı kriterler değerlendirilmektedir. Bunlar;

- Eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonu (EC)
- Sodyum (Na) iyonunun diğer katyonlara nisbi oranı
- Bor (B) gibi bazı toksik olabilecek özel elementlerin konsantrasyonları
- Bazı koşullarda kalsiyum (Ca) + magnezyum (Mg) konsantrasyonu ile ilgili olarak bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) konsantrasyonudur.

Bilindiği gibi tuzlar toprak çözeltisi içerisinde osmatik basınca neden olduklarından bitkinin su kullanımı üzerine etki ederler. Yüksek osmatik basınç etkisinde bitki su kullanımı etkilenir ve azalır bu durum bitkinin ölmesine sebep olduğundan sulama sularının içerdiği toplam tuzluluk miktarı sınıflandırma kriteri olarak değerlendirilmektedir (Yurtseven, 2016).

Na iyonunun oransal miktarı yüksek olduğunda toprağın fiziksel özellikleri olumsuz yönde değişir. Bu nedenle suların  $\text{Na}^+$  içerikleri % Na veya sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değerleri kullanılarak hesaplanmalıdır (Erdoğan ve Dağdelen, 2012).

Bitki gelişimi için gereklidir ancak B gibi birkaç ppm değerini geçince zehir etkisi yapan bazı özel iyonlarda vardır. Bitki zararlanmaları toplam tuzluluk zararı olarak değerlendirilmediğinde bunlar incelenmelidir. Bu iyonlar; Na, Ca, Mg, K, Cl, Sülfat ( $\text{SO}_4$ ),  $\text{HCO}_3$  ve B olarak sınıflandırılabilir (Yurtseven, 2016).

Ortamda bulunan Ca ve Mg iyonları  $\text{CO}_3$  ve  $\text{HCO}_3$  ile kimyasal reaksiyona girme eğilimindedirler. Ancak bu reaksiyondan sonra ortamda hala  $\text{HCO}_3$  kalırsa, bu iyon Na iyonu ile birleşerek  $\text{NaHCO}_3$  oluşturarak yüksek derecede Na zararını artırır (Erdoğan ve Dağdelen, 2012).

## Sulama Suyunun Toprak Özellikleri ve Bitki Gelişimi Üzerine Etkileri

Tarımsal sulamada toprak-bitki-su ilişkileri ve bunların insan ve çevreye olan etkileri üzerinde çok fazla durulmamaktadır. Bu nedenle üretici yeterince eğitilemediği için aşırı su kullanma eğilimi ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak, drenaj yetersizliği, yüksek taban suyu seviyesi, tuzluluk ve sodyumluluk gibi bazı toprak sorunları ortaya çıkabilmektedir.

Ülkemizde bir yandan yeni alanlar sulamaya kazandırılırken diğer yandan çok büyük yatırımlarla sulama şebekeleri tesis edilmiş araziler, yanlış tarım ve sulama uygulamaları nedeniyle hızla bozulmakta, kirlenmekte ve hatta kullanılamaz duruma getirilmektedir. Sulamaya açılan alanların büyük bir bölümü tuzluluk ve sodyumluluk

problemi ile karşı karşıyadır. Aşırı ve yanlış gübreleme toprak-bitki-su dengesini nitrit (NO<sub>2</sub>)-nitrat (NO<sub>3</sub>) kalıntılarıyla toprak yapısını bozmakta ve yer altı sularını kirletmektedir. Bilinçsiz sulama ile toprak tuzlaştırılmakta, taban suyu seviyesini ve kalitesini olumsuz etkilenmektedir.

Ülkemizde kurak veya yarı kurak bölgelerde başarılı bir sulu tarımın yapılabilmesi için toprak özelliklerine ve bitki ihtiyaçlarına uygun sulamanın yapılması gereklidir. Sulama suyunun arzu edilmeyen özellikleri bitki gelişmesini dolaylı ve dolaysız olmak üzere başlıca iki şekilde etkilemektedir.

