



**FIRAT-DİCLE HAVZA KORUMA
EYLEM PLANI ÇERÇEVESİNDE
KARASU NEHRİNİN SU KALİTESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Fatih KAYA

**Yüksek Lisans Tezi
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Teknolojileri Bilim Dalı
Doç. Dr. Zeynep EREN
2019
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FIRAT-DİCLE HAVZA KORUMA EYLEM PLANI
ÇERÇEVESİNDE KARASU NEHRİNİN SU KALİTESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Fatih KAYA

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
Çevre Teknolojileri Bilim Dalı**

**ERZURUM
2019**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**FIRAT-DİCLE HAVZA KORUMA EYLEM PLANI ÇERÇEVESİNDE KARASU
NEHRİNİN SU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Doç. Dr. Zeynep EREN danışmanlığında, Fatih KAYA tarafından hazırlanan bu çalışma .18./07./2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı – Çevre Teknolojileri Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak ~~oybirliği/oy çokluğu~~ (3./3) ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Alper NUHOĞLU

İmza:

Üye: Doç. Dr. Zeynep EREN

İmza:

Üye: Doç. Dr. Fatih TOSUNOĞLU

İmza:

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun .25./07./2019 tarih ve .30./07/2019 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FIRAT-DİCLE HAVZA KORUMA EYLEM PLANI ÇERÇEVESİNDE KARASU NEHRİNİN SU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Fatih KAYA

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Teknolojileri Bilim Dalı

Danışman: Doç Dr. Zeynep EREN

Bu çalışmada, Fırat-Dicle havzasının bir alt havzası olan Karasu havzasında AB SÇD uyum sürecinde ülkemizde başlatılan HKEP'lerinin ilki olan kentsel atıksu yönetiminin Erzurum ili sınırlarında doğan Karasu Nehri'nin su kalitesi üzerinde etkisi incelenmiştir. Erzurum ili kentsel atıksuları 2016 yılına kadar arıtılmadan Karasu Nehri'ne deşarj edilmektedir ve havzada su kalitesi izleme çalışmaları DSİ tarafından yürütülmektedir. 2016 yılından itibaren Erzurum AAT'nin devreye alınması ile Erzurum ili kentsel atıksuları arıtılarak Pulur Çayının Karasu nehrine döküldüğü noktanın hemen üzerinde tek bir noktadan deşarj edilmeye başlamıştır. Çalışma kapsamında DSİ tarafından Karasu Nehri üzerinde ve Karasu Nehri'nin kollarından olan Pulur Çayı üzerinde bulunan istasyonlardan alınan numune analiz sonuçları, Erzurum AAT giriş ve çıkış sularının analiz sonuçları ve bu tez kapsamında Karasu Nehri, Pulur Çayı ve arıtma tesisi deşarj noktası aşağısından alınmış numunelerin analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda kentsel atıksuların AAT'nde BOİ₅, KOİ, AKM, TN gibi ana kirlilik parametrelerinde %90'ın üzerinde bir verimle arıtıldıktan sonra Karasu'ya deşarj edilmesinin nehir su kalitesini korumaya yardımcı olduğu görülmüş, su kalitesinin korunması için atıksu arıtma tesislerinin gerekliliği vurgulanmıştır. Ancak 2015 yılından itibaren kapatılan DSİ su kalitesi izleme istasyonlarının, Karasu alt havzasının su kalitesinin izlenebilmesi için yeniden açılması gerekliliğinin, HKEP'nin ana ilkesi olan su yönetiminin bütünleşik bir yaklaşımla ele alınması açısından önemli olduğu görülmüştür. Bu durumun özellikle havzadaki yayılı kirlilik yüklerinin tesbiti ve önlenmesinde önem taşıyacağı düşünülmektedir.

2019, 86 sayfa

Anahtar Kelimeler: Karasu Nehri, Erzurum, Su Kalitesi

ABSTRACT

MS Thesis

EVALUATION OF WATER QUALITY OF KARASU RIVER WITHIN THE FRAMEWORK OF RIVER BASIN PROTECTION ACTION PLAN

Fatih KAYA

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering
Branch of Environmental Technologies

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Zeynep EREN

This study covers the effect of urban wastewater treatment management, which is the first river basin protection action of EU WFD adaptation process, on the water quality of Erzurum-sourced Karasu River. Erzurum's urban wastewater used to be discharged directly to the Karasu River until the year 2016. Monitoring work on the water quality of basin is conducted by State Hydraulic Works. Erzurum Wastewater Treatment Facility has started to operate since 2016 and the generated wastewater started to be discharged at one point just above the mouth of Karasu River where it meets the Pulus Stream after the treatment process. This study aims to provide the evaluation of the analysis results of water samples taken by the monitoring stations of State Hydraulic Works (DSI), the analysis results of inflow and outflow of Erzurum Wastewater Treatment Plant and the analysis results of samples taken from below the discharge point of Karasu River, Pulus Stream and treatment plant in the scope of this dissertation. As the result of this evaluation, it is revealed that discharging the urban wastewater to Karasu River after increasing 90 % of pollution parameters such as BOD₅, COD, TSS and TN is helpful to the protection of water quality and the importance of the wastewater treatment facility to water quality protection is once again emphasized. Also, the necessity of re-opening wastewater treatment facility monitoring stations which is closed since 2015 to monitor the water quality of Karasu Subbasin; and the importance of handling the water management, basic principle of River Basin Protection Action Plan, as a whole is mentioned. This situation holds great importance regarding the fixating and preventing the spread pollution in the basin especially.

2019, 86 pages

Keywords: Karasu River, Erzurum, Water Quality

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sırasında kıymetli bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren değerli hocam sayın Doç. Dr. Zeynep EREN'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca yardımcı olan Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde görev yapan hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmamız için veri talebinde bulunduğumuz, verileri bizimle paylaşan Devlet Su İşleri ve Erzurum Su Kanalizasyon İdaresi çalışanlarına teşekkür ederim.

Fatih Kaya

Temmuz, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	3
2.1. Suyun Önemi	3
2.2. Su Yönetimi.....	4
2.2.1. Avrupa Birliği su çerçeve direktifleri.....	6
2.2.2. Nehir havza yönetim planları (NHYP).....	9
2.2.3. Türkiye’de su yönetimi	12
2.2.4. Havza koruma eylem planları (HKEP)	16
2.2.5. AB SÇD’nin Türkiye’de uygulanabilirliği.....	21
2.3. Yüzeysel Sularda Kirlilik	25
2.3.1. Evsel kirlenme	28
2.3.2. Endüstriyel kirlenme	29
2.3.3. Tarımsal kirlenme.....	29
2.4. Su Kalite Parametreleri	30
2.4.1. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ).....	32
2.4.2. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	33
2.4.3. Çözülmüş oksijen (ÇO)	33
2.4.4. Askıda katı madde (AKM)	34
2.4.5. Toplam azot (TN).....	34
2.4.6. Sıcaklık.....	36
2.4.7. pH	37
2.4.8. Ülkemizde su temini ve su tüketimi	37
2.5. Literatür Özeti	39

3. MATERYAL ve METOT	42
3.1. Araştırma Alanının Genel Bilgileri	42
3.1.1. Fırat-Dicle Havzası.....	42
3.1.2. Karasu alt havzası.....	45
3.1.3. Erzurum	47
3.1.4. Erzurum atıksu arıtma tesisi	48
3.2. Metot	51
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	55
5. SONUÇLAR.....	70
KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	75

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

m ³	metreküp
mm	millimetre

Kısaltmalar

AAT	Atıksu Arıtma Tesisi
AB	Avrupa Birliği
ABK	Avrupa Birliği Konseyi
AKM	Askıda Katı Madde
BM	Birleşmiş Milletler
BOİ	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirme
ÇO	Çözünmüş Oksijen
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
DSİ	Devlet Su İşleri
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
NHB	Nehir Havza Bölgesi
NHY	Nehir Havza Yönetimi
NHYP	Nehir Havza Yönetim Planı
SÇD	Su Çerçeve Direktifi
UÇES	Çevre Entegre Uyum Stratejisi
UHYS	Ulusal Havza Yönetim Stratejisi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. İzometrik su döngüsü.....	4
Şekil 2.2. Avrupa nehir havza bölgeleri	7
Şekil 2.3. Nehir havzası şematik gösterimi.....	10
Şekil 2.4. Nehir Havzalarının entegre yönetimi.....	11
Şekil 2.5. Türkiye'nin 2018 yağış haritası.....	13
Şekil 2.6. Türkiye'nin su potansiyeli	14
Şekil 2.7. Havza bazlı yağış haritası	15
Şekil 2.8. Sektör bazında küresel su tüketimi	26
Şekil 2.9. Şehirlerdeki altyapı hizmetlerine ilişkin gelişmeler	28
Şekil 2.10. Atıksu arıtma tesisi sayısı	28
Şekil 2.11. Yüzeysel sularda azot döngüsü.....	35
Şekil 2.12. Azot döngüsü	36
Şekil 3.1. Fırat ve Dicle Nehirleri.....	43
Şekil 3.2. Fırat-Dicle havzasında noktasal ve yayılı kirletici yük kaynakları	44
Şekil 3.3. Karasu Alt Havzası	46
Şekil 3.4. Erzurum AAT şematik görünümü	51
Şekil 3.5. DSİ numune alma istasyonları.....	53
Şekil 3.6. Çalışma kapsamında kullanılan su numunesi alma noktaları	53
Şekil 4.1. Ilıca kollektör (1) ve ham atıksu deşarj noktasında (2) Karasu nehrinin numunelerinin alındığı noktaların yerleri	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Türkiye nehir havzaları hakkında genel bilgi	16
Çizelge 2.2. Şehirlerdeki altyapı hizmetlerine ilişkin gelişmeler	27
Çizelge 2.3. Su kalitesi sınıfları	30
Çizelge 2.4. Kıtaçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri.....	30
Çizelge 2.5. Sıcaklıkla oksijenin sudaki çözünürlüğü arasındaki ilişki.....	34
Çizelge 2.6. Türkiye'nin yıllık yağış bilgileri	38
Çizelge 2.7. 2002-2012 Belediye su göstergeleri	38
Çizelge 3.1. Erzurum biyolojik atıksu arıtma tesisi giriş suyu dizayn parametreleri.....	49
Çizelge 3.2. Erzurum Biyolojik AAT debi (kapasite) değerleri	49
Çizelge 3.3. Erzurum AAT üniteleri.....	50
Çizelge 4.1. Pulur Çayı üzerindeki 21-08-00-008 numaralı istasyona ait veriler.....	56
Çizelge 4.2. Karasu Nehri üzerindeki 21-08-00-009 numaralı istasyona ait veriler	56
Çizelge 4.3. Karasu Nehri üzerindeki 21-08-00-107 numaralı istasyona ait veriler	57
Çizelge 4.4. Karasu Nehri üzerindeki D21A200 numaralı istasyona ait veriler.....	58
Çizelge 4.5. Karasu Nehri üzerindeki D21A062 numaralı istasyona ait veriler.....	59
Çizelge 4.6. Pulur Çayı üzerindeki D21A132 numaralı istasyona ait veriler.....	60
Çizelge 4.7. Ilıca kollektör ve ham atıksu deşarj noktasında Karasu nehri kirlilik parametreleri.....	62
Çizelge 4.8. Erzurum Atıksu Arıtma Tesisi giriş ve çıkış suyu analiz sonuçları.....	63
Çizelge 4.9. Mayıs ayı analiz sonuçları	68
Çizelge 4.10. Haziran ayı analiz sonuçları.....	68
Çizelge 4.11. Temmuz ayı analiz sonuçları	69

1. GİRİŞ

Göller, nehirler ve yeraltı suyu akiferleri gibi tatlı su kaynakları, insan ve toplumların yaşamı için hayati öneme sahiptir. Bu tatlı su kaynakları birçok ekosistemi içerisinde barındırmanın yanı sıra içme ve kullanma suyu, tarım, sanayi, balıkçılık ve turizm gibi sektörler için de temel oluşturmaktadır. Bununla birlikte, dünyadaki tüm tatlı su kaynakları içerisindeki sadece yüzde %2,5'lik kısmının insan tüketimi için uygun olduğu göz önüne alındığında suyun kıt bir kaynak olduğu görülmektedir. Ayrıca, nüfus artışı, kentleşme hızı, yoğun sanayileşme ve nüfusa bağlı olarak artan tarımsal faaliyetler nedeniyle su arzına olan talep 1950'li yıllardan itibaren çarpıcı bir şekilde artmaktadır. Artan bu talep ile yüzey su kaynakları azalırken, tatlı su kaynakları içerisinde baskın bir kaynak olan yeraltı suyunun ise akiferlerden çekilme oranlarının sürdürülebilir kullanımının azaldığı görülmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar küresel iklim değişikliğinin de su kaynakları üzerinde önemli bir stres yarattığını ve su kaynaklarını tehdit ettiğini göstermiştir. Bu nedenle, hem su kaynaklarının etkin yönetimi hem de su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için doğadaki hidrolojik döngünün bütünsel bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Su kaynaklarının ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan en etkili yönetimi ise suyun doğal sınırlarını ifade eden havza planlaması ve yönetimi ile mümkün olmaktadır.

Öte yandan yoğun tarım, sanayi ve kentleşme faaliyetleri tatlı su kaynaklarının hızla kirlenmesine neden olmaktadır. Aşırı su tüketimi ve su kirliliği problemleri neticesinde tüm dünyada en fazla hasara uğrayan ekosistemlerin tatlı su ekosistemleri olduğu belirtilmiştir (WWF 2014). Sürdürülebilir olmayan su yönetimi ve uygulamaları doğal hidrolojik döngülerin kırılmasına sebep olmaktadır. Türkiye'deki ortalama yıllık yağış hacmi 501 milyar m³'tür. Bunun toplam 112 milyar m³'ü kullanılabilir su olup, mevcutta 40 milyar m³'ü kullanılmaktadır. 2023 yılında kullanılabilir rezervin tamamının kullanılması planlanmaktadır. Dolayısıyla su aslında stratejik bir kaynak olarak değerlendirilmelidir (Ormansu 2013). Dünya Meteoroloji Örgütünün 2002 yılında yayınladığı bir rapora göre; Türkiye'nin 1990 yılında sahip olduğu 3070 m³/kişi-yıl su potansiyeli, mevcut kullanım ile 2050 yılında 1240 m³/kişi-yıl'a; üç farklı geçici iklim

modeli senaryolarına göre ise 700-1910 m³/kiři-yıl'a dūřeceęini belirtmektedir (WMO 2002).

Yařamın vazgeçilmez kaynaklarından biri olan su kaynakları üzerindeki bu riskler nedeniyle Avrupa Parlamentosu ve Konseyi su kaynaklarının yönetimi için “Su Politikası Alanında Topluluk Faaliyeti için bir Çalışma Çerçevesi Oluřturan” 2000/60/EC sayılı ve 23 Ekim 2000 tarihli Su Çerçeve Direktifini (SÇD) çıkarmıřtır. Bu direktifin temel amacı, yüzey, kıyı, yer altı ve geçiř sularının korunması için bir çerçeve oluřturmaktır. Avrupa Birlięi (AB) üyelik sürecinde bir ūlke olan Tūrkiye, Su Mevzuatını zorunlu olarak AB SÇD ile uyumlu hale getirmiřtir. Temel amacı bir havzadaki tūm su kaynaklarını būtūncūl bir řekilde yönetmek olan bu direktif, ūlkemizde su yönetimi ile ilgili uyum ve uygulama çalışmaları sırasında esas alınmaktadır.

Bu çalışmada, AB uyum sürecinde olan ūlkemizdeki 25 nehir havzasından biri olan Fırat-Dicle Havzasının bir alt havzası olan Karasu Havzasının su kalitesinin, SÇD kapsamında belirlenmiř Havza Koruma Eylem Planları (HKEP) eylemlerinden ilki olan kentsel atıksu yönetimi ile deęiřimi incelenecektir. Bu amaçla Erzurum'da 2015 yılında faaliyete geçen Erzurum Būyūřehir Belediyesi Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinin faaliyetinden ūnceki ve sonraki dūnemlerde Karasu nehrinin su kalitesi verileri karřılařtırılacaktır. Karasu nehri ūzerinde yapılmıř sınırlı sayıda çalışmadan dolayı tez kapsamında ayrıca nehir ūzerinde DSI'nin ūlçūm yaptıęı ūlçūm istasyonlarından da su numuneleri alınarak analiz edilmiř ve sonuçların deęerlendirilmesinde kullanılmıřtır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Suyun Önemi

Dünyanın sahip olduğu su miktarının ortalama 1.400 milyon km^3 olduğu bilinmekte, bu sayının %97,5'i tuzlu suları, yani okyanus ve denizleri kapsamaktadır. Sadece %2,5'lik kısmını ise kullanıma uygun tatlı su kaynakları oluşturmaktadır. Ortalama olarak dünya üzerindeki suyun 500.000 km^3 'ü buharlaşmalar neticesinde atmosfere gitmekte ve hidrolojik döngü ile birlikte kar ve yağmur olarak yeryüzüne geri inmektedir. Bu miktarın yağış olarak yeryüzüne düşen kısmı 100.000 km^3 olup, bunun 40.000 km^3 'ü akış formuna kavuşarak deniz ve gölleri beslemektedir. Yeryüzünün kara kısmına düşen ve akış formuna geçen miktarın sadece 9.000 km^3 'ü teknik ve ekonomik sebeplerden ötürü kullanılabilir durumdadır (DPT 2001; Hakyemez 2019).

Yaşamın temel bileşenlerinden olan su, besin maddesi olmasının yanı sıra içeriğindeki mineral ve bileşikler ile vücudumuzdaki metabolizmal reaksiyonların gerçekleşmesini sağlamaktadır. Su, vücudumuzun yapı taşları olan hücrelerimizin içindeki molekül ve organellere ortam oluşturur, pH dengemizin korunmasına katkı sağlar, vücut içindeki besin ve artıkların ilgili yerlere taşınarak metabolizmanın işleyişine imkan sağlar. Bu nedenle susuz bir hayat düşünülemez (Akın ve Akın 2007).

Yeryüzünde katı, sıvı ve gaz halinde bulunan su, insan yaşamının ve refahın bir kaynağı olarak da önem taşımaktadır. Su, yeryüzü, yeraltı ve atmosfer arasında sürekli bir döngü halindedir ve sonu olan bir değerdir (Şekil 2.1). Sürdürülebilirlik ve yoksullukla mücadelenin en önemli bileşeni olduğundan su kaynaklarının doğal sınırları içerisinde yönetimi zorunlu hale gelmiştir, çünkü artan dünya nüfusu ile birlikte artan talep su mevcudiyeti üzerinde baskı oluşturmaktadır. Bu nedenle su sorunu sadece gelişmekte olan ülkeleri değil, gelişmiş ülkeleri de yakından ilgilendiren bir konudur (Hakyemez 2019). Bugün dünyada 844 milyon insanın yani dünya nüfusunun 9'da 1'inin temiz su kaynaklarına erişemediği belirtilmektedir. Dünya Ekonomik Forumu tarafından

yayınlanan bir rapora göre, su krizi topluma etki açısından 4 numaralı küresel riski oluşturmaktadır (water.org). Bu nedenle su kaynaklarının etkili yönetimi kaçınılmaz bir durum oluşturmıştır.