Sulama suyunun bitki gelişmesine dolaysız etkileri ya bitki öz suyundan yüksek ozmotik koşulların yaratılması ya da suda fitotoksik (bitkilere zararlı) bileşiklerin bulunması nedeniyle ortaya çıkmaktadır (Kuruoğlu, 2017). Bilindiği gibi bitkiler gelişmelerinin ilk dönemlerinde (çimlenme ve fide devrelerinde) olgunlaşma dönemlerine oranla erimiş tuzlardan daha fazla zarar görürler. Bu durum ya verimin azalmasına ya da hiç verim alınmaması sonucuna yol açmaktadır. Suda erimiş tuzların olumsuz etkileri;

- Bitkide vejetatif büyümenin durması,
- Meyve ve tohum gelişiminin azalması,
- Ürünlerin pazar kalite değerinin bozulması biçiminde şeklinde karşımıza çıkmaktadır.

Sulama sularında tuz bileşiklerinden başka sediment, tarımsal mücadele ilaçları veya patojenik organizmalar bulunabilir. Bunların bulunması özel olarak bitki gelişmesine etki etmese de bazı ürünlerin pazar değerine etki eder. Bunun yanında göz önünde bulundurulması gereken diğer bir husus da bitkilere zararlı olmayan fakat bitkilerde birikmesi halinde insan veya hayvanlara toksik (zehirli) olabilecek elementlerin sulama sularında bulunup bulunmadığıdır.

Sulama suyunun bitki gelişmesine olan ikinci etkisi dolaylı etki olup, sulama suyu kalitesinin toprağa etki yapması dolayısıyla oluşan etkidir. Örneğin; sulama suyunda sodyumun bulunması halinde bu elementin toprak kompleksleri tarafından adsorbe edilmesi kil fraksiyonunun dispersiyonuna neden olur. Bilindiği gibi kil fraksiyonunun dispersiyonu toprak geçirgenliğinin azalmasına, kilin alt horizonlara hızlı yıkanmasına ve toprak yüzeyinde kabuk tabakasının oluşmasına neden olmaktadır. Kabuk tabakası ise tohumların çimlenerek toprak yüzeyine çıkmasını güçleştirdiğinden genellikle istenmeyen bir özelliktir. Bununla beraber çok tuzlu sularla sulanan topraklar floküle olurlar ve bunun sonucu olarak toprakların infiltrasyon hızı artar. Bundan sonra tuz miktarı daha az olan sulama sularının kullanılması halinde topraktaki kil fraksiyonunun disperse olması nedeniyle toprak geçirgenliği ve infiltrasyon hızı azalır.

Sulama suyu kalitesinin diğer bazı özellikleri de bitki gelişmesine etkili olabilir. Örneğin bu özellikler arasından sulama suyunun sıcaklığı ile biyolojik oksijen ihtiyacı sayılabilir. Sulama suyu sıcaklığının çok yüksek veya düşük olması halinde bitki kök bölgesi derinliğindeki toprak sıcaklığı da yüksek veya düşük olması nedeniyle bitki gelişmesini yavaşlatır veya tamamen durdurabilir. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD) değerleri yüksek olan suların kullanılması halinde ise toprak havalanması olumsuz etkilenir ve oksijen elverişsizliği nedeniyle bitki gelişmesinde olumsuz etkiler görülebilir.

İnorganik ve organik kompleks bileşiklerden oluşan toprak, sulama suyunda bulunan bileşiklerle hem fiziksel hem de kimyasal olarak reaksiyona girer. Suyun kalitesini ortaya çıkaran bu bileşiklerle toprak kompleksleri arasında meydana gelen reaksiyonlar sonucu bazı toprak özellikleri etkilenmektedir. Örneğin sulama suyunda Ca iyonlarının bulunması toprağın fiziksel özelliklerinden hava ve su geçirgenliğinin düzelmesine neden olduğu halde Na iyonlarının bulunması tamamen aksi durumun ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Bilindiği gibi toprakların fiziksel özellikleri genellikle toprakların kimyasal bileşimleri ile yakından ilgili bulunmaktadır. Toprak infiltrasyon hızı, hava ve su geçirgenliği, toprak strüktürü, gözenek miktarı ve gevşekliği gibi toprağın bazı fiziksel özelliklerinin toprağın kimyasal bileşimi ile değiştiği yapılan bazı araştırmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Sulama suyu kimyasal bileşimi de doğrudan toprak kimyası üzerinde etkili olduğundan su kalitesi ile toprak arasında yakın ilişki bulunmaktadır.

Bilindiği gibi toprağın organik ve kil fraksiyonları iyon değiştirme özelliklerine sahiptir. Bu toprak kompleksleri negatif (-) yük taşıdıklarından pozitif (+) iyonları yani katyonları adsorbe ederler. Adsorbe edilen katyonların başlıcaları da Ca Mg, potasyum (K), hidrojen (H) ve alüminyum (Al)'dur. Toprak içerisinde adsorbe edilen katyonların dağılımı toprak çözeltisi ile denge halindedir. Sulama veya gübreleme ile toprak çözeltisi bileşiminin değişmesi ile bu denge bozulur ve toprakta adsorbe edilmiş iyonların dağılımını değiştirir. Toprak komplekslerinde kalsiyum iyonlarının hâkim katyon olarak adsorbe edilmesi halinde bu toprak granüller bir strüktüre sahip olur ki kolayca işlenebilir ve geçirgen bir özellik gösterir.

Toprak komplekslerinde adsorbe edilen Na iyonları miktarının, topraktaki toplam katyonların %10 ve %15'inden fazla olması halinde kompleksleri dispersiyon durumuna geçer ve toprak daha az geçirgen bir özellik kazanır. Bu durum toprak içindeki toplam tuzların yüksek konsantrasyonları ile toprak komplekslerinin floküle olmalarına kadar devam eder. Toprak komplekslerinde Na iyonlarının fazlalaşması toprakların kurudukları zaman kabuk bağlamalarına, çatlama ve yarılmalarına, hava ve su geçirgenliğinin azalmasına neden olduğu gibi tohumların çimlenmelerini ve toprakların işlenmelerini oldukça güçleştirir.

Brokoli bitkisi için sulama suyu tuzluluğu ve su miktarlarının verim ve mineral madde içeriğine etkisi adlı çalışmada, bitki verimi üzerine sulama suyu tuzlulukları ile sulama suyu miktarlarının her ikisi de etkili olurken, kuru madde ve toplam kül değerleri üzerinde sadece tuzluluklar etkili olduğu görülmüştür. Verimde 6 dS/m düzeyinden itibaren önemli azalmalar olmuş, sulama suyu miktarındaki artış ise verimi azaltmıştır. Tuzluluğun artması bitki kuru madde miktarlarının azalmasına neden olurken, toplam kül içeriklerini artırmıştır (Yurtseven ve Baran, 2000).

Düşük kaliteli sulama sularının toprağa uygulanması, toprakta bitki besin maddeleri arasındaki mevcut olan dengenin bozulmasına, toksik iyonların birikimine, tuz miktarlarında artışlara ve toprak pH'sında düşümlere veya artışlara neden olmaktadır (Çakır ve ark. 1997).

## **Su Kirliliği ve Nilüfer Çayı Örneği**

Günümüzde insan ve canlı hayatı için en önemli faktörlerden biri olan ve kısıtlı durumda bulunan su kaynaklarının kirlenmesi çok önemli bir çevresel sorun haline gelmiştir. Su kirliliği; su kaynağının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen ve

doğrudan veya dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, balıkçılıkta, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde veya enerji atıklarının boşaltılması olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2004). En yaygın olarak su kirliliğinin meydana gelme sebebi atıksuların su kaynaklarına deşarj edilmesi sonucu oluşmaktadır. Genel olarak endüstriyel atıksuların sebep olduğu kirlenmelerde ekolojik denge bozulmasına daha çok rastlanmakta ve bu bozulma çoğunlukla geri dönüşü olmayan bir nitelik taşımaktadır (Tan, 2006).