Şekil 2.1. İzometrik su döngüsü (Hakyemez 2019)

2.2. Su Yönetimi

Küresel nüfus artmaya devam ettikçe, gelecek nesillerin ekonomik ve güvenli suya erişebilmeleri için su kaynaklarının akıllıca kullanılması ve korunması çok önemli hale

gelmiş. Geleneksel su kaynakları planlamasının ve yönetiminin, su ile ilgili karmaşık sorunları çözmek için yetersiz olduğu tartışılmaktadır. Su sorunlarının yerel, bölgesel, ulusal ve hatta uluslararası düzeylerde diğer ekonomik, sosyal, çevresel, yasal ve politik konularla gittikçe daha fazla bağlantılı hale gelmesi nedeniyle, su yönetiminin tek bir bağımsız kurum tarafından ele alınması zordur. Bu durum karar verme sürecinde ilgili tüm konuların dikkate alındığı entegre su kaynakları yönetimini gerektirmektedir. Böyle bir entegre yaklaşım yalnızca tedarik yönetimi değil aynı zamanda talep yönetimi, halkın katılımı, çevresel, ekolojik, sosyo-ekonomik yönler ve sürdürülebilirlikten oluşmaktadır (Bouwer 2000; Biswas 2004). 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından ilk kez sürdürülebilir kalkınma kavramını tanıtan “Ortak Geleceğimiz Raporu”, başlıca çevre sorunlarına ve bunların nasıl giderileceğine dair kapsamlı bir bakış sağlamak için yayınlanmıştır. Raporda sürdürülebilir kalkınma, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilme kabiliyetinden ödün vermeden günümüz nesillerinin ihtiyaçlarını karşılayan gelişme olarak ifade edilmiştir. Brutland Raporu aynı zamanda su kaynaklarının da ilk kez havza bazında sürdürülebilir korunmasını gündeme getirmiştir. Rapora göre, sürdürülebilir kalkınmanın, su kalitesi üzerindeki olumsuz etkileri, su havzasının korunması ve yeterli kalitede su temininin en aza indirmesi gerektiği belirtilmiştir (BM 2019a). 2001’de Bonn’da düzenlenen “Uluslararası Tatlı Su Konferansı”nda ise nehir havzalarının su kaynakları yönetimi için temel referans çerçevesi olarak kabul edilmesi gerektiği belirtilmiş ve su kaynakları yönetimi için mevcut yasal sistemin iyileştirilerek Nehir Havzası Kanunu’nun oluşturulması gerektiğine vurgu yapılmıştır (BM 2019b). Nehir havzasının su yönetimi için uygun çerçeve olarak kabul edilmesi ile AB de kendi SÇD’ni hazırlayarak, tüm Avrupa nehir havzalarında kaynakların daha tasarruflu ve daha adil ve sürdürülebilir kullanımını teşvik etmek için yol gösterici bir klavuz oluşturmuştur. Bu direktif ile AB üye devletlerinin Nehir Havza Bölgelerini (NHB) tanımlayarak, 2009 yılına kadar Nehir Havzası Yönetim Planlarını (NHYP) hazırlayacakları ve tüm havzalar için NHYP’lerini oluşturacakları öngörülmüştür (AB 2000).

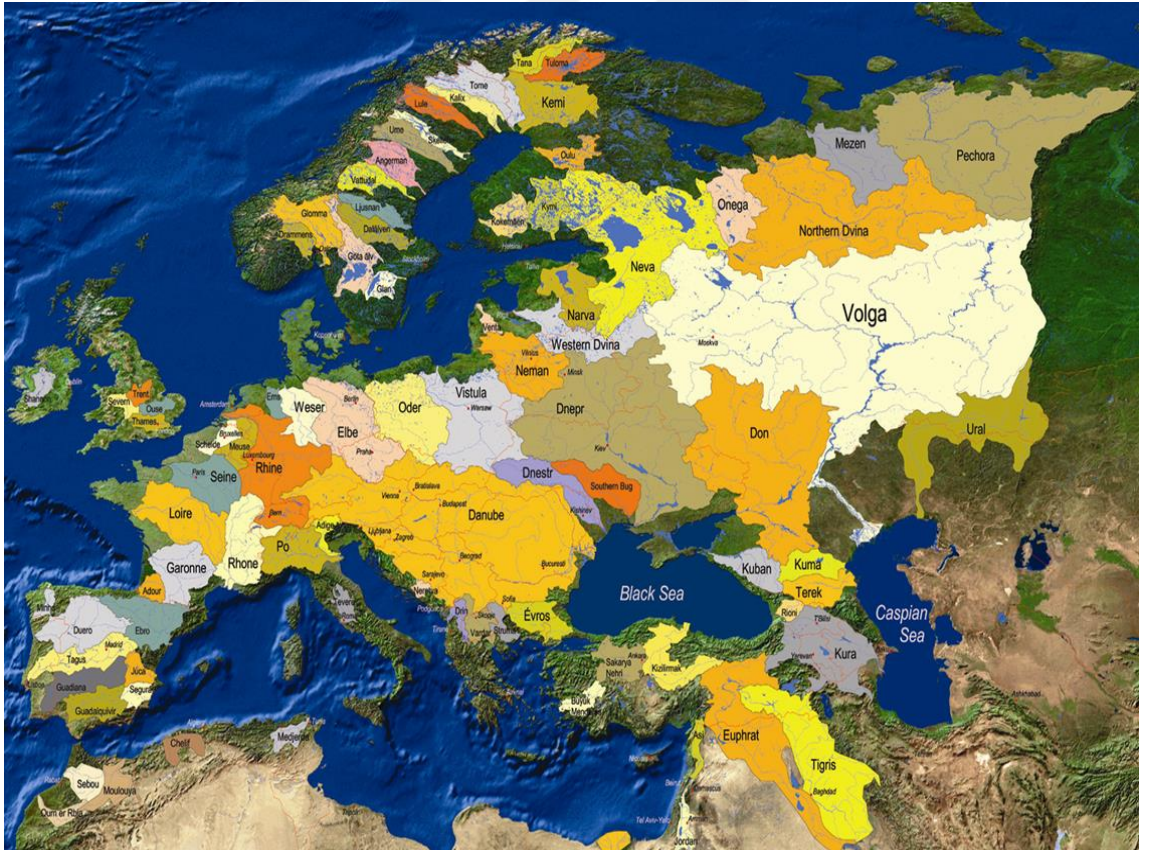
2.2.1. Avrupa Birliği su çerçeve direktifleri

AB su politikası üç farklı dönemde incelenebilmektedir. 1970-1980 arasındaki ilk dönemde öncelik halk sağlığını korumak olmuştur ve bu dönemde içme ve yüzme sularının kalitesi ile ilgili düzenlemeler yapılmıştır. 1990'lı yılları kapsayan ikinci dönemde, kirliliğin azaltılmasına önem verilmiş ve kentsel atıksu arıtma tesisleri önem kazanmıştır. Bu dönemde ayrıca nitrat direktifleri kabul edilmiştir. Üçüncü ve son dönem 2000'li yıllar ve sonrasını kapsamakta ve bu dönemde SÇD tanımlanmıştır. SÇD, AB'nin yeni su politikası olup bir nehir havzası ölçeğinde suyu yöneterek, bütünleşik yönetim ve sürdürülebilir su kullanımı konularına önem vermektedir. Bu dönemde içme ve yüzme suyu direktifleri ile SÇD'nin entegre edilmesi öngörülmüştür (Akkaya 2006).

SÇD'ye göre, suyun tek bir elden yönetim sistemi için en iyi model, idari veya politik sınırlara göre değil, nehir havzası olarak tanımlanan doğal coğrafi ve hidrolojik durumuna göre yönetilmesidir. AB SÇD, Avrupa'daki her türlü su kütlelerinin korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir kullanımı için bütüncül bir yaklaşım oluşturmayı amaçlayan yeni bir çerçevedir. Direktif, su ile ilgili farklı sektörler için ayrı politikalar geliştirmek yerine tek bir yasal çerçeve oluşturmaktadır. Bu amaçla üye ülkeler, her bir nehir havzası bölgesi için altı yılda bir NHYP oluşturmak ve güncellemekle yükümlüdürler. SÇD'nin ana hedefi, tüm sular için 2015 yılına kadar iyi durumu sağlamaktır. Bu ana hedef kapsamında Avrupa düzeyindeki en önemli hususlar, su ekolojisinin genel korunması, değerli habitatların özel korunması, içme suyu kaynaklarının korunması ve yüzme suyunun korunmasıdır. Bütün bu hedefler her nehir havzası için entegre edilmelidir. Böylelikle çevrenin bütünüyle yüksek seviyede korunması amaçlanmaktadır.

Bu amaçlar doğrultusunda, 23 Ekim 2000 tarihinde Avrupa Parlamentosu ve Avrupa Konseyi'nin su politikası alanında topluluk eylemi için bir çerçeve oluşturmasını öngören 2000/60/EC Direktifi veya AB SÇD kabul edildi. Direktif, 22 Aralık 2000 tarihinde Resmi Gazetede yayınlandı ve aynı gün yürürlüğe girdi (EC, 2019). Üye ülkelerin bu direktif doğrultusunda su kaynaklarını yönetmeleri gerekirken; üye olmak isteyen

Ülkelerin ise su kaynakları yönetim mevzuatlarını bu direktif doğrultusunda geliştirmeleri gerekmektedir. Yzeyssel, yeraltı ve geçiş sularının korunması ve iyileştirilmesi için bu direktif bir ereve oluşturmaktadır. Bu çerçevenin gerekliliği olarak su kaynakları havza bazında planlanmalı ve yönetilmeli, bu amaçla direktif NHYP'nın ilkelerini belirlemektedir (Karadağ 2006). ye ülkelerin bu Dirketif doğrultusunda kendi sınırları içindeki nehir havzalarını belirlemeleri ve belirlenen her bir havza için NHB oluşturmaları gerekmektedir. ye lkeler tamamı kendi sınırları içinde yer alan her bir NHB için bir NHYP hazırlamalıdır. Eğer havza ulusal sınırları aşıyor ise ilgili komşu ülkeler ile ihtiyaç duyulan çalışmalar yapılarak direktifin gerekliliklerinin yerine getirilmesi amacıyla ortak yönetim planları hazırlanmalıdır. şekil 2.2'de Avrupa nehir havza bölgeleri gösterilmiştir.



şekil 2.2. Avrupa nehir havza bölgeleri (WFD 2019)

AB su mevzuatının “anayasası” olarak kabul edilen SÇD, Avrupa'daki her türlü su kütlesinin korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir kullanımı için bütüncül bir yaklaşım oluşturmayı amaçlayan AB su politikası için yeni bir çerçeve getirmiştir. Bu nedenle, Direktif, su ile ilgili farklı sektörler için ayrı politikalar geliştirmek yerine tek bir yasal çerçeve oluşturmaktadır. Direktifin ana kavramları; entegre su yönetimi, nehir havzası bölge yaklaşımı, nehir havzası planlaması, kalite standartları ve emisyon limit değerlerinin entegre yaklaşımı, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi, ekolojik kalite, halkın katılımı, bilgi ve danışma, ekonomik analiz, finansal araçlar, ve geri kazanılabilir maliyet yaklaşımıdır.

Direktifin ana hedefleri:

- Su kaynaklarının daha az bozulmasını sağlamak
- Su ekosistemi çevresini korumak ve geliştirmek
- Uzun vadeli su korunmasına bağlı olarak sürdürülebilir su kullanımını desteklemek
- Yeraltı suyu kirliliğini azaltmak
- Kuraklık ve taşkınların etkilerini azaltmaktır (Özonat 2013).

SÇD'nin yüzey suları için öngördüğü planlama, ekolojik koruma, kimyasal koruma ve diğer kullanımlar olarak ayrılmıştır. Bu nedenle, tüm yüzey sularını kapsayacak şekilde ekolojik koruma için genel bir gereksinim ve genel bir asgari kimyasal standart getirilmiştir. Bunlar iyi ekolojik durum ve iyi kimyasal durum olmak üzere iki standarttır. İyi kimyasal durum, Avrupa düzeyinde kimyasal maddeler için belirlenen tüm kalite standartlarına uygunluk açısından tanımlanmaktadır. Direktif ayrıca, bu standartların yenilenmesi ve tehlikeli kimyasallar için bir önceliklendirme yapılması için bir mekanizma sunmaktadır. SÇD böylelikle AB sınırları içerisinde özellikle çok toksik maddelerle ilgili olarak asgari bir kimyasal kalite sağlamayı hedeflemektedir. Diğer kullanımlar ise; nehir havzasında diğer kullanım hedeflerini karşılaması gereken özel koruma bölgeleri belirlemektir. Buna en önemli örnekler taşkın koruması ve temel içme suyu temini ve elektrik üretimi vb. gibidir. Bu tip kullanımlar için daha katı

gereksinimlere ihtiyaç duyulduğunda, özel bölgeler oluşturularak bölge içerisinde daha yüksek hedefler belirlenecektir (EC 2019).

Yeraltı suyu söz konusu olduğunda SÇD'nin varsayımı, genel olarak hiç kirlenmemesi gerektiği şeklindedir. Bu nedenle, üye ülkelerin izin verilen bir kirlilik düzeyi için kimyasal kalite standartlarının belirlenmesi en iyi yaklaşım olarak görülmemektedir. Bunun yerine doğrudan yeraltı suyuna deşarj yasağı ve dolaylı deşarjları önlemek için kimyasal bileşimdeki değişiklikleri saptamak ve yeraltı suyu kütlelerini izlemek için bir gereklilik hedeflenmiştir. Dolayısı ile minimum antropojenik etki ilkesine göre yeraltı suyunun tüm kirlenmelerden korunması sağlanmalıdır. Yeraltı suyu söz konusu olduğunda bir diğer önemli parametre nicel durumdur. Dolayısı ile SÇD'nin yeraltı suları ile ilgili ana hedeflerinden bir diğeri yeraltı su miktarını korumaktır (EC 2019).

Direktifin yeniliklerinden biri, ilk kez Avrupa düzeyinde yeraltı suyu ve yüzey suyunun entegre yönetimi için bir çerçeve sağlamasıdır. SÇD böylelikle tüm yeraltı ve yerüstü suların korunmasını ve iyileştirilmesini hedeflemektedir. SÇD'ne göre su sistemleri ülke sınırlarına bağlı kalmayan nehir havzaları bazında yönetilmelidir. Suyun ülke, sektör gibi başlıklara ayrılmadan herkesin konusu olduğunu ve hassasiyetini vurgulayan SÇD, suyun adil ücretlendirilmesi, sürdürülebilirliği ve uluslararası işbirliği ilkelerini benimsemiştir (Akkaya 2006).

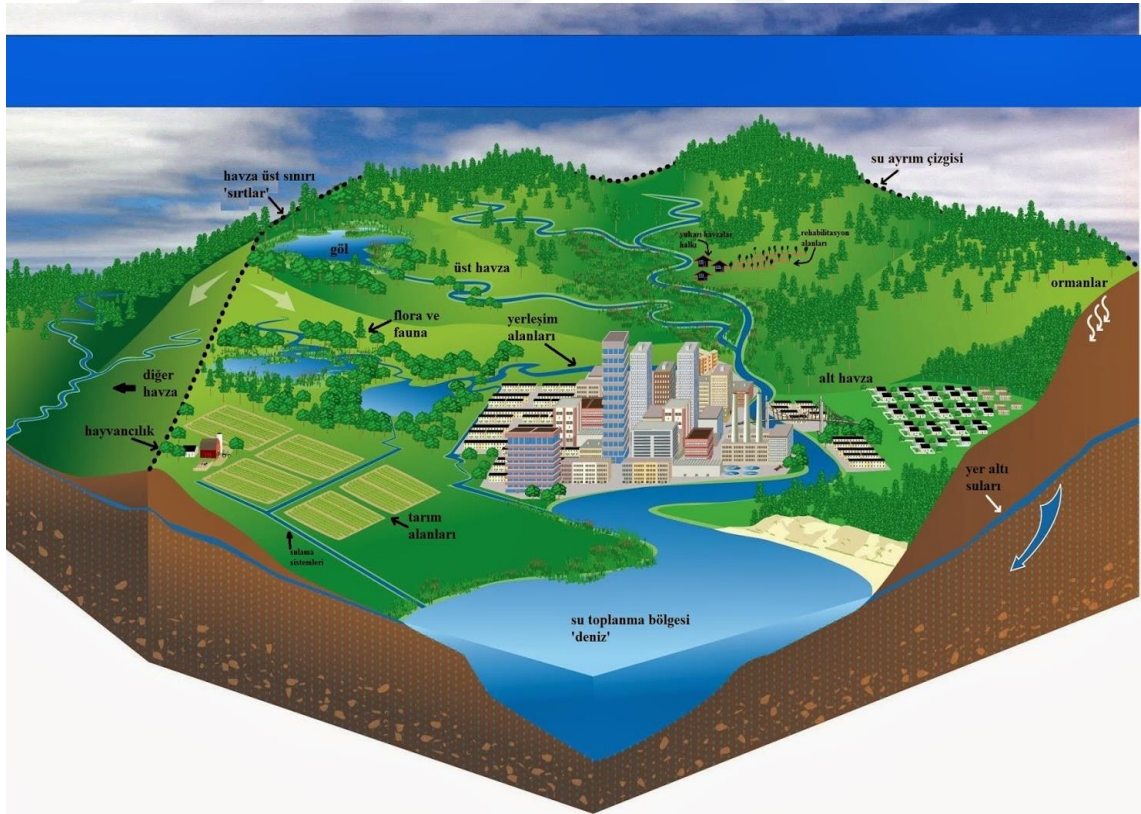
Avrupa Konseyi ve Parlamentosunun yayınladığı direktiflerin vurguladığı havza yönetimi; havzaların doğal sınırları içinde kalan su ve diğer kaynaklar ile birlikte havza sınırları içerisindeki sosyo-ekonomik hayatları birlikte değerlendiren, sürdürülebilirlik çerçevesinde geliştirilen bir yönetim modeli olarak değerlendirilmiştir (Burak 2006).

2.2.2. Nehir havza yönetim planları (NHYP)

Havza, bütün doğal kaynakları ile birlikte doğal sınırlar içindeki alan olarak tanımlanırken, bu sınırlar içindeki tüm kaynakların korunmasını ve iyileştirilmesini sağlayacak sistem de havza yönetimi olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda, doğal

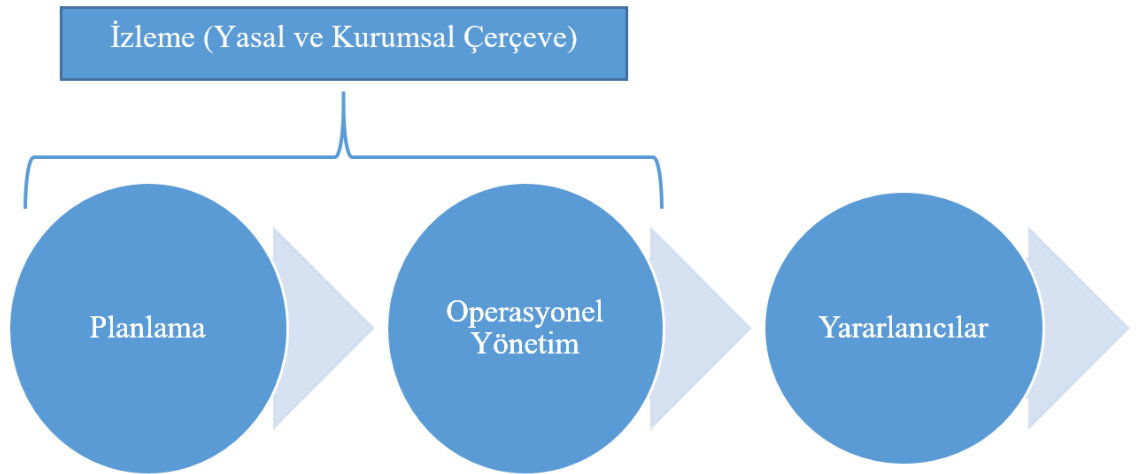
sınırlar içinde kalan su, toprak ve bitki örtüsü ile bunların değişimine sebep olan antropojenik faaliyetleri de değerlendiren doğal kaynak yönetimi havza yönetimidir (Erol 2006).

Sırtlardan geçtiği varsayılan su ayırım çizgileri ile sınırları oluşan, yüzeyde biriken yağmur sularının akar sular vasıtası ile aynı göl veya denize ulaştığı bölgeye nehir havzası adı verilir (Şekil 2.3). Nehir havzalarına düşen yağış akış formuna geçebilecek miktara ulaştığında direk veya dolaylı yollarla gölleri ve denizleri beslemektedir. Düşen yağışın toprak tarafından emilen kısımları ise yeraltı sularını besler ve nihayetinde yeraltından göllere veya denizlere ulaşmaktadır. Bir veya birden fazla nehir havzalarının, ulaştığı deniz ve göller ile birlikte meydana getirdiği geniş ölçekli bölge ise “Nehir Havza Bölgesi (NHB)” olarak tanımlanmaktadır. Nehir havzasının sularını deniz veya göle ulaştıran kollarına bağlanan daha küçük akarsu ve göller için toplama alanlarına ise “alt havza” adı verilmektedir (Karadağ 2006).