Atıksular, meydana geldiği endüstriyel kuruluşun çeşidine göre; zararlı patojen mikroorganizmalar, organik ve inorganik bileşikler, alkaliler, metal tuzları, fenoller, oksitleyiciler, boyalar, sülfatlar, hidrokarbonlar, yağlar, demir (Fe), bakır (Cu), Al, civa (Hg), kadmiyum (Cd), arsenik (As), kobalt (Co), kurşun (Pb), krom (Cr) gibi ağır metaller ile organik fosfor (P) ve azot (N) gibi elementler içerebilmektedir. Bu atıksuların dere, nehir ve göl gibi su kaynaklarına verilmesi, su kaynaklarının kalitesini etkilemekte ve “kirlenmiş” olarak nitelendirilmesine neden olmaktadır. Bu olayın devamı olarak kirlenmiş suyun sulama amacıyla toprağa verilmesi ile sudaki kirlenici bileşenlerin toprağa ulaşmasına neden olunmaktadır. Bu nedenle akarsu, göller ve yeraltı su kaynaklarının kalite parametrelerinin takip edilmesi ve kirliliğin önlenmesi ülkelerin çevresel politikalarında önemli bir yer tutmaktadır. Kirliliğin önlenmesi için su kaynaklarının kirlilik durumunun, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerindeki değişimlerin sıklıkla takip edilmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Su kaynaklarının ağır metallerce kirlenmesi durumunda, özellikle Hg, Cd ve Pb gibi çok düşük konsantrasyonlarda bile zehir etkisi gösteren ağır metaller söz konusu olduğunda bu durum daha da önem kazanmaktadır (Galas-Gorcher, 1991). Çünkü ağır metaller biyolojik sisteme bulaştığında bozulma ve yok olması söz konusu olmadığından çevresel açıdan büyük sorunlara neden olmaktadır. Fe, Cu ve çinko (Zn) gibi ağır metaller aynı zamanda bitki ve diğer canlılar için besin elementi olsalar bile bu metallerin yüksek miktarları da ekolojik sistem için denge bozan bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bursa ilindeki su kaynaklarının kirliliği; sanayi tesislerinden kaynaklanan evsel ve endüstriyel nitelikli atıksular, yerleşim alanlarından kaynaklanan evsel nitelikli atıksular, düzensiz katı atık depolama sahalarında oluşup su kaynaklarına ulaşan süzüntü suları, katı atıkların su havzalarına dökülmesi, tarımsal amaçlı yapılan sulamadan sonra oluşan drenaj suları ile erozyon kaynaklıdır (CED, 2017).

Günümüzde kentleşmeye ve sanayileşmeye bağlı olarak, hem evsel hem de endüstriyel atıkların artması ile birlikte toprak ve su kirliliği önemli boyutlara ulaşmıştır. Bu durumun sonucu olarak ülkemizdeki birçok akarsu ve göl kirlilik yükü ile karşı karşıya gelmektedir. Bursa ilinde önemli bir yerüstü su kaynağı olan Nilüfer Çayı da benzer şekilde kirlenmiş ve su kalitesi kötüleşmiştir. Özellikle Bursa ilinde arıtma tesisi olan işletmelerin arıtma tesislerini düzenli çalıştırmamaları, buna ek olarak Bursa Ovasında verimli tarım arazileri üzerinde bulunan kaçak sanayi kuruluşlarının atıksularını Nilüfer Çayına doğrudan deşarj etmeleri ile çayın su kalitesi bozulmuş ve kirlilik düzeyi artmıştır (Anonim, 2011). Özellikle Bursa’yı baştan sona geçen Nilüfer Çayı ve kolları Bursa şehrine girişten batı yönü çıkışına varıncaya kadar “aşırı kirli su” sınıfına kadar kirlenmektedir. Bu durum “Su Havzalarında Kirlenme Durumlarının İncelenmesi ve Bu Havzalarda Kalite Sınıflarının Tespiti Projesi” kapsamında incelenen Susurluk Havzası’nda yer alan çaylar ve kirlilik durumları ile ilgili olarak Nilüfer Çayı’nın hem organik hem de ağır metal açısından aşırı derecede kirlenmiş olduğu ve Nilüfer Çayı’nın diğer bir



kolu olan Soğanlıdere ve Ayvalı Deresi'nin su kalitesi Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne (SKKY) göre IV. sınıfta yer aldığı şeklinde belirtilerek ortaya konulmuştur (Burak ve ark. 1997).

**Çizelge 1.** Bursa ili sınırları içerisinde kirliliğe maruz kalan su kaynakları ve kirlenme nedenleri

Su kaynağı	Kirlenme				
	Evsel sıvı atıklar	Evsel katı atıklar	Endüstriyel atıklar	Zirai faaliyetler	Denizcilik faaliyetleri
Marmara Denizi	x	x	x	x	x
Uluabat Gölü	x		x		
İznik Gölü	x		x	x	
Nilüfer Çayı	x	x	x		
Orhaneli Çayı	x		x		
Emet Çayı	x		x	x	
M. Kemalpaşa Çayı	x		x		
Susurluk Çayı	x		x	x	
Kocasu	x		x	x	
Karsak Deresi	x		x		

Kaynak (2002), tarafından Mart 1999 ile Haziran 2002 tarihleri arasında yapılan çalışmalarda, Bursa ili doğu ve batı atıksu arıtma tesislerinin giriş ve çıkışından alınan gümüş, alüminyum, arsenik, bor, kadmiyum, toplam krom, bakır, toplam demir, mangan, nikel, kurşun, antimon, kalay ve çinko miktarlarını belirlemişlerdir. Analiz sonuçları değerlendirilerek, tesislerin ağır metal giderim verimleri hesaplanmış ve verimi etkileyen faktörler irdelenmiştir. Bu 14 metal için ortalama giderim verimleri % 8 ile % 65 arasında değiştiğini hesaplamışlardır. Bursa kenti için, en önemli yüzeysel su kaynağı olan Nilüfer Çayı'nın mevcut kirlilik düzeyinin ortaya konması amacıyla Ekim 1999-Haziran 2002 tarihleri arasında 10 noktadan örnekler alınmıştır. Alınan anlık numunelerde pH, çözülmüş oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam demir, bakır, kadmiyum, çinko, siyanür, florür, kurşun ve toplam krom parametrelerinin analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre değerlendirildiğinde Nilüfer Çayı su kalitesinin Bursa kent merkezi çıkışında açık bir kanalizasyon niteliğinde olduğu belirlenmiştir. Kent merkezindeki evsel ve endüstriyel deşarjlar nedeni ile yoğun olarak kirletilen Nilüfer Çayı bu kirliliğini Marmara Denizi'ne taşımakta olduğunu belirtmişlerdir.

Küçükbalı (2003) tarafından yapılan çalışmada, Nilüfer Çayına uygulanan QUAL2E modelinde, azot ve fosfor formları için kalibrasyon, doğruluk ve duyarlılık analizleri yapılmış ve modelin güvenilir bir şekilde kullanılabileceği görülmüştür. Şubat 2002-Ocak 2003 tarihleri arasında on beş ölçüm istasyonundan numuneler alınmıştır. Alınan anlık numunelerde pH, sıcaklık, iletkenlik, Ç.O, BOİ<sub>5</sub>, KOİ, AKM, Ag, Al, As, B, Cd, Cr, Cu, Hg, Top Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, TKN, Top N, PO<sub>4</sub>-P, Top P, Klorofil-a ve toplam koliform parametresi analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği'ne göre değerlendirildiğinde; Gümüştepe ve Kaplıkaya Deresi ölçüm istasyonları hariç olmak üzere diğer tüm ölçüm istasyonlarının 4. ve 3. su kalitesinde olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda, endüstrinin yoğun olduğu ve



aynı zamanda Doğu ve Batı Atıksu Arıtma Tesislerinin bulunduğu 1. ve 3. alt havzalann en çok kirlilik yükünü getirdikleri belirlenmiştir.