Şekil 2.3. Nehir havzası şematik gösterimi

Nehir Havza Yönetimi (NHY), tatlı su ekosistemlerini korumak ve gerektiğinde rehabilite etmek amacıyla, su kaynaklarından elde edilen ekonomik ve sosyal faydaları adil bir şekilde en üst düzeye çıkarmak için belirli bir nehir havzasındaki sektörler arasında su, toprak ve ilgili kaynakların korunması, yönetimi ve geliştirilmesini koordine etme süreci olarak tanımlanır. NHY'nin ana amacı, su yönetiminin çevresel faktörler ve sosyo-ekonomik kalkınma ile entegrasyonu yoluyla nehir havzalarının mevcut ve gelecek nesillere yönelik çok amaçlı kullanımının işbirlikçi bir yönetim yoluyla sağlanmasıdır. Literatürde nehir havzalarının entegre yönetimi için planlama, operasyonel yönetim, izleme ve yararlanıcılar olmak üzere dört temel araç tanımlanmıştır. Bu araçlar Şekil 2.4'te gösterilmektedir (Özonat 2013).



Şekil 2.4. Nehir Havzalarının entegre yönetimi

Ekolojik yaklaşımla tanımlanacak olursa NHY; bilgili karar vericilerin ekosistem yaklaşımını izleyerek su havzasının tüm kullanımlarını ve kaynaklarını dikkate alması anlamına gelmektedir.

SÇD, her bir NHB için hedefleri ve gerekli önlemleri tanımlamak için “Nehir Havzası Yönetim Planları (NHYP)” ve “Önlemler Programı” hazırlanmasını gerektirmektedir. NHYP'nın hazırlanmasında, nehir havzası düzeyinde kırsal kalkınma, tarım, sanayi, ormancılık ve doğa koruma projelerinin entegrasyonu gerekecektir (Savenije 2002). Tüm nehir havzalarının kendine has özellikleri olduğundan, her NHYP sürecinin öncelikleri,

ilgili nehir havzasının doğal ve sosyo-ekonomik durumuna ve yerel halkın değer ve faydalarına bağlı olmalıdır. Ancak NHYP için bazı genel prensipler vardır:

1. Bütünleşik ve stratejik yaklaşım
2. İhtiyadi (proaktif) yaklaşım
3. Politik yaklaşım
4. Kararlı ve güçlü yönetim
5. Halkın etkin katılımı
6. Farklı kurumsal düzenlemelerin uygulanması ve kurumsal kimlik oluşturulması
7. Kurumsal kimlik
8. Etkili ortaklık
9. Güçlü bilimsel altyapı
10. Uzun dönem yatırımlar

NHYP'nın bileşenleri ise şöyle sıralanabilmektedir; havzanın özellikleri, önemli antropojenik faaliyetlerin baskısının ve etkisinin özeti, korunan alanların belirlenmesi ve haritalanması, izleme ağlarının haritası, çevresel hedefler listesi, ekonomik analizin özeti, tedbirler programının özeti, kamuya açık bilgi ve danışma önlemlerinin özeti, yetkili makamların listesi, halktan arka plan bilgisi ve yorumları elde etmek için irtibat noktaları ve prosedürlerden oluşmaktadır (Kıbaroğlu 2006; Özönat 2013).

2.2.3. Türkiye'de su yönetimi

Türkiye'nin yerleştiği coğrafya dünyanın yarı kurak bölgesinde bulunmaktadır. Yeryüzüne düşen yağışın dünya ortalaması yıllık 852 mm civarında iken Türkiye'de bu değer 623 mm'dir. Bölgelerimizin yıllık yağış ortalamaları da çok farklılık göstermektedir. Bazı bölgeler 3000 mm civarı yağış alırken bazı bölgelerde bu değer 250 mm'den daha azdır (Şekil 2.5). Bu sebeple, ülkemizdeki su kaynakları yönetimi geçmişte olduğu gibi bugün de çok önemlidir ve artan su talebi açısından değerlendirildiğinde ise gelecekte önemi çok daha fazla olacaktır (Anonim 2018).

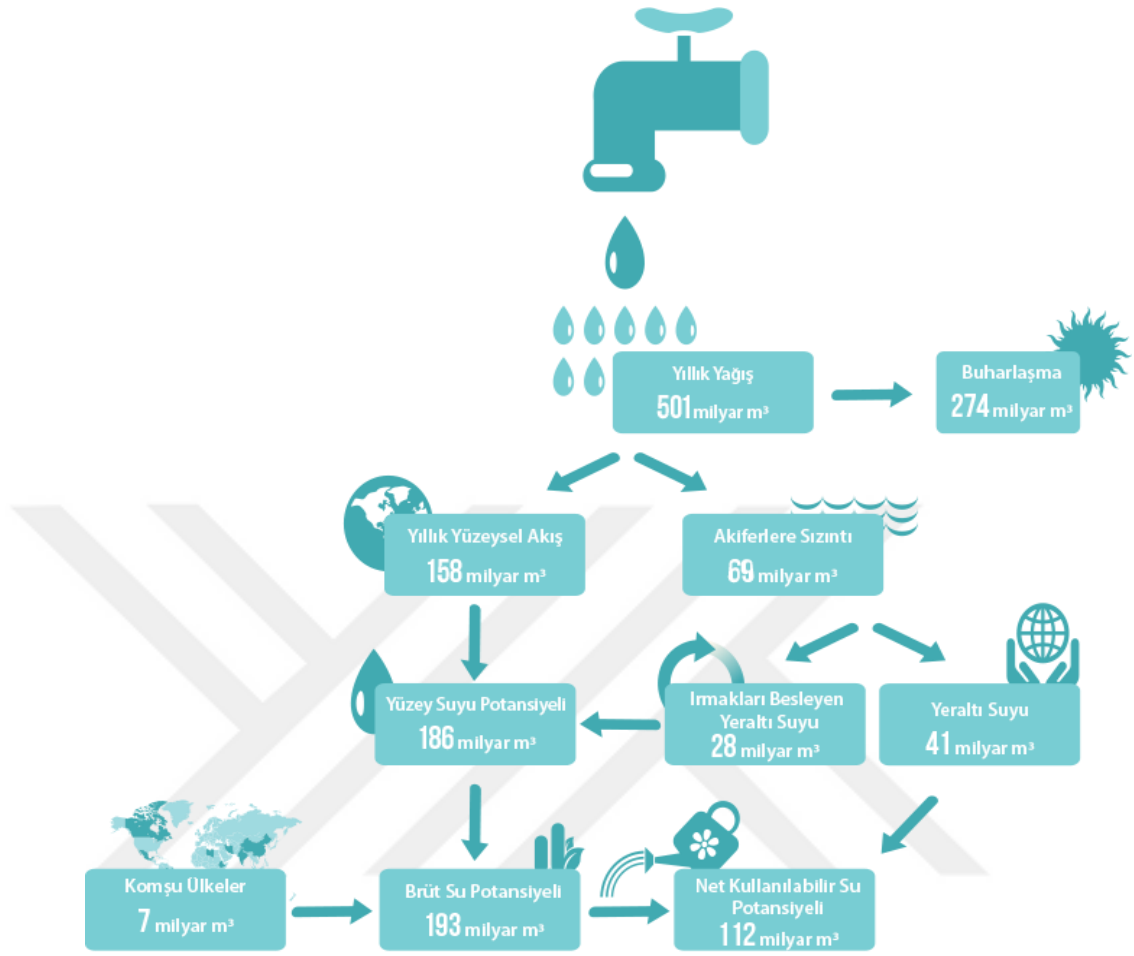


Şekil 2.5. Türkiye'nin 2018 yağış haritası

Ülkemizde mevcut şartlar çerçevesinde yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yapılan araştırmalara göre 112 milyar m^3 'dür. Bu değer yaklaşık %85'ini oluşturan 95 milyar m^3 'lük kısmının ülkemiz sınırları içerisinde doğan akarsulardan, 3 milyar m^3 'lük kısmının ülkemiz sınırları dışından giriş yapan akarsulardan ve 14 milyar m^3 'lük kısmının ise yeraltı sularından oluştuğu varsayılmaktadır (Şekil 2.6) (DSİ, Toprak Su Kaynakları).

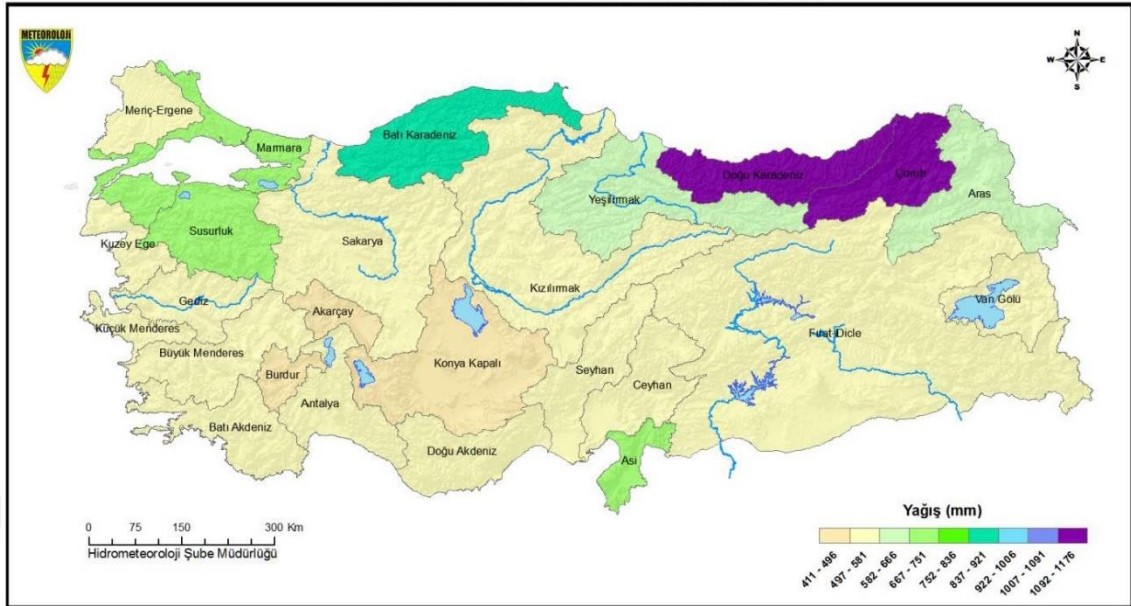
Ortalama yıllık yağış miktarı 501 milyar m^3 'tür ve bunun 274 milyar m^3 'lük kısmı buharlaşarak atmosfere geri dönmektedir. Yeryüzüne ulaşan kısımdan akış formuna kavuşarak yüzeysel suları besleyen 158 milyar m^3 , topraktan sızarak yeraltına inen ise 69 milyar m^3 'tür. Teknik ve ekonomik şartlar değerlendirildiğinde brüt su potansiyelinin 112 milyar m^3 'lük kısmı kullanılabilir (Hakyemez 2019).

Ülkemizde kullanılabilir su potansiyelinin kişi başına düşen kısmı yaklaşık 1.500 m^3 /yıl'dır. Bu değer dünya ortalaması ve diğer ülkeler ile mukayese edildiğinde su zengini olmayan ülkeler arasında yer aldığımız görülmektedir. Bu sebeple gelecek nesillere yeterli miktarda ve sağlıklı durumda su aktarılabilmesi için ülkemizdeki su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı gerekmektedir (DSİ, Toprak Su Kaynakları).



Şekil 2.6. Türkiye'nin su potansiyeli (Hakyemez 2019)

Bu amaçla, ülkemizde her türlü kullanım için su kaynakları potansiyelinin korunması, suyun en iyi kullanımının sağlanması, kirliliğin önlenmesi ve kirli kaynaklarda su kalitesinin iyileştirilmesi için 2008 yılında eski Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından havza korunmasına yönelik çalışmalar başlatılmıştır. Bunun için, su kalitesine, kirlilik kaynaklarına, korunan alanlara ve içme suyu kaynaklarına göre 25 hidrolojik havza önceliklendirilmiş (Şekil 2.7) ve diğer havzalara göre yüksek önceliğe sahip olan 5 nehir havzası (Akarçay, Meriç-Ergene, Gediz, Sakarya ve Van) için Havza Koruma Eylem Planı (HKEP) hazırlanmıştır.



Şekil 2.7. Havza bazlı yağış haritası (MGM 2019)

AB SÇD'nin gereği olarak hazırlanan HKEP, NHYP yaklaşımıyla benzer niteliklere sahiptir. İkinci adım olarak, 2009-2010 yılları arasında 11 havza için (Marmara, Susurluk, Kuzey Ege, Küçük Menderes, Büyük Menderes, Burdur, Konya, Ceyhan, Seyhan, Kızılırmak, Yeşilirmak) "Havza Koruma Eylem Planı Hazırlama Projesi" hazırlanmıştır. Son olarak, 9 havza için (Antalya, Doğu Akdeniz, Batı Karadeniz, Fırat-Dicle, Doğu Karadeniz, Batı Akdeniz, Çoruh ve Aras) HKEP'nin hazırlanması ve 5 havza için HKEP'nin revize edilmesi çalışmaları 2011 yılında Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün koordinasyonunda başlamış, 2013'te sona ermiştir.

Yapılan çalışmalara göre, ülkemizde tüm havzalardaki ortalama yıllık akış miktarı 186 milyar m³'tür. Devlet Su İşleri (DSİ) verilerine göre bu miktarın yaklaşık üçte biri, ülkemizin doğusunda yer alan ve en büyük yüzölçümüne sahip olan Fırat-Dicle havzasına aittir (Çizelge 2.1) (Orman Su Şurası 2013)

Çizelge 2.1. Türkiye nehir havzaları hakkında genel bilgi (WWF 2014)

Nehir Havzası Adı	Yağış alanı		Yıllık ortalama akış		Ortalama yıllık verim
	(km ²)	%	(km ³)	(%)	
(01) Meriç-Ergene Havzası	14,560	1.9	1.33	0.7	2.9
(02) Marmara Havzası	24,100	3.1	8.33	4.5	11.0
(03) Susurluk Havzası	22,399	2.9	5.43	2.9	7.2
(04) Kuzey Ege Havzası	10,003	1.3	2.09	1.1	7.4
(05) Gediz Havzası	18,000	2.3	1.95	1.1	3.6
(06) Küçük Menderes Havzası	6,907	0.9	1.19	0.6	5.3
(07) Büyük Menderes Havzası	24,976	3.2	3.03	1.6	3.9
(08) Batı Akdeniz Havzası	20,953	2.7	8.93	4.8	12.4
(09) Antalya Havzası	19,577	2.5	11.06	5.9	24.2
(10) Burdur Gölü Havzası	6,374	0.8	0.50	0.3	1.8
(11) Akarçay Havzası	7,605	1.0	0.49	0.3	1.9
(12) Sakarya Havzası	58,160	7.5	6.40	3.4	3.6
(13) Batı Karadeniz Havzası	29,598	3.8	9.93	5.3	10.6
(14) Yeşilırmak Havzası	36,114	4.6	5.80	3.1	5.1
(15) Kızılırmak Havzası	78,180	10.0	6.48	3.5	2.6
(16) Konya Kapalı Havzası	53,850	6.9	4.52	2.4	2.5
(17) Doğu Akdeniz Havzası	22,048	2.8	11.07	6.0	15.6
(18) Seyhan Havzası	20,450	2.6	8.01	4.3	12.3
(19) Ası Havzası	7,796	1.0	1.17	0.6	3.4
(20) Ceyhan Havzası	21,982	2.8	7.18	3.9	10.7
(21) Fırat-Dicle Havzası	184,918	23.7	52.94	28.5	8.3
(22) Doğu Karadeniz Havzası	24,077	3.1	14.90	8.0	19.5
(23) Çoruh Havzası	19,872	2.6	6.30	3.4	10.1
(24) Aras Havzası	27,548	3.5	4.63	2.5	5.3
(25) Van Gölü Havzası	19,405	2.5	2.39	1.3	5.0
TOPLAM	779,452	100	186.1	100	

2.2.4. Havza koruma eylem planları (HKEP)

Havza Koruma Eylem Planı Hazırlama projesinin amacı, havza sınırları içerisinde yer alan mevcut yüzey, yeraltı ve kıyı sularının miktarlarının, özelliklerinin ve kirlilik durumunun ve havzadaki kentsel, endüstriyel, tarımsal, ekonomik vb. faaliyetlere bağlı olarak oluşan baskı ve etkilerinin tespit edilmesi; havzada bulunan mevcut su

kaynaklarının miktarı ve kullanım potansiyeli ile, havza bazında tespit edilen kirlilik kaynaklarının ve yüklerinin ayrıntılı olarak analizinin yapılması; su kalitesi haritalarının oluşturulması; çevresel altyapı durumunun tespit edilmesi; havzanın korunması, kirliliğin azaltılması ve iyileştirilmesi için kısa, orta ve uzun vadede tedbirlere yönelik çalışmaların ve plan, program, önceliklendirmelerin yapılarak HKEP'nin hazırlanmasıdır. HKEP kapsamında, endüstriyel, tarımsal ve ekonomik faaliyetlerin bir sonucu olarak yüzey, yeraltı suyu ve kıyı suyunun miktar, özellik ve kirlilik seviyelerinin yanı sıra bu kaynaklar üzerindeki baskı ve etkilerin belirlenmesi amacıyla su kalitesi haritaları oluşturmak, nehir havzalarının korunması ve kirliliğin azaltılması için kısa, orta ve uzun vadede önlem programlarının hazırlanması hedeflenmiştir. HKEP'nin içeriği aşağıda verilmiştir:

- NHB'nin mevcut durumunun belirlenmesi
- Su kaynaklarının belirlenmesi
- Saha araştırmaları ve çevresel altyapının belirlenmesi
- Su kalitesi sınıflandırması
- Kirlilik yüklerinin hesaplanması
- Önde gelen çevre sorunlarının ve çözümlerinin belirlenmesi
- Kentsel atıksu tesislerinin planlanması ve fizibilite çalışmaları
- Diğer planlama çalışmalarının HKEP'ye entegrasyonu
- Paydaş toplantılarının organizasyonu ve HKEP'nin hazırlanmasıdır.

Bu eylem planlarının 2013 yılında tamamlanması ile, NHYP'nin hazırlanma sürecine temel teşkil edecektir. HKEP, NHYP'nin temeli olarak ifade edilebilir. HKEP'nin ana amacı su kalitesini korumaktır. Bu ana amaç için öncelikli eylemler;

- Havza sınırları içerisindeki kirletici kaynaklarını tespit etmek ve mevcut durumu analiz etmek
- Yerleşim yerleri için evsel atıksu arıtma tesislerinin planlamasını yapmak, münferit ve/veya ortak arıtım imkan ve kabiliyetlerini fizibilite çalışması ile belirlemek
- Mevcut arıtma tesislerinin yenilenmesi veya iyileştirilmesine yönelik ihtiyaçları tespit etmek, gerekli önlemleri belirlemek

- Söz konusu plan kapsamında bulunan faaliyetlerin gerçekleştirilmesi için havza sınırları içerisinde sorumlulukları olan tüm kurum ve kuruluşların faaliyetlerini takvime bağlamak
- Bu takvim çerçevesinde belirtilen faaliyetlerin Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından izlenerek gerçekleştirilmesini sağlamaktır.

Kalkınma hedeflerinde sürdürülebilirliğin en önemli bileşenlerinden biri olan havzalar bazında su kaynaklarının yönetimi ve SÇD'nin gerekliliği olarak yapılan çalışmaların en önemlilerinden biri HKEP'nin hazırlanmasıdır. Ülkemizde bulunan 25 Nehir havzasının su kaynaklarının potansiyeli, kentsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlere bağlı olarak oluşmuş kirlilik analizi ve tespit edilen baskı ve etkilerin olumsuzluğunun giderilmesi için öncelikli önlemlerin tespit edilmesi HKYP'nin amaçlarındandır. Bu bağlamda havzaların mevcut durumu ve çevresel altyapısı arazi çalışmaları ile belirlenerek güncellenmiş, kirlilik yükleri ve su kalitesi sınıflandırılmış, kentsel atıksu arıtma planlamaları yapılmış, elde edilen bulgular ışığında çevresel sorunlar ve çözüm önerileri çalışılarak her havza için ayrı eylemler planlanmıştır.

HKEP kapsamında belirlenen 15 Eylem vardır:

- **Eylem 1 Kentsel Atıksu Yönetimi**
- Eylem 2 Endüstriyel Atıksu Yönetimi
- Eylem 3 Katı Atık Yönetimi
- Eylem 4 Yayılı Kaynaklı Kirlilik Yönetimi ve Kontrolü
- Eylem 5 Ağaçlandırma, Sel, Erozyon Kontrolü
- Eylem 6 Arıtma Çamuru Kontrolü
- Eylem 7 İçme Suyu Havzalarında Havza Koruma Planlarının Hazırlanması
- Eylem 8 Taşkın Yönetimi
- Eylem 9 Kuraklık Yönetimi
- Eylem 10 İzleme, Envanter ve Su Bilgi Sistemi Çalışmaları
- Eylem 11 Su Yatırımları
- Eylem 12 Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı

- Eylem 13 İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisinin Kontrolü
- Eylem 14 Sektörel Tahsis Planları
- Eylem 15 Sıcak Noktalarda Getirilecek Çözümler

HKEP kapsamında belirlenen 15 eylemin ilki kentsel atıksu arıtımıdır. Bu kapsamda, havza üzerinde baskı oluşturan tüm yerleşimler için kentsel atıksu kaynaklı kirliliklerin azaltılması çalışmaları yapılmıştır. Kentsel atıksu altyapı yönetimi, kentsel yerleşimlere ait kanalizasyon durumu ve kolektör hattının tamamlanması ve iyileştirilmesi, atıksu arıtma tesisleri (AAT) ile ilgili yer seçimi, fizibilite ve çevresel etki değerlendirme (ÇED) raporlarının hazırlanması, uygulama projeleri ve ihale dokümanlarının hazırlanması, inşaatların yapılarak tesislerin işletmeye alınmaları ve akabinde izleme ve denetim dâhil tüm faaliyetleri kapsamaktadır.

Kentsel AAT planlama ve fizibilite çalışmaları, “Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması” Projesi’nin en önemli adımlarından birisidir. Bu iş adımı, proje kapsamındaki tüm yerleşim birimleri için kentsel AAT’lerin planlanması, planlanan tesisler için fizibilite çalışmalarının yapılması, AAT’lere atıksu taşıyacak kollektör hatlarının güzergâhlarının belirlenmesi ve bunların maliyet analizlerinin yapılması gibi faaliyetleri kapsamaktadır. Planlanan kentsel atıksu arıtma tesisleri özellikleri ile birlikte coğrafi bilgi sistemi (CBS) ortamında yerini almıştır.

Planlanan kentsel AAT’ler için proses seçimi gerçekleştirilirken, tesisin hizmet vereceği nüfus büyüklüğü, tesise bağlı olacak yerleşim biriminin atıksu toplama alanının yaygınlığı ve atıksu deşarj noktası çeşitliliği, tesise bağlanacak yerleşim biriminin idari yapısı, iklim yapısı gibi hususlar göz önünde bulundurulmuştur. Nehir havzalarının su kalitesinin korunmasında AAT etkisi oldukça önemlidir.

NHYP, ekolojik ve biyolojik konuların yanı sıra kimyasal ve hidromorfolojik durumların daha kapsamlı değerlendirilmesinde Havza Koruma Eylem Planlarından (HKEP) farklıdır. Ek olarak, HKEP, objektif belirleme, ekonomik analiz ve sürekli izleme gibi diğer bazı konuları içermemektedir. Bu eksikliklerin giderilmesi için, tamamlanan

HKEP'nin, NHYP'ye dönüştürülmesi planlanmaktadır. Türkiye'nin AB'nin Çevre Müktesebatına ilişkin strateji belgesinde, 2023 yılına kadar tüm eylem planlarının NHYP'ye dönüştürüleceği öngörülmektedir. İlk adım olarak 2014 yılında “Havza Koruma Eylem Planlarının Nehir Havzası Yönetim Planlarına Dönüştürülmesi Projesi” başlatılmıştır.

Havzaların temelini oluşturan suyun toplumsal açıdan hayati öneme sahip olduğu artık kabul edilmiş bir gerçektir. Dünyada su bakımından yarı kurak bölgede yerleşen ülkemizde yağışlar bölgelere ve mevsimlere göre değişkenlik göstermektedir. Bazı havzalarımızda ihtiyaç duyulan su miktarının havza potansiyelinin çok üstüne çıktığı görülmektedir. Miktar anlamındaki farklılıklara ek olarak bölgesel anlamda su kalitesi açısından da büyük farklılıklar görülmektedir.

Nüfus artışı ile paralel olarak gelişen tarım ve sanayi faaliyetleri su ihtiyacını artırmış, aşırı tüketim neticesinde yeraltı su seviyelerinde düşüslere sebep olmuştur. Bunun sonucunda havza bazlı su kaynakları yönetimi daha fazla önem kazanmıştır. Sosyo-ekonomik gelişmeler ile birlikte sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için havza bazlı su kaynakları yönetimi alanında ilerlemeler kaydedilmiştir. SÇD'nin de bir gereği AB'ye aday ülke olarak Türkiye, su kaynakları yönetimi alanındaki mevzuatlarını AB mevzuatları ile uyumlaştırmaya başlamış, nehir havzalarının entegre yaklaşım ile yönetilmesi adına adımlar atmıştır. Daha önceleri sadece suyun nerede ve ne kadar olduğu önem taşıırken artık suyun miktarının kalitesi ile birlikte değerlendirilmesi gerektiği kabul edilmiştir, bu iki unsuru ilgilendiren tüm etkenler çalışmalara dahil edilmiştir.

Ülkemiz sınırları içerisindeki tüm havzalar ve onların alt havzalarından oluşan havzalar sisteminin sürdürülebilirliği, ülkemizin kalkınmasının en önemli bileşenlerinden birisidir. Havza yönetimi, ayrı doğal sınırlara sahip olan hidrolojik alanın sürdürülebilirliğini, su ve toprak varlığının korunması ve iyileştirilmesini, uygun şekilde kullanılmasını, ve sonuç olarak ülkemizin sürdürülebilirliğine katkı sağlamayı hedeflemektedir. Havza yönetiminde sürdürülebilirlik, toprak ve su kullanımının ekolojiye etkisi, sosyo-ekonomik etkileri ve bunların ne gibi sonuçlara yol açacağı konusunu içermektedir.

Havza yönetimi genelin dışında, althavza veya mikrohavza ölçeğinde de yapılabilmektedir (Ulusal Havza Yönetim Stratejisi 2014-2023).

Ülkemizde havza yönetiminin uygulanması açısından izlenen yol, havza içerisindeki tüm doğal kaynakların bütüncül ele alınması, paydaş ve kurumların ortak katılımı ile yönetimi şeklindedir. Su varlığının sürdürülebilirliği, gelecek nesillere aktarılabilmesi için doğal yenilenme sürecinin dikkate alınması ile sağlanabilir. Bu sebeple havza bazlı koruma planlarının gelişmelere ve kaynak kullanımına kontrollü bir şekilde yön vermesi gerekmektedir (Ulusal Havza Yönetim Stratejisi 2014-2023).

2.2.5. AB SÇD'nin Türkiye'de uygulanabilirliği

AB SÇD doğrultusunda, ülkemizde 17.10.2012 tarih ve 28444 sayılı “Havza Yönetim Planlarının Hazırlanması, Uygulanması ve Takibi Yönetmeliği” yayınlanmıştır. Yayınlanan bu yönetmeliğin amacı, yüzeysel sular ve yeraltı sularının miktar, fiziksel, kimyasal ve ekolojik kalite açısından bütüncül bir yaklaşım ile korunması ve NHYP'nin hazırlanmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir. Yönetmelik, denizler hariç, kıyı suları dahil olmak üzere yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarının yer aldığı havzaların korunması ve NHYP'nin hazırlanmasına ilişkin usul ve esasları kapsar. Bu yönetmelik ile bütün havzalar için NHYP'nin HKEP esas alınarak Bakanlıkça hazırlanacağı belirtilmektedir. NHYP'na esas teşkil edecek ulusal havza master planları ilk kez 1956-1982 yılları arasında DSİ Genel Müdürlüğü tarafından, sosyal ve ekonomik kalkınma için gerekli olan farklı su taleplerini karşılamak amacıyla bir havzada su kaynaklarının potansiyelini ve kalitesini, toprak kaynaklarını ve suyun kullanım ve talebini araştırmak amacıyla hazırlanmıştır. Bu planlar, evsel, endüstriyel, sulama ve enerji üretimi faaliyetleri gibi toplumun farklı su taleplerini karşılayacak yöntemlerin belirlenmesine ve aşırı miktarda su tüketen faaliyetleri önleyerek su tüketim seviyesini belirleyen arazi kullanımına yönelik çözümleri içermektedir. Bu kapsamda, 10 havza için (Sakarya, Susurluk, Konya, Van, Seyhan, Meriç-Ergene, Akarçay, Ceyhan, Büyük Menderes ve Antalya) su havzası ana planlarının güncellenmesi çalışmaları başlatılmıştır. DSİ Genel Müdürlüğü 2010-2014 yıllarını kapsayan sonraki stratejik plan döneminde, geri kalan 15

havza için su havzası ana planları hazırlanmıştır. Bu ana planlar, NHYP'nin hazırlanması ve uygulanması süreci için önemli veri kaynağı teşkil etmektedir.

NHYP'de, su kaynaklarının yanı sıra doğal mineral içeren su kaynaklarının ve jeotermal su kaynaklarının da miktar ve kalite olarak korunması ve kullanımının sağlanması esas alınır. NHYP kapsamında; yerüstü ve yeraltı suyu kütleleri üzerindeki baskılar, etkiler ve risk durumu, yerüstü ve yeraltı su kütleleri; fiziko-kimyasal, kimyasal, biyolojik ve hidromorfolojik parametreler üzerinden izlenmekte, kalite ve miktar açısından durumları, yerüstü ve yeraltı suyu kütleleri miktar ve kalite açısından çevresel hedefleri ve bu hedeflere ulaşabilmek için tedbirler ve bu tedbirleri gerçekleştirecek sorumlu kurum ve kuruluşlar belirlenmektedir. Belirlenen tedbirlerin; sosyo-ekonomik ve fayda-maliyet analizleri yapılarak önceliklendirilmekte, gerekiyorsa ilave tedbirler ortaya koyulmaktadır. NHYP'nin aşamaları aşağıda belirtilmiştir:

1. Nehir havzası özelliklerinin belirlenmesi
2. Önemli baskı ve etkilerin özeti
3. Korunan alanların belirlenmesi ve haritalandırılması
4. İzleme ağları ve izleme programları haritası
5. Çevresel hedefler listesi
6. Ekonomik analizin özeti
7. Önlemler programının özeti
8. Daha ayrıntılı programların kaydı
9. Halkın katılımı ve bilgilendirme önlemlerinin özeti ve ortaya çıkan değişiklikler
10. Yetkili makamların listesi
11. İrtibat noktaları oluşturulmasıdır.

Türkiye böylelikle AB SÇD doğrultusunda bütüncül bir yaklaşımla yeraltı suyu ve yüzey suyunun miktar ve kalitesinin planlanması ve korunmasına ilişkin usul ve esasların belirlenmesi ilkelerini hayata geçirmiştir. NHB'nin belirlenmesi eylemiyle ilgili olarak, Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nı yetkili makam olarak kabul etmiştir. Bu kapsamda 2012 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Kalkınma

Bakanlığı, Hazine Müsteşarlığı, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, yerel yönetimler, eğitim ve araştırma kurumlarının katılımıyla bir Ulusal Havza Yönetim Stratejisi ve Eylem Planı hazırlanmıştır. “Ulusal Havza Yönetim Stratejisi” nin (UHYS) amacı, geçim desteği ve gelir yaratma ile ilgili orta ve uzun vadeli kararlar ve yatırım programları ile nehir havzalarının ve doğal kaynakların korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir kullanımı için rehberlik sağlamaktır. Vizyonu, nehir havzalarında uzun süredir devam eden çevresel bozulmayı durdurmak, arazi, su ve orman kaynaklarının verimliliğini ve kalitesini korumak ve arttırmak, havzalardaki fauna ve florayı korumak ve iyileştirmek, ekosistemin bütünlüğüne zarar vermeyen kullanıcılar ve düşük gelirli kırsal nüfusun refah ve yaşam kalitesini artırmak ve havza hizmetlerini en üst seviyeye çıkarmaktır. Sürdürülebilirlik, katılım, işbirliği, etkililik, verimlilik, çevre bilinci, şeffaflık, hesap verilebilirlik, erişilebilirlik, ulusal kalkınma politikalarına ve diğer ulusal strateji belgelerine uygunluk, uluslararası anlaşmalardan kaynaklanan yükümlülüklerin yerine getirilmesi ve maliyetlerin ve faydaların adil bir şekilde paylaşılması ana prensip olarak kabul edilmiştir. Bu ilkeler çerçevesinde vizyonun gerçekleştirilmesine yönelik hedefler şu şekilde tanımlanmaktadır;

- Yasal ve kurumsal kapasitelerin güçlendirilmesi ve paydaşlar ve kurumlar arasında katılım, koordinasyon ve işbirliğinin sağlanması
- Su kaynaklarının havzalarda sürdürülebilir yönetimi ve kullanımı
- Havzalarda tahribat ve erozyonun önlenmesi ve hasarlı alanların iyileştirilmesi ve sürdürülebilir kullanımı
- Biyolojik çeşitliliğin, doğal ve kültürel peyzaj varlıklarının korunması ve yönetimi yoluyla ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğinin güvence altına alınması
- Halkın bilinçlendirilmesini sağlama, havza topluluğunun yaşam kalitesini ve refahını artırma ve doğal kaynaklar üzerindeki baskıları azaltma
- Doğal afet ve tehlikelere karşı önlem ve kontrol mekanizmalarının entegrasyonu, iyileştirilmesi ve etkinleştirilmesi
- İklim değişikliğinin olası etkilerinin havza yönetimine dahil edilmesi ve adaptasyon ve kontrol mekanizmalarının geliştirilmesidir.

Belirlenen sorumluluklar çerçevesinde, her kurum ilgili kurumsal hedefler için ayrıntılı bir eylem planı hazırlayacak ve uygulayacaktır. Bu kapsamda, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, ulusal su planı hazırlamak, tüm su havzası ana planlarını revize etmek ve tüm HKEP'yi tamamlamak ve bunları 2023 yılına kadar NHYP'ye dönüştürmekle görevlidir.

NHYP'ler, sınıflandırma, hedef belirleme ve ekonomik analizi dikkate almakta ve iletişim süreçlerinin, baskı ve etkilerin ve izleme verilerinin detaylı olarak incelenmesi ile geliştirilmektedir. Ancak, HKEP'lerin NHYP'den önce çalışılması atıksu arıtımı gibi öncelikli konularda nehir havzası yönetim planlaması ile paralel şekilde ilerlemesine ve önlemler alınmasına imkan tanımaktadır.

HKEP'lerin amacı, su kaynakları potansiyeli, mevcut su kalitesi ve noktasal ve yayılı kirlilik kaynaklarını dikkate alarak çevresel hedeflere uygun şekilde su kalitesinin iyileştirilmesi, gereken araştırmaların yapılması ve teknolojik açıdan daha ekonomik ve kısa, orta ve uzun vadede öncelik sahibi olacak şekilde sürdürülebilir ve etkin planlamanın gerçekleştirilmesidir. HKEP aşağıdakileri içerir;

- Mevcut durum analizinin yapılması: Yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarının ve nehir havzası içerisindeki kirliliğin özelliklerinin tespiti; nehir havzası içerisindeki kentsel, endüstriyel, tarımsal, ekonomik, vb. faaliyetlerin sebep olduğu baskılar ve etkilerin tanımlanması; belirlenen kirlilik kaynaklarının ve yüklerinin ayrıntılı şekilde incelenmesi; su potansiyelinin, kullanım amaçlarının ve çevresel altyapı durumlarının tanımlanması,
- Nehir havzası içerisindeki önemli baskıların öncelikli olarak belirlenmesi, iyi su kalitesine ulaşmak, kirliliği önlemek, çevresel akışları hesaplamak için gereken önlemlerin listelerinin hazırlanması,
- Nehir havzalarının korunması ve iyileştirilmesi için tüm paydaşların katılımıyla kısa, orta ve uzun vadeli önlemlere ilişkin çalışmalar ve planlamaların yürütülmesi, tüm paydaşların sürece katılımının sağlanması,
- Su havzasındaki su kaynaklarının ve canlı hayatının korunmasının ve geliştirilmesinin sağlanması,

- Su kaynaklarının bozulmasını önlemek üzere su kaynakları için sürdürülebilir koruma/kullanma dengesi içinde havzanın bütününe esas alacak şekilde plan hazırlanması,
- Su kaynaklarının daha fazla tahrip olmasının engellenmesi, korunması ve iyileştirilmesi,
- Su kaynaklarının uzun vadeli korunmasıyla sürdürülebilir su kullanımının sağlanması,
- Sucul ekosistemlerin ileri düzeyde korunmasının sağlanması ve iyileştirilmesi,
- Yeraltı sularında kirliliğin azaltılması ve daha fazla kirlenmesinin engellenmesi,
- Taşkın ve kuraklık etkilerinin azaltılması.

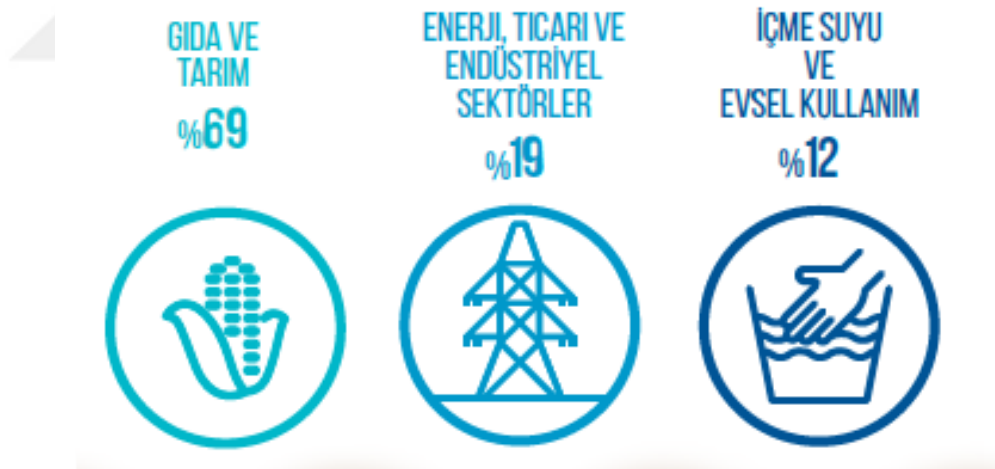
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) tarafından 2016 yılında yayınlanan Avrupa Birliği Çevre Entegre Uyum Stratejisi (UÇES) (2016-2023) raporuna göre NHYP'nin öncesinde HKEP'nin hazırlanması gerekmektedir. Daha sonra “Havza Koruma Eylem Planlarının Nehir Havza Yönetim Planlarına Dönüştürülmesi Projesi” uygulanmıştır.

Projenin Amacı (2000/60/EC) sayılı Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve diğer ilgili direktiflerle uyumlu şekilde HKEP'lerin NHYP'ye dönüştürülmesi çalışmasını gerçekleştirilmesi ve bu süreçte ulusal kapasitenin geliştirilmesidir. HKEP 2014'ten sonra NHYP şeklinde güncellenmiştir.