Dorak ve Çelik (2017) özellikle evsel ve endüstriyel atıkların Nilüfer çayı üzerine etkisini belirledikleri çalışmada, Nilüfer Çayı'na deşarj eden 5 arıtma tesisinin çıkış noktasından ve bu tesislerin deşarj ettikleri derelerden Ağustos 2013 –Mayıs 2014 arasında 4 farklı dönemde atıksu örnekleri almışlardır. Alınan su örneklerinde pH, EC, sıcaklık, klor, sülfat, nitrat - N, amonyum -N, fosfor, bor, karbonat, bikarbonat, toplam kation ve ağır metal miktarları analiz edilmiş, SAR ve RSC parametreleri hesaplanarak elde edilen sonuçlar Resmi gazetenin 13/2/2008-26786 sayılı su kirliliği kontrol yönetmeliğinde belirtilen kriterlere göre değerlendirilmiştir. Alınan su örneklerinde pH 7.04 - 9.36, EC 0.36 - 6.75 mS cm<sup>-1</sup>, sıcaklık 10.7 - 32.9°C, amonyum-N 0-86.73 mg l<sup>-1</sup>, nitrat N 0-19.33 mg l<sup>-1</sup>, fosfor 0-10.68 mg l<sup>-1</sup>, bor 0-3.85 mg l<sup>-1</sup>, sülfat 7.82-624.03 mg l<sup>-1</sup>, klor 7.09-857.89 mg l<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir. RSC değeri 0-45.19 mg l<sup>-1</sup> ve SAR değerlerinin ise 0.21-36.71 arasında değiştiği bildirilmiştir. Çalışma sonucunda Nilüfer Çayı ve Nilüfer Çayı'na deşarj edilen kimi arıtma tesisleri atıksu kalite parametrelerinin dönemlere göre değişiklik gösterdiği, EC ve SAR dikkate alınarak yapılan sınıflandırmaya göre su numunelerinin C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>S<sub>4</sub> sınıfları arasına girdiği ve deşarj öncesi ve deşarj sonrası Nilüfer Çayı'ndan alınan su parametreleri incelendiğinde ise arıtma tesislerinden deşarj edilen suların Nilüfer Çayı'nın özellikle pH, EC, amonyum, fosfor, sülfat, bor ve klor değerleri açısından olumsuz yönde etki ettiğini belirlemiştir.

Aşık ve Özsoy (2016) yapmış oldukları bir çalışmada, Nilüfer Çayı'nın ana kolları ve kirlilik kaynaklarını yorumlayarak, altı farklı araştırma alanı oluşturmuşlardır. Araştırma alanlarını kirletici faktörleri (bazı endüstriyel arıtma tesislerinin deşarj noktaları) ve sulamanın yoğun yapıldığı yöreler tespit ederek belirlemiştir. Belirlenen bölgelerden toprak, su, bitki ve sediment (dip çamuru) örnekleri toplayarak örneklerde bazı kimyasal ve fiziksel analizler yapmışlar ve tüm örneklerin ağır metal [Cd, Cr, nikel (Ni), Pb, Cu, Zn, Fe ve mangan (Mn)] içeriklerini belirlemiştir. Çalışmada ayrıca su örneklerinin sulamaya uygunluk sınıfları ile toprak ve sediment örneklerinin toplam ve DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metal içeriklerini de belirlemiştir. Elde ettikleri analiz sonuçlarını ilgili yönetmeliklerde belirtilen sınır değerler ve bazı uluslararası kirlilik sınır değerleri ile karşılaştırmışlardır. Bunlara ek olarak, proje araştırma alanlarının kirlilik indekslerini (kirlilik faktörü (CF), zenginleşme faktörü (EF) ve jeobirikim indeksi (Igeo)) belirlemiştir. Toprak, su, bitki ve sediment örneklerinde yapılan tüm analiz sonuçlarını bölge için oluşturulan bir veri tabanına girerek incelenen her bir numuneye ait laboratuvar analiz değeri ve özellik ile ilgili renkli mekânsal dağılım haritalarını coğrafi bilgi sistemi (CBS) içinde oluşturmuşlar ve bazı istatistiksel analizler gerçekleştirmişlerdir. Böylece araştırma alanlarında toprak, bitki, Nilüfer Çayı suyu ve dip çamurunun incelenen özellikler bazında güncel durumunu gösteren renkli mekânsal dağılım haritaları ve kirlilik haritalarını elde etmişlerdir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; Nilüfer Çayının ötrofikasyon nedeni olan N ve P açısından IV. sınıf su kalitesinde olduğu; Pb, Cu ve Ni içeriği yönünden ise III. ve IV. sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Sediment (dip çamuru) kalite kriterlerine göre değerlendirildiğinde ise Nilüfer Çayı dip çamuru örneklerinin ağır metal içerikleri (Zn, Cu, Cr, Ni ve Pb) “orta” ve “aşırı düzeyde kirlenmiş” sınıflarında yer aldığı belirlenmiştir. Araştırmacılar proje kapsamında belirlenen araştırma alanlarında Nilüfer Çayının sulamada