2.3. Yüzeysel Sularda Kirlilik

İnsan faaliyetleri sonucunda kullanımı kısıtlayan veya engelleyen durumların oluşması ve ekolojik dengeleri bozacak düzeyde kalite değişimlerinin yaşanması su kirliliği olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda suyun kalitesi ve kaliteye bağlı olarak kullanıma yönlendirilecek su potansiyeli kirlilik ile mücadelede önem taşımaktadır. Ülkemizin su kirliliği ile mücadelesi İstanbul'da Haliç Körfezi başta olmak üzere İzmir ve İzmit Körfezlerindeki kirlilik oluşumu ile gündeme gelmiş ve başlamıştır (Mansuroğlu 2004; Nas vd 2004).

DPT tarafından VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı kapsamında yayınlanan Su Havzaları Kullanımı ve Yönetimi Özel İhtisas Komisyonu Raporuna göre; ülkemizde 1980’li yıllardan sonra hızlı kentleşme ve sanayileşme sonucu su kalitesi hızla bozulmaya başlamış, kullanılabilir su kaynakları giderek azalmıştır (DPT, 2001). Birleşmiş Milletler (BM) verilerine göre ise, son yüz yıldaki su tüketiminde artış altı katına ulaşmıştır (Wada 2016). Akarsu havzası boyunca görülen kirlilik nedeniyle su kalitesinde meydana gelen bozulmalar, esasen başta sanayi ve evsel atıklar olmak üzere tarımsal amaçlı su kullanımları ve arazi kullanım şekilleri, toprak yapısı, sediment taşınımı ve erozyon gibi faktörlere bağlı olduğu belirtilmektedir (Şekil 2.8). Dolayısıyla akım, kalite, meteorolojik, hidrolojik, sektörel bazda su kullanımları, arazi kullanımı, sediment, erozyon gibi havzayı karakterize eden bütün unsurların birbirleri ile olan ilişkilerinin çok iyi tanımlanması su kaynaklarının geliştirilmesi ve yönetiminde yeni yaklaşımların ve kavramların gündeme gelmesine neden olmuştur (DPT 2001).



Şekil 2.8. Sektör bazında küresel su tüketimi (DEG 2018)

Sorumsuz kullanım sonucu içilebilir su kaynaklarında meydana gelen kirlilik telafisi olmayan sorunlara zemin hazırlamaktadır (Atalık 2006). Yapılan çalışmalar neticesinde 2030 yılında temiz su kaynağı potansiyelinin oluşacak su ihtiyacını karşılamayacağı görülmektedir. Bunun akabinde evrensel bir kriz kaçınılmaz olacaktır (Özgüler 1997).

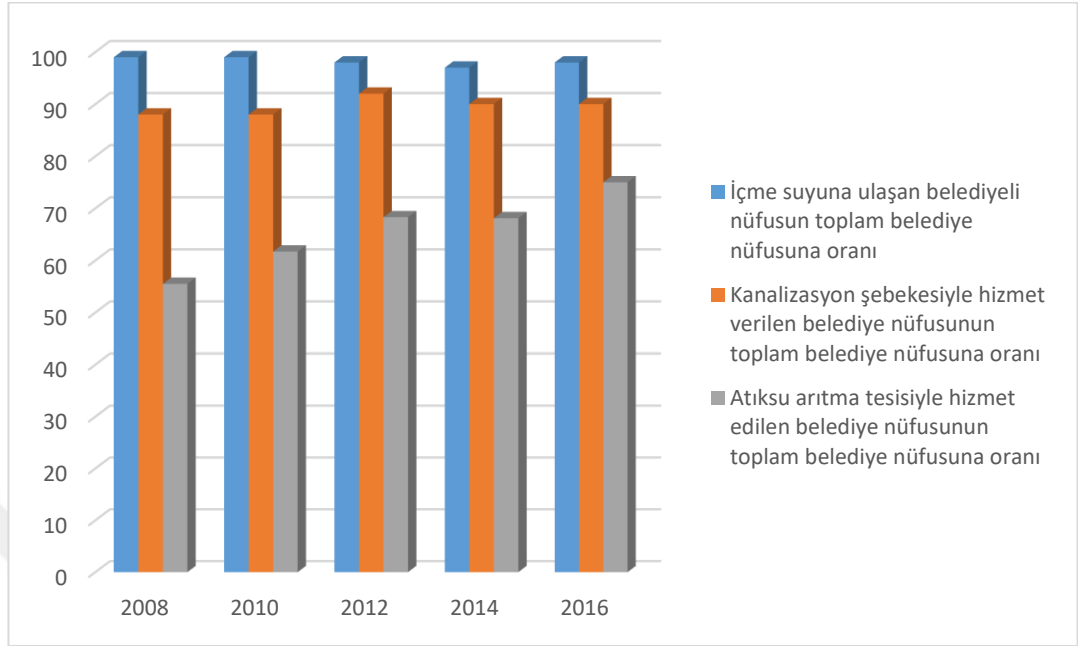
Günümüzde yaklaşık 7 milyar olan nüfusun 2050 yılına kadar yaklaşık 9,5 milyona artacağı tahmin edilmektedir. Nüfus artışı, tarım, evsel ve endüstriyel sulara olan ihtiyacı artıracaktır. 2030 yılında günümüz koşullarından %30 daha fazla su ihtiyacı ortaya çıkacağı tahmin edilmektedir. Bu durum, su kaynaklarının miktar olarak korunmasını ve su kirliliğinin önlenmesini gerekli kılmaktadır. Ancak yapılan araştırmalar dört milyar insanın 2025'te yoğun su stresi yaşayacağını göstermektedir (Özonat 2013).

Gelişmekte olan ülkelerde akarsular arıtılmamış kentsel atıksu deşarjından dolayı kirlenmekte ve bu da önemli riskler doğurmaktadır. Ülkemizde atıksu arıtma tesisiyle hizmet edilen belediye nüfusunun toplam belediye nüfusuna oranı 2008 yılında %55,5 iken, 2016 yılında %75'e yükselmiştir (Çizelge 2.2). Çin'in Yangtze bölgesinde 15 nehir ve 2 arıtma tesisinden alınan numunelerin analiz edilmesi ile yapılan çalışmada hastalık yapıcı parametreler izlenmiş ve insan bağırsaklarına ait mikroorganizmalara yaygın şekilde rastlanmıştır; sonuç olarak nehirlerde rastlanan enterik patojenlerin (bağırsak kökenli hastalık yapıcı mikroorganizmalar) kentsel atıksu kaynaklı olduğu anlaşılmaktadır. Su kalitesinin korunması, iyileştirilmesi ve hastalık yapıcı mikroorganizmaların yayılmasının önlenmesi için atıksuların standartlara göre arıtılarak deşarj edilmesi büyük önem taşımaktadır (Cui *et al.* 2019).

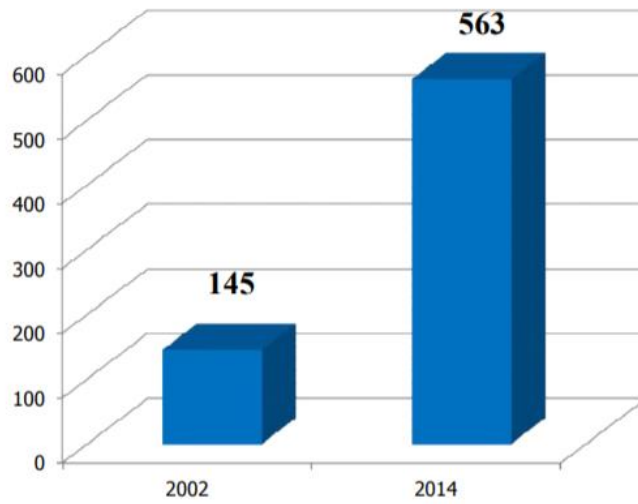
Çizelge 2.2. Şehirlerdeki altyapı hizmetlerine ilişkin gelişmeler (TÜİK)

	2008	2010	2012	2014	2016
İçme suyuna ulaşan belediyeli nüfusun toplam belediye nüfusuna oranı (%)	99	99	98	97	98
Kanalizasyon şebekesiyle hizmet verilen belediye nüfusunun toplam belediye nüfusuna oranı (%)	88	88	92	90	90
Atıksu arıtma tesisiyle hizmet edilen belediye nüfusunun toplam belediye nüfusuna oranı (%)	55.5	61.7	68.3	68.1	75

TÜİK verilerine göre kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen belediye nüfusunun toplam belediye nüfusuna oranı 2016 yılında %90'dır. 2002 yılında 145 olan arıtma tesisi sayısı ise 2014 yılında 563'e yükselmiştir (Çizelge 2.3, Çizelge 2.4).



Şekil 2.9. Şehirlerdeki altyapı hizmetlerine ilişkin gelişmeler



Şekil 2.10. Atıksu arıtma tesisi sayısı

2.3.1. Evsel kirlenme

Kanalizasyon ve çöpler evsel kaynaklı kirleticilerin başında gelir. Kanalizasyon sistemi ile evsel atıksular alıcı ortama deşarj edildiğinde su kaynaklarına büyük oranda organik atık girmiş olur, bu da bakteri miktarının artmasına yol açar. Bakterilerin suya taşınan

organik maddeleri parçalaması ile oksijen miktarında düşüş meydana gelir ve buna bağlı olarak sucul ekosistemde ölümler meydana gelir. Evsel atıksular ile taşınan bir diğer kirlenici ise içerisinde bol miktarda fosfat ve nitrat bulunduran deterjanlardır. Sularda fosfat ve nitratin artması alglerin artmasına sebep olur, bu durum sudaki biyolojik dengenin bozulmasına sebep olur. Su kirliliği insan sağlığını da tehdit eder. Kirlenen sularda artan bakteri ve virus oranı ile tifo, dizanteri, hepatit, kolera gibi bulaşıcı hastalıklar salgınlar halinde ortaya çıkabilir (Güler ve Çobanoğlu 1994).

2.3.2. Endüstriyel kirlenme

Endüstriyel atıksular arıtılmadan alıcı ortama deşarj edilirse sucul ortamda canlı üremesini olanaksız hale getirebilir. Bu atıkların toprağa gömülmeleri önlem gibi dursa da yapmur suları ve sızıntılar ile yine alıcı ortamlara ulaşır. Endüstriyel atıklar toksik bileşikler içerebilir. Bazı endüstriyel atıklar biyolojik olarak yokedilebilir özelliktedir, ancak bazılarının biyolojik olarak yokedilebilmeleri mümkün olmayabilir. Enerji santralleri, çelik fabrikaları, kağıt fabrikaları, rafineri ve otomobil fabrikaları çevreye toksik madde katılımına yol açabilecek endüstriyel kuruluşların başlıcalarını oluşturmaktadır. Bu kuruluşların kimyasal atıkları bitki ve hayvanların yok olmasına neden olabilir. Günlük hayatta kullanılan bazı kimyasal maddeler içeriğinde zehirli maddeler bulundurabilir, boyaların içerisinde kullanılabilen kurşun buna örnek gösterilebilir. Fosil yakıtlar ve elektrikli araçlar yapım endüstrisi doğada bulunan civa miktarının artmasına sebep olmaktadır. Civa zehirlenmesinin sonucunda körlük, sağırılık, ölüm ve felçler yaşanabilir. Civalı atıkların deşarj edildiği sucul ortamlarda yaşayan balıkların yenmesi de civa zehirlenmesine sebep olabilir (Güler ve Çobanoğlu 1994).

2.3.3. Tarımsal kirlenme

Tarımda üretimi artırmak amacıyla kullanılan kimyasal gübreler, böceklerle savaşmakla kullanılan bir takım kimyasal zehirler yağmur suları ile toprak atına geçerek yer altı sularının kirlenmesine neden olabilir. Akıntılarla akarsulara ulaşan bu kimyasal maddeler akarsulardaki canlı hayatının sona ermesine neden olabilir. Civa, kurşun ve diğer ağır

metalleri bulunduran bir çok insektisit bulunmaktadır. Bunların içerisinde söz konusu maddeleri en aza indirmek için çaba harcanmasına rağmen hayvan ve bitki zinciri içerisinde bu kimyasal maddelerin yoğunluğunun ve miktarının artması söz konusu olabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu 1994).

2.4. Su Kalite Parametreleri

Ülkemizde genel su kalitesinin tanımlaması amacıyla; 25687 sayılı ve 31.12.2004 tarihli Resmi Gazete’de yayınlanan “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğe göre, karalarda bütün yapay ve doğal yeraltı ve yüzeysel suları, denizle bağlantısı olan su kaynaklarında ise, tatlı su sınır noktasına kadar olan sular “Kıta içi Su Kaynağı” olarak nitelendirilmektedir. Kıta içi yüzeysel sular, kalitelerine göre 4 ana sınıfa ayrılmıştır (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.3. Su kalitesi sınıfları (SKKY 2004)

Sınıf I	Yüksek kaliteli su
Sınıf II	Az kirlenmiş su
Sınıf III	Kirli su
Sınıf IV	Çok kirlenmiş su

Kıta içi su kaynaklarının sınıflandırmasında kullanılan su kalite parametreleri ise Çizelge 2.6’da gösterilmiştir (SKKY 2004). Bu kalite parametrelerinden BOİ, KOİ, ÇO, AKM, TN, sıcaklık ve pH aşağıda tanımlanmıştır.

Çizelge 2.4. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTESİ SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal Parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) Ph	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözülmüş oksijen (mg O ₂ /L)	8	6	3	< 3

Çizelge 2.4. (devam)

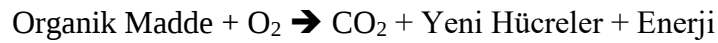
4) Oksijen doygunluğu (%)	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /L)	25	200	400	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁼ /L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0.2	1	2	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na ⁺ /L)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	0.05	0.2	1	> 1.5
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9) Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametrelerid				
1) Civa (µg Hg/L)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum (µg Cd/L)	3	5	10	> 10
3) Kurşun (µg Pb/L)	10	20	50	> 50
4) Arsenik (µg As/L)	20	50	100	> 100
5) Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
7) Krom (µg Cr ⁺⁶ /L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8) Kobalt (µg Co/L)	10	20	200	> 200
9) Nikel (µg Ni/L)	20	50	200	> 200
10) Çinko (µg Zn/L)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) (µg CN/L)	10	50	100	> 100

Çizelge 2.4. (devam)

12) Florür ($\mu\text{g F}^-/\text{L}$)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor ($\mu\text{g Cl}_2/\text{L}$)	10	10	50	> 50
14) Sülfür ($\mu\text{g S}^-/\text{L}$)	2	2	10	> 10
15) Demir ($\mu\text{g Fe}/\text{L}$)	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan ($\mu\text{g Mn}/\text{L}$)	100	500	3000	> 3000
17) Bor ($\mu\text{g B}/\text{L}$)	1000	1000	1000	> 1000
18) Selenyum ($\mu\text{g Se}/\text{L}$)	10	10	20	> 20
19) Baryum ($\mu\text{g Ba}/\text{L}$)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum ($\text{mg Al}/\text{L}$)	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite (pCi/L)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1) Fekalkoliform($\text{EMS}/100 \text{ mL}$)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform ($\text{EMS}/100 \text{ mL}$)	100	20000	100000	> 100000

2.4.1. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ)

BOİ aerobik bakteriler aracılığı ile belirli sıcaklık (20°C) ve sürede (5 gün) suda bulunan organik maddelerin parçalanabilmesi için ihtiyaç duyulan çözünmüş oksijen (ÇO) miktarıdır. BOİ atıksu kirliliğinin genel göstergelerinden biridir. BOİ testi sayesinde atıksuyun biyolojik olarak arıtılabilirliği belirlenebilirken aynı zamanda arıtma tesisine giriş ve çıkışta yapılacak testler ile arıtma prosesinin verimliliği takip edilebilir (APHA 1998).

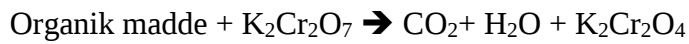


Organik maddenin mikroorganizmalar tarafından parçalanması sırasında tüketilen oksijen miktarı suyun BOİ'sine eşittir.

$$\text{ÇO}(\text{ilk değer}) - \text{ÇO}(\text{5 gün sonraki değer}) = \text{BOİ}_5$$

2.4.2. Kimyasal oksijen ihtiya ı (KOİ)

KOİ suda bulunan organik maddelerin kimyasal yolla oksitlenebilmesi için ihtiyaç duyulan çözünmüş oksijen miktarıdır. Atıksuların kirlilik seviyelerinin ifade edilmesinde kullanılan en önemli parametrelerden birisidir. BOİ'den farkı ise organik maddelerin redoks reaksiyonlar ile oksitlenmesi esasına dayanmasıdır. Oksidasyon neticesinde karbonlu organik maddeler karbondioksit ve suya, azotlu organik maddeler ise amonyağa dönüşür. KOİ testinin BOİ testine göre avantajı ise kısa sürede sonuçlanmasıdır (3 saat). KOİ testi sürecinde biyolojik olarak ayrışamayan maddelerin de oksitlenmesi sebebiyle aynı numunenin KOİ değeri BOİ değerinden yüksek çıkar. KOİ testi sürecinde harcanan oksijen kimyasal reaksiyonlar ile ortaya çıkarılır. Genellikle yükseltgen madde olarak potasyum di kromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) kullanılır ve organik maddede bulunan karbon karbondioksit haline oksitlenir (Samsunlu 2005).



2.4.3. Çözünmüş oksijen ( O)

Atıksu arıtımı prosesinde çözünmüş oksijen miktarı önemli bir parametredir ve y zeyssel su kirliliğinin en önemli göstergesidir. Suda bulunan çözünmüş oksijen miktarı atmosferde bulunan oksijenin kısmi basıncına, su sıcaklığına, sudaki organizmalara ve suyun mineral yapısına bağlı olarak değişkenlik gösterir. 0 C'de en fazla 14,63 mg/L oksijen suda çözünebilirken 30 C'de 7,57 mg/L çözünebilmektedir ( izelge 2.7) (Sawyer 2013).

Çizelge 2.5. Sıcaklıkla oksijenn sudaki çözünürlüğü arasındaki ilişki (Güler ve Çobanoğlu 1994)

Sıcaklık (°C)	Çözünebilen Oksijen mg/L	Sıcaklık (°C)	Çözünebilen Oksijen mg/L	Sıcaklık (°C)	Çözünebilen Oksijen mg/L
0	14.6	12	10.8	24	8.5
1	14.2	13	10.6	25	8.4
2	13.8	14	10.4	26	8.2
3	13.1	15	10.2	27	8.1
4	13.1	16	10.0	28	7.9
5	12.8	17	9.7	29	7.8
6	12.5	18	9.5	30	7.6
7	12.2	19	9.4	35	7.1
8	11.9	20	9.2	40	6.6
9	11.6	21	9.0	45	6.1
10	11.3	22	8.8	50	5.6
11	11.1	23	8.7		

2.4.4. Askıda katı madde (AKM)

Sularda askıda ve çözünmüş halde bulunan maddelere katı maddeler denir. Filtre edilebilen ve edilemeyen katıların tamamı toplam katı maddedir. Filtre edilebilen katı madde çözünmüş katı maddedir, filtre edilemeyen katı madde ise askıda katı maddedir (AKM). Yüksek oranda katı madde içeren atıksular alıcı ortamı olumsuz yönde etkiler, çökelmelere ve dip çamuru oluşumuna sebep olur. Eğer suda yüksek oranda katı madde var ise içme suyu temininde kullanılamaz (Akçadağ 2014).

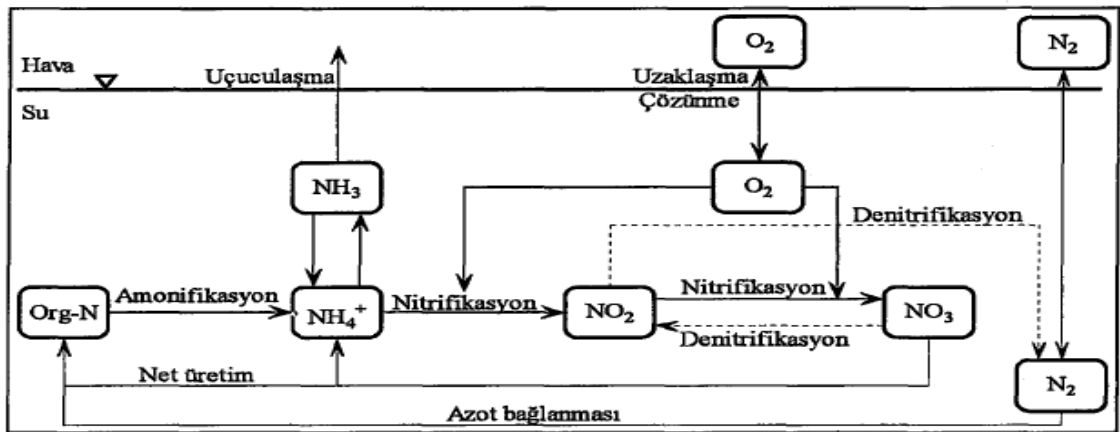
2.4.5. Toplam azot (TN)

Mikroorganizmaların büyümesi için gerekli olan bes elementlerinden birisi de azottur. Protein sentezinde temel yapı taşlarından biri olduğu için özellikle biyolojik atıksu arıtma sistemlerinde atıksu içeriğindeki azot konsantrasyonunun bilinmesi gerekir. Alıcı ortama deşarj edilen arıtılmış atıksuların içeriğindeki azot konsantrasyonunun azaltılması veya tamamen giderilmesi alıcı ortamda istenmeyen alg ve yosun oluşumunun kontrolü için önem arz etmektedir. Atıksu içeriğindeki azot genel ifade ile proteinli madde ve üreye

bağlıdır ve bunların ayrışması sonucu pH'a bağlı olarak amonyağa (NH_3) veya amonyum iyonuna (NH_4^+) dönüşür (Öztürk 1999).



$\text{pH} \geq 7$ ise denge sola doğru bozulur, $\text{pH} \leq 7$ ise amonyum iyonları ortama hâkim olur. Su içerisinde iyonize olmamış ve iyonize olmuş halde bulunan amonyağın ikisi birden toplam amonyağı (NH_3) oluşturur. Toplam amonyağın etkisi ise azot üzerinden ifadelendirildiğinde verilen değerler toplam amonyak içindeki azot miktarıdır ve bu toplam amonyak azotu şeklinde tanımlanmaktadır (Şekil 2.9, Şekil 2.10).



Şekil 2.11. Yüzeysel sularda azot döngüsü (Chapra 1997)

endüstriyel atıksuların deşarjı ile meydana gelen sıcaklık değişikliği ekosistemi olumsuz etkilemekte ve su kalitesinde bozulmalara sebep olmaktadır (EPA 1997).

2.4.7. pH

Su içeriğinde bulunan hidrojen konsantrasyonunun 10 tabanına göre negatif logaritması pH değeri olarak tanımlanmaktadır, 0-14 arası değer almaktadır. pH değeri 7'nin altında olan sular asidik, pH değeri 7'nin üstünde olan sular ise bazik karakterli olarak bilinmektedir. pH değeri 7 olan sular ise nötr sulardır. Yeraltı suları genellikle asidik karakterlidir. Yüzeysel sular ise genellikle 8'in üstünde pH değerine sahiptir ve baziktir. İçme sularında istenen pH aralığı 6.5-8.5'dir. pH kimyasal arıtma proseslerinde kelebilirliğe etki ederken biyolojik işlemlerde ise organizma aktivitesini etkiler (Güler 1997).

2.4.8. Ülkemizde su temini ve su tüketimi

Hızla artan nüfus ve aşır/bilinçsiz su tüketimi su zengini olmayan ülkemizde su kıtlığının ciddi boyutlara ulaşabileceğini göstermektedir (izelge 2.6). 2012 yılı belediye istatistiklerine göre ülkemizde bulunan 2.950 belediyeden 2.928'ine içme ve kullanma suyu şebekesi ile hizmet verildiği görülmektedir. Belediyeler tarafında su kaynaklarından içme ve kullanma suyu şebekesine 4,9 milyar m³ su çekildiği ve bu çekilen suyun %48,9'unun barajlardan, %28,3'ünün kuyulardan, %19,2'sinin kaynaklardan, %2'sinin gl, gölet veya denizlerden ve %1,6'sının akarsulardan sağlandığı belirtilmiştir. Yine aynı yıl verilerine göre belediyeler tarafından içme suyu şebekesine çekilen kişi başi ortalama su miktarı 216 litre/gün olarak tesbit edilmiştir. 2010-2012 yılları arasındaki belediye su göstergeleri izelge 2.7'de gösterilmiştir (şB 2015).

Çizelge 2.6. Türkiye'nin yıllık yağış bilgileri

Başlık	Değer	
Yıllık ortalama yağış	643	mm/yıl
Türkiye'nin yüzölçümü	783.577	km ²
Yıllık yağış miktarı	501	milyar m ³
Buharlaşma	274	milyar m ³
Yeraltına sızma	41	milyar m ³
Yüzey suyu		
Yıllık yüzey akışı	186	milyar m ³
Kullanılabilir yüzey suyu	98	milyar m ³
Yeraltı suyu		
Yıllık çekilebilir su miktarı	14	milyar m ³
Toplam kullanılabilir su (net)	112	milyar m ³
Gelişme durumu		
DSİ sulamalarında kullanılan	32	milyar m ³
İçme suyunda kullanılan	7	milyar m ³
Sanayide kullanılan	5	milyar m ³
Toplam kullanılan su	44	milyar m ³

Çizelge 2.7. 2002-2012 Belediye su göstergeleri

	2002	2004	2006	2008	2010	2012
Toplam belediye sayısı	3227	3225	3225	3225	2950	2950
İçme ve kullanma suyu şebekesi ile hizmet verilen belediye sayısı	3140	3159	3167	3190	2925	2928
İçme ve kullanma suyu şebekesi ile hizmet verilen nüfusun toplam belediye nüfusuna oranı (%)	97	99	98	99	99	98
Kaynaklarına göre içme ve kullanma suyu şebekesi için çekilen toplam su miktarı (milyon m ³ /yıl)	4813	4954	5164	4547	4758	4936
Baraj	1796	1985	1844	1810	2252	2416
Kuyu	1455	1376	1402	1276	1274	1396
Kaynak	1295	1363	1380	1061	1016	948
Akarsu	131	143	305	174	159	78
Göl-gölet/deniz	136	87	233	226	83	98
İçme ve kullanma suyu şebekesi ile dağıtılan su miktarı (milyon m ³ /yıl)		1988	2375	2401	2580	2802
İçme ve kullanma suyu arıtma tesislerinde arıtılan su miktarı (milyon m ³ /yıl)	1710	2079	2427	2121	2520	2729
Kişi başı çekilen günlük ortalama su miktarı (L/kişi.gün)	255	255	245	215	216	216

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2011 yılında yayınlanan Türkiye Çevre Durum Raporu'nda su kalitesinin bozulmasının önemli sebepleri olarak doğal kaynakların aşırı kullanımı, sanayileşme faaliyetlerinin ve kentleşmenin denetimsiz ve düzensiz oluşu ve evsel ve tarımsal faaliyetler gösterilmiştir. Söz konusu raporda Türkiye'de tatlısu kaynaklarının kirlenmesine yol açan unsurlar:

- Kentsel atıksuların arıtılmadan veya kısmen arıtılarak yüzey sularına deşarj edilmeleri,
- Kanalizasyon sistemlerinden ve açıktaki katı atık yığınlarından kaynaklanan sızıntıların yeraltı sularını kirletmesi,
- Toprakta ve sulama kanallarında bulunan tarım ilacı ve kimyasal gübre kalıntılarının yüzeysel sulara ve akiferlere karışması,
- Erozyonu hızlandıran, tabii göllerde ve baraj göllerinde çökelti birikimine yol açan ormansızlaşma ve yetersiz/yanlış tarımsal uygulamalar olarak sıralanmıştır (ÇŞB 2015).

2.5. Literatür Özeti

2011-2014 yılları arasında Sapanca Gölü ve besleyen dereler üzerinde yapılmış bir çalışmada Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre gölün su kalitesindeki bozulmalara sebep olan etkenler ortaya koyulmuştur. Sapanca Gölü havzasının konumu itibari ile demiryolu ve otoyolların da içinde olduğu çok sayıda baskı unsuru ile çevrili olduğuna, özellikle ağır trafik yüküne sahip otoyollar vasıtası ile egzoz gazı, lastik aşınmaları ve yakıt atıklarının göle olumsuz etkisi olduğuna değinilmiştir. Sapanca Gölü etrafında yer alan sanayi kuruluşları ve yerleşimlerden kaynaklanan endüstriyel ve evsel atıksuların gölün su kalitesi açısından risk oluşturduğu tespit edilmiştir (İkinci 2016).

2015 Muğla'da bulunun ve 5500 hektarlık yüzey alanına sahip Köyceğiz Gölü'nün kirlenmesi üzerine yapılmış bir çalışmada bölgedeki gübre kullanımı ve gölü besleyen derelere yapılan evsel atıksu deşarjları neticesinde ötrofik şartlara sahip olduğu tespit edilmiştir (Özçelik 2015).

2007 yılında Eskişehir’de yapılmış başka bir çalışmaya göre noktasal ve yayılı kirlilik kaynaklarının yeraltı ve yüzeysel sulardaki nitrat parametresi üzerindeki etkisi ortaya konulmuştur. Nüfus yoğunluğu, tarımda gübre kullanımı, hayvancılık, sanayi, katı atık depolama ve evsel atıksu deşarjı gibi faktörlerin su kaynakları üzerinde nitrat konsantrasyonunu olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Yüzeysel sulardan alınan numunelerden en yüksek amonyum konsantrasyonunun Eskişehir Atıksu Arıtma Tesisi sonrasında olduğu tespit edilmiştir (Çakmak 2007).

2015 yılında yapılan başka bir çalışmada, AB SÇD taleplerine göre iyi duruma ulaşması beklenen Almanya’daki nehirlerin %90’ında başarısız olduğu tesbit edilmiştir. Bunun en önemli sebebi ise tarım ve atıksu arıtma tesisleri olduğu bildirilmiştir. Ekolojik kalitenin artırılması için kirliliğin yayılmasına karşı mücadelenin önemli olduğu ve arıtma tesislerinin iyileştirilmesi ile yüzey sularının kalitesinin korunmasına katkıda bulunulacağı vurgulanmıştır (Berger *et al.* 2016).

Portekiz’de bulunan ve Ramsar alanı olan Boquilobo sulak alanındaki su kalitesi endüstriyel ve evsel atıksulardan ve tarımsal faaliyetlerden dolayı olumsuz etkilenmektedir. 3 yıl boyunca 3 parametre (pH, çözülmüş oksijen, azot) üzerinde yapılan izlemeler neticesinde en ağır etkinin evsel ve tarım kaynaklı olduğu tespit edilmiştir (Baptista and Santos 2015).

2000 ile 2008 yılları arasında Makedonya’da bulunan Vardar, Bregalnica ve Crna nehirlerinde BOD₅ ve azot konsantrasyonları izlenmiştir ve nehirlerde arıtılmadan deşarj edilen atıksulardan kaynaklı ciddi kirlilik tespit edilmiştir. İzleme yapılan dönemde parametrelerde bir azalma gözlenmemiş, bu da su havzasının korunması ve evsel ve endüstriyel arıtmalar ile ilgili genel durumu göstermiştir. Su kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi için Makedonya’nın arıtma tesisi ile hizmet verdiği nüfus oranını artırması ve arıtma tesislerinin uygun işletilmesini sağlaması gerekmektedir (Dimitrovska *et al.* 2011).

Su kirliliği Çin'in su kaynaklarını ve çevresel sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir. Özellikle azot kaynaklı kirlilik su yönetimi açısından çok büyük problemler oluşturmaktadır. Weihe nehrinin aşağı kısımları azot açısından yukarı kısmına göre daha kirli durumdadır. Stabil izotop ve Bayesian modelleme yöntemi ile nehirde yapılan çalışmalar neticesinde bu kirlilik durumunun tarım, evsel ve endüstriyel atıklardan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda atıksu arıtımının su kalitesi korunumu ve iyileştirilmesi için önemi vurgulanmıştır (Shi *et al.* 2019).

2005 – 2009 yıllarında Çin'de bulunan Songhua nehrinde 15 parametre üzerinden izleme çalışmaları yapılmıştır. Çalışma alanında kaydedilen kirlilik kaynakları sanayi, tarım, maden ve yerleşim yerleri gibi gruplara ayrılarak incelemeler yapılmış, karşılaştırılan su kalite ölçüm sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. Sonuç olarak kirlilik yüklerinin bir bütün olarak değil, herbir kirlilik kaynağının ayrı ayrı değerlendirilmesi ve önlemler alınmasının daha doğru olacağı belirtilmiştir (Wang *et al.* 2013).

İran'da bulunan Shahs Chai nehrine yapılan deşarjların çevresel etkisi üzerine yapılan izleme çalışmaları arıtılmamış atıksu deşarjlarının nehir üstündeki olumsuz etkilerini tespit etmiştir. Ulaşılan sonuçta özellikle nehir akışının azaldığı dönemlerde nehre yapılan deşarj ile oluşan kirlilik yükü çok fazla artmakta ve olumsuz etkisi de aynı oranda katlanmaktadır. Çevresel etkilerin ortadan kaldırılması, su kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi için ihtiyaç duyulan arıtma tesisin kurulması ve uygun şekilde işletilmesinin önemi bu çalışma ile birkez daha vurgulanmıştır (Zeinalzadeh and Rezaei 2017).

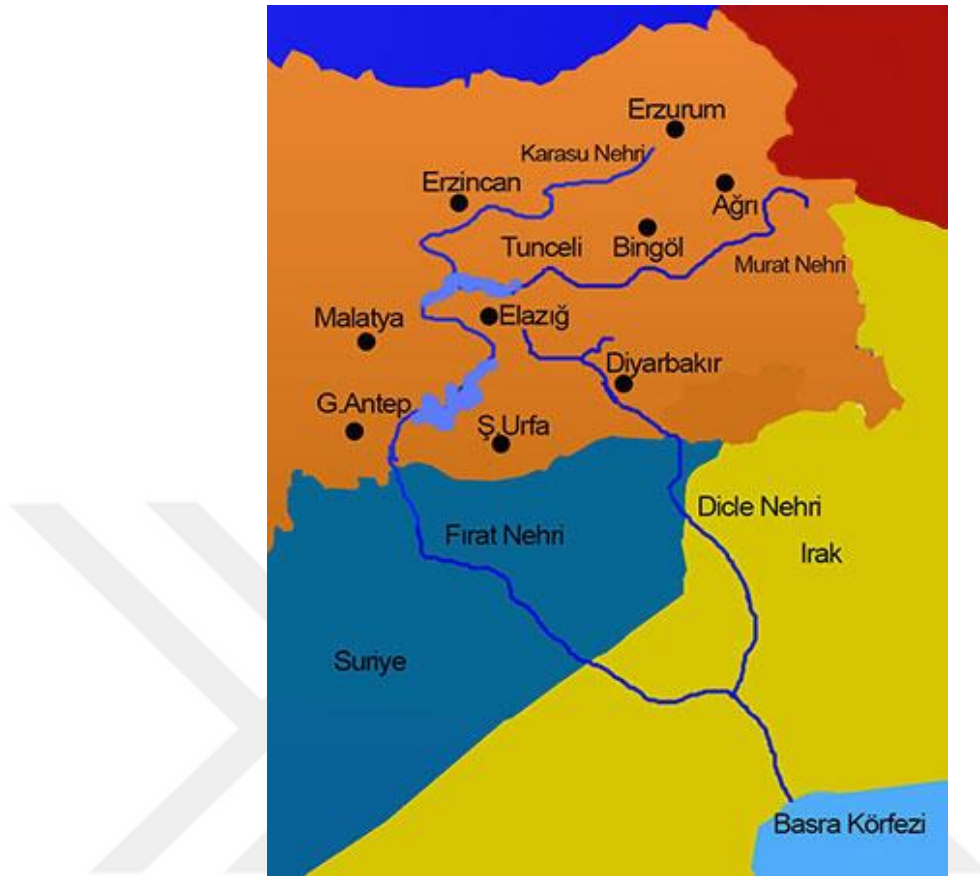
2012 yılında Erzurum'da bulunan Karasu nehrinde ağır metal analizleri yapılmıştır. 12 ay süren ve 5 istasyon üzerinde yapılan izleme çalışmaları neticesinde Karasu nehrinin ağır metal parametresi açısından önemli derecede kirli olduğu tespit edilmiştir, sebep olarak ise nehir civarında yerleşen endüstri ve sanayi kollarının yetersiz arıtma faaliyetleri, tarımsal faaliyetler ve direkt nehre deşarj edilen evsel atıksular gösterilmiştir (Sönmez vd 2012).

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Araştırma Alanının Genel Bilgileri

3.1.1. Fırat-Dicle Havzası

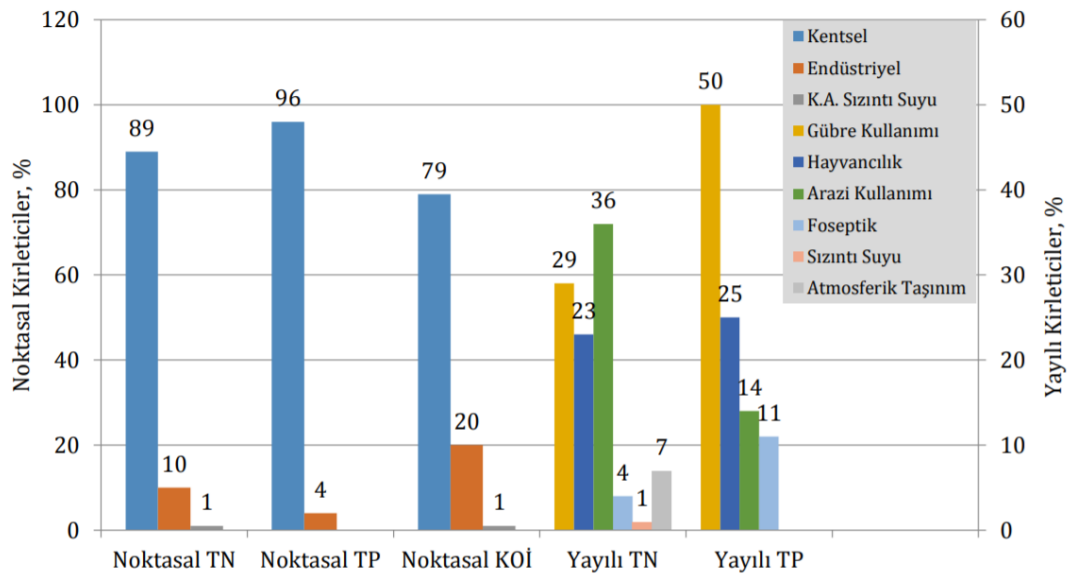
Türkiye’de bulunan 25 adet hidrolojik havzadan en büyüğü olan Fırat-Dicle havzasının toplam ülke potansiyelinin yaklaşık %28’ine sahip olduğu belirtilmektedir. Fırat ve Dicle nehirleri Türkiye’nin doğusunda doğmakta ve sınır aşp Basra Körfezi’ne dökülmektedir (Şekil 3.1). Fırat nehrinin kaynağını Ağrı’da doğan Murat ve Erzurum’da doğan Karasu nehirleri oluşturur. Dicle nehrinin kaynağını ise Elazığ yakınlarındaki Maden çayı ve Diyarbakır’daki Bırkleyn çayı oluşturur. Basra’nın 64 km yukarısında Fırat Nehri ile Dicle Nehri birleşerek “Şattülarap” ismini alır ve Basra Körfezi’ne dökülür. Murat ve Karasu nehirlerinin birleşiminden sonra Fırat adını alan nehir Dicle nehri ile birleşinceye kadar 1230 km’si Türkiye’de, 710 km’si Suriye’de ve 1060 km’si Irak’ta olmak üzere yaklaşık 3000 km uzunluğa ulaşmaktadır. Fırat-Dicle havzası 17 alt havzadan oluşmaktadır ve bunların 6 tanesi Türkiye sınırları içerisinde (Onüçyıldız vd 2016).