kullanılması sonucu topraklarda ağır metal birikiminin olduğu ve özellikle bitki yetiştiriciliğinde önemli olan alınabilir miktarlar [diethylamin triamin penta asetik asit (DTPA) ile ekstrakte edilebilir] açısından Nilüfer Çayı kenarında yer alan ve yoğun tarımsal üretim yapılan topraklarda artışın olduğunu belirlemişlerdir. Çalışma bölgelerinde kirlilik faktörü (CF) değerleri 0,31 ile 6,31 arasında; zenginleşme katsayısı (EF) değerleri 0,20 ile 5,54 arasında değişim göstermiştir. Thomilson vd. (1980) kirlenme faktörü (CF) değerlerinin 1 ile 6 değerleri arasında değişim gösterdiğini ve 1-3 değerleri arasında orta düzeyde kirliliğin, 3-6 değerleri arasında ise ciddi bir kirliliğin olduğunu ifade edilmiştir. Mmolawa vd. (2011) tarafından bildirilen sınıflandırma  $EF < 2$ : minimum birikim,  $2 < EF < 5$  orta,  $5 < EF < 20$  önemli,  $20 < EF < 40$  çok yüksek birikim ve  $EF > 40$  son derece yüksek birikim olduğu şeklinde bildirilmiştir.

Bazı çalışma alanlarından alınan bitki örneklerinde Cu, B, Cr ve Ni miktarının toksik sınırlarda bulunduğu da tespit edilmiştir. Ağır metallerin bitkiye taşınım katsayılarının ise  $Cd > Zn > Cu > Pb > Mn > Ni > Cr > Fe$  şeklinde sıralandığını belirtmişlerdir (Aşık ve Özsoy, 2016).

## Sonuç

Nüfus artışı ve sanayileşme gün geçtikçe artmakta ve bu durum özellikle yoğun göç alan büyükşehirlerin içinde ve yakınında yer alan toprakların, bitki örtüsünün, yerüstü ve yeraltı sularının ve atmosferin, kısacası çevrenin, kirlenmesine neden olmaktadır. Tarımsal üretimde sulamanın önemi herkes tarafından bilinmektedir. Bu noktada sulamada kullanılacak suyun kalitesi büyük önem taşımaktadır. Akarsular, göller ve diğer su kaynaklarının kirlenmesi ile sulamada kullanılacak suyun kalitesi ve miktarında önemli sorunların ortaya çıkacağı açıktır. Aksi takdirde sulama suyu kalitesi düşük sularla yapılacak sulama ile toprak özellikleri ve bitki gelişiminde meydana gelebilecek olumsuzluklar insan ve çevre sağlığı açısından büyük sorunlar yaratacaktır. Bu nedenle, Bursa ilinde önemli bir sulama kaynağı olan Nilüfer Çayı ve onun kollarının sulama amaçlı kullanıldığı bölgelerde oluşabilecek çevresel ve sağlık risklerinin önüne geçilebilmesi, su kirliliğinin önlenmesi ve çayın ıslahı için yetkili kurumlar tarafından hazırlanacak kapsamlı bir eylem planının en kısa sürede hayata geçirilmesi gerekmektedir. Böylelikle yöre halkının Nilüfer Çayı'ndan yararlanma olanakları (balıkçılık, spor faaliyetleri, taşıma, vb.) da artacak ve yöreye ekonomik kazanç da sağlanacaktır.

## Kaynakça

- Aksoy, A, Demir, F. ve Öztürk, S. 2014. Türkiye'de Tarımsal Amaçlı Su Kullanımı ve Sürdürülebilirliği, XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, 3-5 Eylül, Samsun. s: 462-469.
- Aksungur, N. ve Firidin, Ş. 2008. Su Kaynaklarının Kullanımı ve Sürdürülebilirlik. SUMAE Yunus Araştırma Bülteni, 8:2.