Şekil 3.1. Fırat ve Dicle Nehirleri

Fırat-Dicle havzası yaklaşık 17.779.202 hektarlık alanı ile Türkiye'nin %22,69'unu kapsamaktadır. 22 il, 157 ilçe, 224 belde ve 88 köy (nüfusu 2000'in üzerinde) olmak üzere toplam 469 yerleşim havza sınırları içerisinde. 2012 yılı itibarı ile havzadaki toplam belediye nüfusu 8.685.724 kişidir. Erzurum ilinin %33,8'i Fırat-Dicle havzasındadır. Toplam yağış alanı 172.406 km² olan havza yıllık ortalama 52,94 km³'lük debiye sahiptir. Ortalama yıllık aldığı yağış Fırat bölümünde 540 mm, Dicle bölümünde ise 807 mm'dir. Yıllık ortalama debi Fırat kesiminde 1.002 m³/s, Dicle kesiminde 744 m³/s'dir. Havza genelinde organik kirliliği gösteren önemli parametrelerden olan KOİ, ağırlıklı olarak Sınıf I (temiz su) veya Sınıf II (az kirlenmiş su) seviyesindedir. Önemli azot parametrelerinden NH₄-N ise havza genelinde ağırlıklı olarak Sınıf I - Sınıf II kalitesindedir. 2012 yılında havza genelinde yapılan araştırmalara göre toplam noktasal kirlilik yükleri içerisinde toplam azot (TN) oranı %19 ve toplam fosfor (TP) ise %39 olarak belirlenmiştir. Yine aynı yıl yapılan araştırmalara göre noktasal KOİ yükünün

yaklaşık %79'u kentsel, %20'si endüstriyel ve %1'i ise katı atık kaynaklıdır. Noktasal TN yükü açısından ise kentsel ve endüstriyel dağılım sırasıyla %89 ve %10'dur. Katı atıkların noktasal TN yükü içindeki payı %1'dir. Noktasal TP içersinde katı atığın payı ihmal edilecek kadar azdır. Havzaya ulaşan noktasal TP yükünün yaklaşık %96'sı kentsel atıksu deşarjından kaynaklanırken, %4'lük kısım endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Havzada yayılı kirlilik yüklerinin 2012 yılı değerleri ve tahminlerine dayalı olarak yapılan hesaplamalarda ise, TN yükünün yaklaşık %29'unun gübre kullanımından, %23'ünün hayvancılık faaliyetlerinden ve %36'sının arazi kullanımından kaynaklandığı belirtilmektedir. Yayılı TP yükünün ise %50 gibi büyük bir kısmı gübre kullanımından, %25'i hayvancılık faaliyetlerinden ve %14'ü ise arazi kullanımından kaynaklanmaktadır (Çizelge 3.1) (ÇŞB 2015; Anonim 2017).



Şekil 3.2. Fırat-Dicle havzasında noktasal ve yayılı kirlletici yük kaynakları (Anonim 2017)

2013 yılı verilerine göre Fırat-Dicle havzasında yer alan 480 yerleşimden 132'sinde kanalizasyon şebekesi bulunmamaktadır. Havzada nüfusun %82'sinin atıksuları kanalizasyon sistemine bağlıdır. Havzada bulunan yerleşimlerden kaynaklanan atıksuyun %68'i akarsuya, %19'u araziye, %7'si kuru dereye, geri kalanı ise drenaj kanalına ve göle deşarj edilmektedir. Havza nüfusunun %52'sinin atıksuları evsel atıksu arıtma tesisine

bağlıdır. Havzada atıksu arıtma tesisine ulaşan atıksuyun %58'i ikincil arıtma, %27'si birincil arıtma, %15'i ise ileri arıtma prosesi ile arıtılmaktadır (ÇŞB 2015).

3.1.2. Karasu alt havzası

Karasu Alt Havzası, Fırat-Dicle havzasının kuzeyinde yer alır ve adını Fırat Nehri'nin de ana kollarından olan Karasu Nehri'nden alır. Erzurum ilinde bulunan Dumlu Dağı eteklerinden doğan Karasu nehri 1890 m rakımlı Erzurum ovasının tek akarsuyudur. Erzurum ili Ilıca ilçesinde Pulur çayı ile birleşerek ovayı terk eder. Karasu Nehri'nin Erzurum ili içindeki drenaj alanı 1642 km² ve ortalama akımı 4,304 m³/sn dir (Sönmez 2011).

Karasu Alt Havzası volkanik kütlelerden oluşan dağlık alanlarla çevrilidir. Erzurum ovasının kuzeyinde 2500-3000 m yüksekliğe sahip Dumlu Dağı, güneyinde 2700-3000 m yüksekliğe sahip Palandöken Dağları, doğusunda Kargapazarı Dağı ve batısında Daphan Ovası vardır (Acar 1992).

Karasu Alt Havzası Doğu Anadolu Bölgesinin kuzey bölümünde yer alır (Şekil 3.3). Erzurum, Erzincan ve Tunceli İlleri Karasu Alt Havzası içinde yer almaktadır. Erzurum İlının Aziziye (Ilıca), Çat ve Aşkale İlçeleri Karasu Alt Havza sınırları içinde kalmaktadır. Karasu Alt Havzası karasal iklime sahiptir. Sert bir kış iklimine sahip olan havzada kar yağışı kış iklimi boyunca hakimdir. Dört mevsim boyunca gece-gündüz sıcaklık farkları daima yüksektir. Yıllık ortalama sıcaklık 10°C ile -5°C arasında değişmektedir. Yılın en sıcak dönemi Temmuz ve Ağustos aylarında görülmektedir. En soğuk ay ise Ocak ayıdır. Aylık ortalama yağışın en fazla olduğu dönem Mayıs ayıdır (Polat 2003).



Şekil 3.3. Karasu Alt Havzası

Karasu nehri kaynağından tarım alanlarına ininceye kadar kirlenmemiş durumda olup, tarım alanları ve yerleşim birimlerinden geçerken endüstriyel ve evsel atıklarla kirlenmektedir. 2008 yılında yapılmış bir çalışmaya göre, il sınırları içerisinde bulunan bir adet organize sanayi bölgesine ait arıtma tesisi bulunmadığı belirtilmektedir. Kentsel atıksuların da doğrudan Karasu nehrine deşarj edildiği bu dönemlerde Karasu nehrinin başlıca kirlilik kaynaklarının şeker fabrikası, mezbahaneler, tarımsal faaliyetler, kentsel atıksular ve diğer kirleticiler olduğu belirtilmiştir. Erzurum ovasında yeraltı suyu kirliliğine neden olan ana kirleticilerin ise tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar, evsel atıkların toplandığı foseptik çukurlarından gelen sızıntılar, Karasu nehri ve sulama kanallarından yeraltı suyu beslenimi, endüstriyel faaliyet alanları, katı atık sahası ve deşarj suları olarak belirtilmiştir. Su kirliliği kontrol yönetmeliğine (2004) göre; ÇO , T , pH , BOİ_5 , TÇM , $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, O-PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Na^+ , Cl^- parametrelerine göre yüzey sularını kirlenmesi açık olarak görülmekte; kentsel atıksuların Karasu'ya deşarj edildiği noktaların 4. sınıf su kalitesinde olduğu belirtilmiştir. Ayrıca mezbahanelerden deşarj edilen suların ve havzadaki tarım faaliyetlerinin yeraltı suyu kalitesini düşürdüğü belirtilerek, atıksu arıtmanın gerekliliğine vurgu yapılmış, sanayi bölgesine, fabrikalara, mezarlıklara, yoğun tarımsal ve hayvansal faaliyetlerin sürdürüldüğü bölgelere yakın olan kuyulardan su temini yapılmaması gerektiği belirtilmiştir (Kali 2008).

3.1.3. Erzurum

Erzurum ili 20 belediye, 20 ilçeden oluşmaktadır. Erzurum'un belediye ve ilçeleri Aşkale, Aziziye, Çat, Hınıs, Horasan, İspir, Karaçoban, Köprüköyü, Karayazı, Narman, Oltu, Olur, Palandöken, Pasinler, Pazaryolu, Şenkaya, Tortum, Tekman, Uzundere, Yakutiye'dir.

Erzurum ilinin arazi büyüklüğü, yaklaşık 25.066 km²'dir. Bu toprakların kuzey kesimi yani İspir, Narman, Oltu, Olur, Pazaryolu, Tortum ve Uzundere ilçelerinin toprakları Karadeniz Bölgesinin Doğu Karadeniz sınırları içinde kalmaktadır. Ancak bu kesim, il topraklarının yaklaşık %30'luk bir payını oluşturur. Geriye kalan %70 gibi önemli bir pay, Doğu Anadolu Bölgesi dâhilinde yer alır. İl, arazi büyüklüğü bakımından, sırayla Konya, Sivas ve Ankara İllerinden sonra, Türkiye'nin 4. büyük ili konumundadır.

Erzurum ili, genel olarak yüksek arazilerden oluşur. Örneğin platoların deniz düzeyine göre yükseklikleri 2000 m'yi bulur, bunların üstünde yer alan dağların yükseklikleri ise, 3000 m ve daha yüksektir. Platolar ve dağlar arasında, yükseklikleri yaklaşık 1500 ile 1800 metrelere ulaşan depresyon ovalarıyla oluklar yerleşmiştir. Aras Dağlarının bazı dağ kütleleri, Erzurum ili arazisini güneyde engebelendirmiştir. Bunların en önemlileri, Erzurum kenti ve Erzurum ovası (825 km²) güneyinde yer almakta olan Palandöken Dağları (Büyük Ejder 3176 m) ve Pasinler Ovası (540 km²) güneyinde yer alan Şahveled Dağları (Çakmak Dağı 3063 m) olup, Bingöl Dağlarının kuzey yarısı da yine Erzurum ili sınırları içinde kalmaktadır. İl topraklarını kuzeyden engebelendirmiş olan dağlarsa, Kuzey Anadolu Dağlarının ikinci sırasına bağlı yükseltilerdir. Bunların başlıcaları, İspir ve Erzurum arasında yer alan Mescit Dağları (en yüksek nokta 3239 m), onların doğusundaki Kargapazarı Dağları (Dumlu Dağı 3169 m) ve bir kısmı Kars ili sınırları içinde kalan Allahuekber Dağlarıdır. Söz konusu edilen bu kuzey ve güneydeki dağların arasına, iki önemli depresyon ovası yerleşmiştir. Bunlar Erzurum Kentinin de kenarında kurulmuş olduğu Erzurum Ovası ve Hasankale Ovası olup, her iki ovayı birbirinden, 2030 m. yükseklikteki Deveboynu beli ayırır. Bunlardan Erzurum ovasının en alçak kesimi 1850 m, Hasankale ovasının ki ise 1650 m kadardır.

İl arazisinin büyük çoğunluğunda, karasal iklim özellikleri egemendir. Kışlar uzun ve sert, yazlar kısa ve sıcak geçer. İl topraklarının kuzey kesimlerinde, yüksekliği yaklaşık 1000 ile 1500 metrelere inen vadi içleriyle çukur sahalarda iklim, büyük ölçüde sertliğini yitirir. En az yağış kış devresinde düşer. Bu devrenin yağışları kar biçiminde olup, kar yağışlı gün sayısı 50 ve kar örtüsünün yerde kalış süresi ise 114 gün kadardır. En yağışlı devre ilkbahar ve yaz mevsimleridir. Erzurum ilinin iklim özelliklerine göre ortalama en yüksek sıcaklık Temmuz ve Ağustos aylarında görülmektedir. Ortalama en düşük sıcaklık ise ocak ve şubat aylarında görülmektedir. Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında sıcaklık sıfırın altına inmektedir. Ortalama güneşlenme süresi Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında yüksektir ve en uzun güneşlenen dönem 11,2 saat ile Temmuz ayıdır. Erzurum'da yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 122'dir, aylık toplam yağış miktarı ortalaması (mm) 432,8 mm'dir (Anonim 2018).

3.1.4. Erzurum atıksu arıtma tesisi

Erzurum Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi (AAT) finansmanının %85'i Avrupa Birliği, %6'sı TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın hibesi ve %9'u da Erzurum Büyükşehir Belediyesi katkıda bulunmasıyla yapılmıştır. Tesis, biyolojik çamurdan biyogaz üreterek ihtiyacı olan enerjinin önemli bir kısmını kendi bünyesinde üreten ve Türkiye'de yapılan en modern AAT'den biri konumundadır.

Erzurum Biyolojik AAT, Biyolojik Proses Havuzlarında max. 130.000 m³/gün atıksu debisini ve Çizelge 3.1'deki kirlilik yüklerini arıtabilecek biçimde dizayn edilmiş ve inşaatı tamamlanmıştır. Erzurum Biyolojik AAT 444.934 kişilik evsel nüfusa ve 56.700 kişilik endüstriyel nüfusa göre dizayn ve inşa edilmiştir (Çizelge 3.2) Proses hesapları ATV-DVWK-Standartlarına (ATV 131-E) karbon ve azot giderimine dayalı bir aktif çamur prosesi olarak boyutlandırılması yapılmıştır.

Tesis, Ilıca/Aziziye ilçesine bağlı Kuşçu Köyü mevki, Ferah mahallesinin bitişiğinde, Karasu nehri ve Pülür çayının kuzeyinde yer almaktadır. Erzurum şehir merkezinde

toplanan atıksu yaklaşık 15 km'lik ve 1200 mm çapında kanalizasyon hattıyla getirilip 2400 mm çapında 300 m beton boru ile tesise ulaştırılmaktadır.

Çizelge 3.1. Erzurum biyolojik atıksu arıtma tesisi giriş suyu dizayn parametreleri

Parametreler	Birim	Dizayn Değerleri	S.K.K.Y. (Tablo 21.4) (24 Saatlik Kompozit Numune)
Kimyasal Oksijen İhtiyacı, KOI	mg/lt	631	90
Biyolojik Oksijen İhtiyacı, BOI ₅	mg/lt	321	25
Askıda Katı Madde, AKM	mg/lt	343	35
Toplam Nitrojen Azotu, T-N	mg/lt	54	10
Toplam Fosfor, T-P	mg/lt	13	-
pH	-	6-9,5	6-9,5

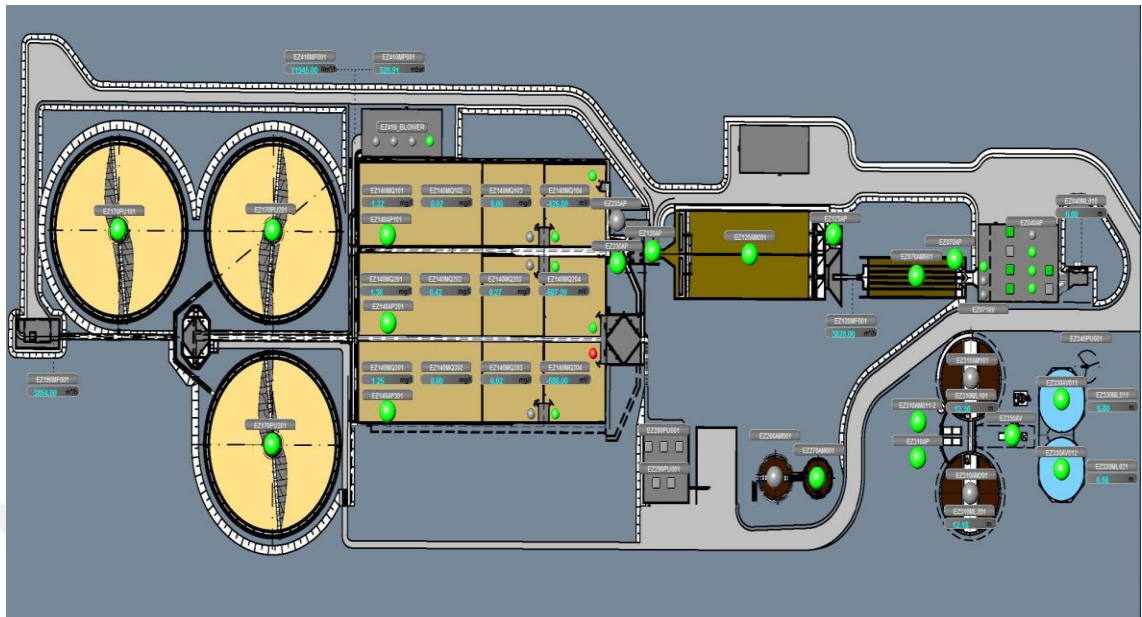
Çizelge 3.2. Erzurum Biyolojik AAT debi (kapasite) değerleri

Debi	Birim	2025 Yılı	2040 Yılı
Minimum (Ort. Kuru Hava)	m ³ /h	1658	2210
Maximum (Yağışlı hava)	m ³ /h	5434	7265
Günlük ortalama (Max. Kuru)	m ³ /h	2602	3468

Erzurum Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi aşağıdaki ünitelerden oluşmaktadır (Çizelge 3.4) ve tesisin şematik görünümü ise Şekil 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Erzurum AAT üniteleri

Atıksu Arıtma Hattı	Çamur Çürütme, Susuzlaştırma ve Enerji Üretim Hattı
Bekçi Binası	Birincil (Primer) Çöktürme Çamuru Yoğunlaştırma Tankı
Temiz su Depo Tankı	Son (Sekonder) Çöktürme Çamuru Mekanik Yoğunlaştırıcıları
Kepçe tipi Kaba Izgara ve By-Pass Yapısı	Otomatik Polielektrolit Hazırlama Üniteleri
Kaba Izgara, Giriş Pompa İstasyonu ve İnce Izgaralar	Çamur Susuzlaştırma Ekipmanları (Santrifüj Dekantör)
Izgara Binası Biyofiltre (Koku Giderim) Ünitesi	Çamur Binası Biyofiltre (Koku Giderim) Ünitesi
Havalandırılmalı Kum ve Yağ Tutucu Ünite,	Süzüntü suyu ve Fazla Çamur Depolama Tankları
Ön Çöktürme Tankları	Acil Durum Çamur Depolama Sahası
Ön Çöktürme Havuzu Çamur Pompa Odası	Anaerobik Çamur Çürütme Tankı (Digester)
Ara Pompa Terfi İstasyonu, Fazla ve Geri Devir Pompa İstasyonu	Biyolojik Kükürt Giderim Ünitesi (Desülfürizasyon)
İdari, Atölye, Depo ve Laboratuvar Binası	Biyogaz depolama tankı (Gas Holder)
Havalandırma Havuzu Dağıtım Yapısı	Teknik Galeri (Isı Eşanjörleri, Biyogaz Basınçlandırma Odası, Gaz Arıtım Filtreleri, Isı Üretim Kazanları vs.)
Nitrifikasyon/Denitrifikasyon Giderimli Biyolojik Havalandırma Havuzları	Biyogazdan Isı ve Enerji üretim Ünitesi (CHP)
Blower (Hava Üfleyiciler) Binası	Atık gaz Yakma Bacası (Gas Flare)
Son Çöktürme Havuzları Dağıtım Yapısı	Çürümüş Çamur Depolama Tankı
Son Çöktürme Havuzları	
Çıkış Debi Ölçüm ve Kullanma suyu (Gri su) arıtım Ünitesi	
MCC 1-2-3 ve 4 Odaları ve HV Odası	
Dizel Jeneratör Binası	