- Anonim. 2004. Türkiye Çevre Atlası, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı, Ankara. s: 10.
- Anonim. 2005. Avrupa'da Çevrenin Mevcut Durumu ve Görünümü 2005 Yönetici özeti, [https://www.eea.europa.eu/publications/state\\_of\\_environment\\_report\\_2005\\_1](https://www.eea.europa.eu/publications/state_of_environment_report_2005_1) (Erişim Tarihi: 11.07.2018)
- Anonim. 2007. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), Rekabet Hukuku ve Politikaları, Özel İhtisas Komisyon Raporu. Yay. No. 2723-676.
- Anonim. 2011. Nilüfer Belediyesi Sağlık İşleri Müdürlüğü 2011 Yılı Faaliyet Rapor, Bursa. s: 12-27.
- Anonim. 2011. DSİ Genel Müdürlüğü, Tarımda Sulamanın Önemi. <http://www.dsi.gov.tr/docs/hizmet-alanlari/tarim-sulama.pdf?sfvrsn=2>. (Erişim Tarihi: 11.07.2018)
- Aşık, B.B. ve Özsoy, G. 2016. Nilüfer Çayı ile sulanan topraklarda ağır metal içeriklerinin belirlenmesi ve ağır metallerin bitkiye taşınım durumunun araştırılması. TUBİTAK TOVAG 114O713 nolu proje, Ankara, 75 s.
- Burak, S., Duranyıldız, İ ve Yetiş, Ü. 1997. Su Kaynaklarının Yönetimi, Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Ulusal Çevre Eylem Planı, 106 s.
- Çakır, R., Gidirişlioğlu, A., Tok, H.H., Avşar, F., Ekinci, H., Yüksel, O. 1997. Kirli nehir sularının entisol ordosuna ait toprağın bazı özelliklerine ve ayçiçeği bitkisinin gelişmesine etkileri. I. Trakya Toprak ve Gübre Sempozyumu, Tekirdağ, s:183-190.
- CED, 2017. Bursa İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, Bursa Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Hazırlayan: ÇED ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü-Bursa. s: 21-44.
- Dağdelen, E. 2012. Sulama Suyu Kalitesi/ (Farklı kaynaklardan derleme ve çeviri çalışması) <https://www.google.com.tr/search?q=ender+da%C4%9Fdelen%2C+sulama+suyu+kalitesi&oq=ender+da%C4%9Fdelen%2C+sulama+suyu+kalitesi&aqs=chrome..69i57.4828j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>. (Erişim Tarihi: 12/07/2018).
- Dorak, S., ve Çelik, H. 2017. Irrigation water quality of Nilüfer Stream and effects of the wastewater discharges of the treatment plants. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2017, 54 (3):249-257
- Galas-Gorcher, H.1991. Dietary intake of petricide residues: Cadmium, Mercury and Lead. Food add. Cont., 8: 793-80.
- Kaynak, A.G. 2002. Bursa şehir merkezinden kaynaklanan atıksular, arıtılmaları ve Nilüfer Çayı'na etkileri, Yüksek Lisans Tezi, U.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Kurunç, A. 2017. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk, Tuzluluğun Bitkilere Etkisi, Akdeniz Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Ders Notları. 2017-2018 EÖY Bahar yılı.
- Küçükballı, A. 2003. Nilüfer çayı havzası su kalitesinin belirlenmesi ve bazı parametrelerin QUAL2E modeli ile incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Mmolawa, K., Likuku, A. ve Gaboutloeloe, G. 2011. Assessment of heavy metal pollution in soils along roadside areas in Botswana. African Journal of Environmental Science and Technology, 5(3),186-196.

- Ochqun, M.H. 2015. Türkiye’de Su Yönetiminin Kurumsal Yapısına İlişkin Tespitler – Öneriler, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. s: 21.
- Tan, A. 2006. Atık sularda bazı kirlilik parametrelerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne. s: 34-36.
- Thomilson, D. C., Wilson, D. J., Harris C. R. ve Jeffrey, D. W. 1980. Problem in heavy metals in estuaries and the formation of pollution index. *Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, 33(1-4): 566-575.
- Yurtseven, E. ve Baran, H. Y., 2000. Sulama suyu tuzluluğu ve su miktarlarının brokkolide (*Brassica oleracea* botrytis) verim ve mineral madde içeriğine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24: 184-190.
- Yurtseven, E. 2016. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Açık Ders Malzemeleri. (Erişim Tarihi: 12/07/2018).