Şekil 3.4. Erzurum AAT şematik görünümü

3.2. Metot

Bu tez çalışmasının amacı; HKEP kapsamında Karasu nehrinin su kalitesinin korunması için inşa edilen ve 2016 yılında faaliyete geçirilen Erzurum Büyükşehir Belediyesi kentsel AAT'nin su kalitesi üzerindeki etkisini incelemektir. Bu amaçla öncelikle, AAT faaliyete geçmeden önce Karasu alt havza bölgesinde su kalitesini izlemekle sorumlu tek kuruluş olan DSİ Genel Müdürlüğü ile temasa geçilmiş ve havzada yapılmış su analizlerine ulaşılmıştır. DSİ'nin su numunesi alma istasyonları 2015 yılında kapatılmıştır. Bu nedenle talep edilen veriler istasyonlar kapatılmadan önceki son 3 yıla ait verilerdir (2013-2015). İstasyonların ikisi AAT'nin faaliyetinden önce kentsel atıksuların deşarj edildiği ana noktanın üzerinde diğeri ise 5 km aşağısındadır. Daha sonra Erzurum Büyükşehir Belediyesi ESKİ Genel Müdürlüğü bünyesinde faaliyete geçirilen kentsel AAT'nin faaliyete geçtiği 2017 yılı ile 2019 yılı Haziran arası dönemde tesis giriş çıkış atıksu parametrelerine ulaşılmıştır. Son aşamada ise DSİ'nin su kalitesini belirlemek amacı ile 2015 yılına kadar ölçüm yaptığı Karasu ve Pulur çayları üzerinde bulunan numune alma istasyonları (1. Nokta ve 2. Nokta) ile AAT deşarj noktası sonrası 5. km'de belirlenen bir noktada (3. Nokta) su numuneleri alınarak kalite parametreleri ölçülmüştür. Çalışmada analiz edilecek su numunesi alma noktalarının DSİ'nin 2015 yılına kadar

kullandığı su numune istasyonları ile aynı noktalarda olmasına dikkat edilmiştir (1. Nokta ve 2. Nokta). Ancak özellikle AAT faaliyete geçmeden önce ham kentsel atıksu deşarjının yapıldığı noktanın hemen aşağısında DSİ'nin ölçüm yaptığı yakın bir istasyon bulunmamaktadır. DSİ su kalitesini izlemek için ham atıksu deşarjının yapıldığı noktanın 5 km aşağısında bir noktadan numune alarak su kalite parametrelerini belirlemiştir. DSİ'nin su kalite parametrelerini ölçmek için belirlediği istasyonlar Şekil 3.4'de gösterilmiştir. Ayrıca AAT faaliyete geçmeden önce ham atıksu deşarjının yapıldığı nokta ve AAT deşarj noktaları birbirlerine yakın olup arada 150-200 m mesafe bulunmaktadır. AAT deşarj noktası Karasu ve Pulur çaylarının birleştiği noktanın hemen üst kısmında yer almaktadır. Dolayısı ile AAT'nin deşarj noktası sonrası yaklaşık 2 km'lik bir alanda, çıkış suyu karışma mesafesi de dikkate alınarak 3. Nokta belirlenmiştir. Bu nokta AAT'nin deşarjının Karasu üzerindeki etkisini belirlemede daha büyük önem taşımaktadır. Çünkü deşarjdan 5 km sonra seyrelmenin de etkisini dikkate almak gerekecektir. Bu çalışma kapsamında belirlenen ve su numunesi alınan noktalar Google map üzerinde işaretlenmiştir (Şekil 3.5). Belirlenen bu 3 noktadan alınan su numunelerinde BOİ, KOİ, TAKM, pH, ÇO ve iletkenlik olmak üzere toplam 6 parametre ölçülmüştür. Ölçümler Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölüm laboratuvarlarında ve AAT tesisi laboratuvarlarında ortak olarak yapılmıştır. Ayrıca karşılaştırma için akredite bir laboratuvar olan Erzurum Halk Sağlığı Laboratuvarında da BOİ, KOİ ve TAKM analizlerinin bir kısmı yapılmıştır. Su alma noktalarından alınan numunelerin kış şartlarından etkilenmemesi ve doğru sonuçlar vermesi için numuneler Mayıs ayı itibari ile alınmaya başlanmıştır. DSİ de bu istasyonlarda Mayıs, Temmuz ve Eylül aylarında ölçümler yapmıştır. Numuneler 2 saatlik kompozit numunelerdir ve AAT görevlileri tarafından numune alma koşullarına uygun alınarak +4°C'de saklanarak analiz edilmiştir.



Şekil 3.5. DSİ numune alma istasyonları



Şekil 3.6. Çalışma kapsamında kullanılan su numunesi alma noktaları

Karasu alt havzası üzerindeki en büyük noktasal kirlilik kaynağı şehre ait atıksuların AAT sonrası deşarjıdır. Havza üzerinde bulunan tek ve en büyük sanayi olan Aşkale Çimento A.Ş.'nin kendi paket arıtımı mevcuttur. Bunun dışında yer alan Organize Sanayi Bölgesi atıksuları ve diğer küçük sanayi kuruluşlarının atıksuları AAT'ye bağlanmıştır. Havza

üzerinde bulunan küçük yerleşim yerleri de dahil tüm yerleşim birimlerinin atıksuları AAT'ye bağlıdır. Bu nedenle çalışma kapsamında AAT giriş çıkış atıksu parametrelerinin izlenmesi ve değerlendirilmesi önem taşımaktadır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

DSİ'den talep edilen ve 2015 yılına kadar son 3 yıla ait veriler istasyon bazında Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3'te verilmiştir. DSİ tarafından yayınlanan Akım Gözlem Yıllığı Cilt-1 (2015) içeriğinden elde edilen verilere göre Karasu Nehri ve Pulur Çayı'na ait debi bilgileri ise Çizelge 4.4, 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. Bu çalışmada 1. Nokta olarak ifade edilen numune alma noktası istasyon 21-08-00-008 ve 2. Nokta olarak ifade edilen istasyon 21-08-00-009'dir. 21-08-00-107 numaralı istasyon daha önce de belirttiğimiz gibi ham atıksu deşarj noktası ve AAT çıkış deşarj noktasının yaklaşık 5 km aşağısında bulunduğu için arıtma tesisinin önemi belirtmek adına bir karşılaştırma yapmak faydalı olmayacaktır. Çünkü DSİ'nin verilerinden de görüleceği gibi 5 km aşağıda nehir suyu düşük organik kirliliğe sahip olup BOİ değeri 1-2 mg/L'dir. (Çizelge 4.3). Bu duruma seyrelme etkisinin yol açtığı açıktır. DSİ'nin ölçüm yaptığı Mayıs, Temmuz ve Eylül ayları dikkate alındığında en çok yağış alan Mayıs ayı kirlilik parameter değerlerinin düşük olduğu ve seyrelmenin etkili olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.4, Çizelge 4.5, Çizelge 4.6). Bu nedenle bu çalışma için kullanılacak numune alma noktası AAT deşarj noktasının yaklaşık 2 km aşağısında yer almaktadır. Bu noktada DSİ'nin yaptığı ölçüm bulunmamaktadır. Dolayısı ile AAT faaliyeti öncesi durum ile bir karşılaştırma yapılamamıştır.

Ayrıca 21-08-00-008 ve 21-08-00-009 numaralı istasyonlardan DSİ'nin elde ettiği organik kirliliği gösteren BOİ değerlerinin 0-5 mg/L arasında değişen düşük seviyelerde olması ise bu istasyonların AAT faaliyetinden önce kentsel ham atıksu deşarjının yapıldığı noktanın üst kısmında yer almasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.1. Pulur Çayı üzerindeki 21-08-00-008 numaralı istasyona ait veriler

İstasyon No: 21-08-00-008; İstasyon Adı: PULUR ÇAYI-ILICA					
Parametre	Birim	Yıl	Mayıs	Temmuz	Eylül
BOD ₅	mg/L	2013		7.00	2.00
		2014	3.00	9.00	9.00
		2015	2.00	0.00	
DO	mg O ₂ /l	2013	7.40	7.30	3.50
		2014	6.00	8.60	5.80
		2015	6.80	6.30	
pH	-	2013	7.90	7.20	7.80
		2014	7.90	7.40	7.40
		2015	7.90	7.20	
SS	mg/L	2013	360.00	54.00	45.00
		2014	84.00	28.00	13.00
		2015	87.00	15.00	
T	°C	2013	16.00	30.00	16.00
		2014	23.00	30.00	22.00
		2015	11.00		
Top.N	mg/L	2013	0.62	0.85	0.55
		2014	1.28	0.86	1.09
		2015	1.41		

Çizelge 4.2. Karasu Nehri üzerindeki 21-08-00-009 numaralı istasyona ait veriler

İstasyon No: 21-08-00-009; İstasyon Adı: KARASU-ILICA					
Parametre	Birim	Yıl	Mayıs	Temmuz	Eylül
BOD ₅	mg/L	2013	0.00	6.00	3.00
		2014	5.00	6.00	6.00
		2015	3.00		
DO	mg O ₂ /l	2013	6.80	4.70	
		2014	8.10	9.90	5.10
		2015	8.30	6.20	
pH	-	2013	7.90	7.90	7.40
		2014	7.80	8.70	7.90
		2015	7.80	7.60	
SS	mg/L	2013	73.00	23.00	35.00
		2014	41.00	41.00	7.00
		2015	448.00	7.00	

Çizelge 4.2. (devam)

T	°C	2013	14.00	25.00	18.00
		2014	23.00	23.00	22.00
		2015	9.00		
Top.N	mg/L	2013	0.89	1024.00	0.73
		2014	2.32	0.54	2.38
		2015	1.37		

Çizelge 4.3. Karasu Nehri üzerindeki 21-08-00-107 numaralı istasyona ait veriler

İstasyon No: 21-08-00-107; İstasyon Adı: KARASU-ÇİĞDEMLİ ILICA ÇIKIŞI					
Parametre	Birim	Yıl	Mayıs	Temmuz	Eylül
BOD ₅	mg/L	2013	0.00	5.00	4.00
		2014	8.00	0.00	11.00
		2015	1.00	2.00	
DO	mg O ₂ /l	2013	4.40	2.70	3.00
		2014	10.50	3.60	5.10
		2015	7.10	6.10	
pH	-	2013	7.70	7.80	7.80
		2014	7.70	7.80	8.00
		2015	7.90	7.70	
SS	mg/L	2013	54.00	47.00	108.00
		2014	40.00	53.00	43.00
		2015	448.00	18.00	
T	°C	2013	14.00	24.00	18.00
		2014	23.00	24.00	22.00
		2015	10.00		
Top.N	mg/L	2013	2.40	2.12	3.33
		2014	0.43	5.88	5.24
		2015	2.03		

Çizelge 4.4. Karasu Nehri üzerindeki D21A200 numaralı istasyona ait veriler

D21A200 KARASU ILICA												
Yeri:	Çevre yolundan Ilıca'ya giderken köprüünün üzerindedir.											
Koordinatlar:	41°6'8" Doğu - 39°57'33" Kuzey											
Yağış alanı:	1168,70 km ²			Yaklaşık kot:		1755 m						
Anlık en çok ve en az akımlar:												
2015 Su yılında anlık ençok akım:				28.200 m ³ /sn			10.04.2015					
2015 Su yılında anlık enaz akım:				1.960 m ³ /sn			11.10.2014					
Akımlar 01 Ekim 2014'den 30 Eylül 2015'a kadar m3/sn olarak												
	Ekim	Kasım	Ara.	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağu.	Eylül
Maks.	3.27	2.68	3.01	3.01	3.01	18.30	28.20	24.70	13.70	7.93	6.75	7.66
Min.	1.96	2.27	2.58	2.38	2.58	2.58	9.60	14.50	4.72	2.81	4.02	4.48
Ort.	2.25	2.46	2.87	2.73	2.83	6.06	14.70	19.80	6.77	4.29	5.14	5.02

Çizelge 4.5. Karasu Nehri üzerindeki D21A062 numaralı istasyona ait veriler

D21A062 KARASU DEMİRGEÇİT KÖP.												
Yeri:		Ilıca Kandilli yolunun 7. km'sinde bulunan Demir Geçit Köyü'nün taş köprüsündedir.										
Koordinatlar:		41°2'3" Doğu - 39°57'1" Kuzey										
Yağış alanı:		1589,10 km ²			Yaklaşık kot:			1741 m				
Anlık en çok ve en az akımlar:												
2015 Su yılında anlık ençok akım:					57.100 m ³ /sn			10.04.2015				
2015 Su yılında anlık enaz akım:					4.000 m ³ /sn			22.10.2014				
Akımlar 01 Ekim 2014'den 30 Eylül 2015'a kadar m3/sn olarak												
	Ekim	Kasım	Ara.	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağu.	Eylül
Maks.	8.29	8.74	8.29	7.42	5.39	27.50	57.10	41.00	16.20	9.20	10.60	9.20
Min.	4.00	4.70	6.16	4.70	4.35	5.04	11.50	15.00	6.58	4.00	5.02	5.36
Ort.	4.97	6.75	7.28	5.58	4.87	8.99	23.40	29.40	9.21	6.06	7.01	7.02

Çizelge 4.6. Pulur Çayı üzerindeki D21A132 numaralı istasyona ait veriler

D21A132 PULUR Ç. SAKALI KESİK												
Yeri:	Erzurum Merkez Sakalı Kesik Köyü'nün 100 m membasındadır.											
Koordinatlar:	41°7'25" Doğu - 39°52'30" Kuzey											
Yağış alanı:	271,60 km ²				Yaklaşık kot:		1789 m					
Anlık en çok ve en az akımlar:												
2015 Su yılında anlık ençok akım:					17.400 m ³ /sn			10.05.2015				
2015 Su yılında anlık enaz akım:					0.059 m ³ /sn			27.07.2015				
Akımlar 01 Ekim 2014'den 30 Eylül 2015'a kadar m3/sn olarak												
	Ekim	Kasım	Ara.	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağu.	Eylül
Maks.	1.72	1.41	1.41	1.26	1.87	10.00	16.90	17.40	1.87	0.27	0.27	0.27
Min.	0.67	1.00	0.89	0.89	1.00	1.00	3.45	1.72	0.11	0.06	0.09	0.15
Ort.	1.06	1.15	1.18	1.01	1.20	2.75	7.58	6.56	0.52	0.17	0.16	0.20

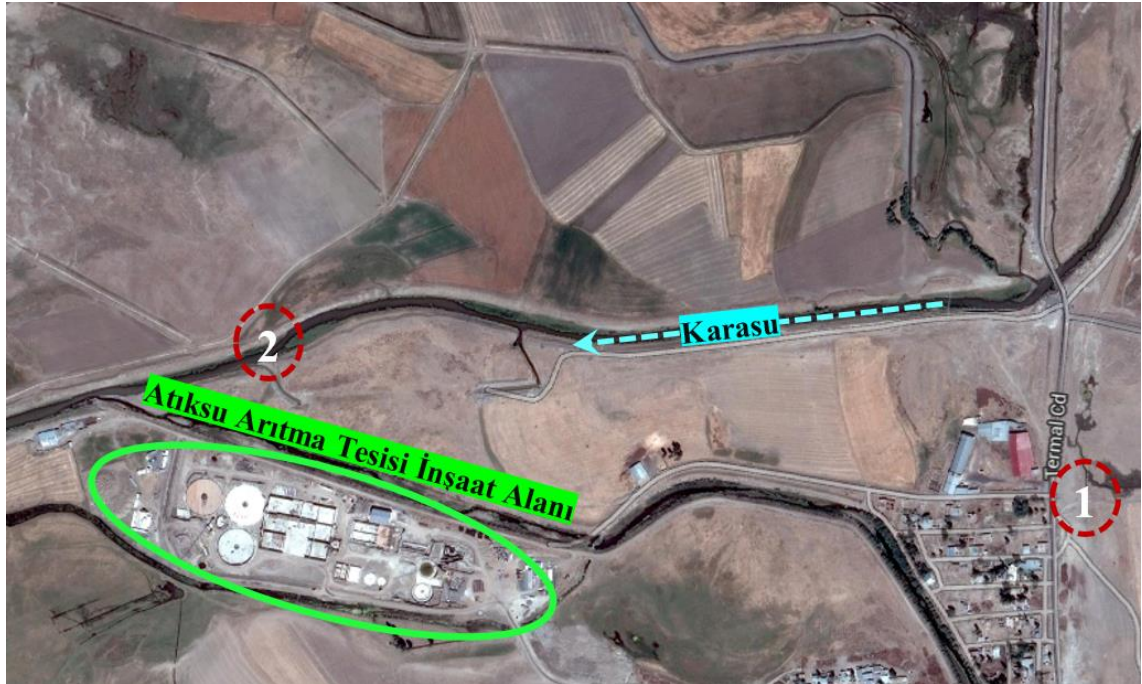
Elde edilen veriler ışığında AAT faaliyete geçmeden önce Karasu Nehri ve Pulur Çayı üzerinde ham evsel atıksu deşarjından kaynaklı büyük bir kirlilik yükü oluşmadığı düşünülebilir. Ancak AAT kurulmadan önce Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü tarafından Erzurum Büyükşehir Belediyesi için hazırlanan bir raporda özellikle ham atıksu deşarj noktalarında yapılmış su kirlilik parametreleri için oldukça yüksek değerler elde edilmiştir (Yıldız 2014). Bu raporda; Ilıca kollektör noktası ve AAT faaliyeti öncesi Karasu nehrine ham atıksu deşarjının yapıldığı nokta olmak üzere 2 farklı noktadan atıksu numuneleri alınmıştır. Bu numunelerin alındığı noktaların yaklaşık yerleri Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Bu noktalardan Ilıca kollektör adı verilen noktanın, DSI’nin ölçüm yaptığı 21-08-00-008 ve 21-08-00-009 numaralı istasyonlara yakın bir nokta olduğu görülmektedir. Ilıca kollektör, Erzurum Atıksu Arıtma Tesisine girecek olan atıksu olup 1 numaralı yerden alınmıştır. Ham atıksu ve Karasuyun birleştiği noktadan yaklaşık 250 metre sonrada 2 numaralı yerden karışım numunesi alınmıştır. Raporda belirtilen numunelerin analiz sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Organik kirlilik yükleri dikkate alındığında Karasu nehri su numunelerinin atıksu deşarj noktalarında oldukça yüksek kirlilik yükü taşıdığı görülmektedir. BOİ değerleri Ilıca kollektör için 225 mg/L BOİ ve ham atıksu deşarj noktası için 197 mg/L olarak belirtilmiştir. Ancak rapor kapsamında deşarj noktalarının 2 km aşağısında alınmış su numuneleri bulunmamaktadır. Bu rapor arıtma tesisi faaliyete geçmeden önce yayınlanmıştır.

1997 yılında Erzurum Karasu nehrinde Ensar Oğuz tarafından matematiksel modelleme kullanılarak BOİ₅, KOİ, ÇO, azot gibi parametrelerin nehir boyunca değişmelerini gösteren bir çalışma yapılmıştır. Çalışma nehrin 1700 metrelik kısmını kapsamaktadır. Yapılan modelleme çalışması neticesinde Karasu nehrindeki kirliliğin kanalizasyon ve mezbaha atıksularının deşarj edilmesi ile arttığı ortaya çıkmıştır. Çalışma ile deşarj noktasından yaklaşık 2 km sonrasında tam karışımın gerçekleştiği sonucuna varılmıştır (Oğuz 1997). Bu sebeple belirlemiş olduğumuz numune alım noktalarından birisi tesisin 2 km aşağısındadır.

AAT faaliyete geçtikten sonra ise 2017, 2018 ve 2019 yıllarında elde edilen tesis giriş/çıkış atıksu parametreleri ESKİ Genel Müdürlüğünden alınan resmi veriler dahilinde Çizelge 4.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Ilıca kollektör ve ham atıksu deşarj noktasında Karasu nehri kirlilik parametreleri

	Birim	Atıksu Numunesi-1 Ilıca Kollektör	Dere Numunesi Karasu, arıtma deşarj noktasında
Debi	m ³ /saat	5416,4	11098,4
Toplam KOİ	mg/L	494	230
Çözünmüş KOİ	mg/L	105	59
Partiküler KOİ	mg/L	389	171
BOİ ₅	mg/L	225	197
AKM	mg/L	220	118



Şekil 4.1. Ilıca kollektör (1) ve ham atıksu deşarj noktasında (2) Karasu nehrinin numunelerinin alındığı noktaların yerleri

Çizelge 4.8. Erzurum Atıksu Arıtma Tesisi giriş ve çıkış suyu analiz sonuçları

Tarih	GİRİŞ									ÇIKIŞ							
	Tesis Girişi Saha Ölçümleri					TESİS GİRİŞİ ATIKSU ANALİZLERİ					Parametreler						
	Debi	Sıcaklık		pH	İletkenlik	AKM	KOİ	BOİ ₅	TN		Numune Tipi	Sıcaklık	pH	AKM	KOİ	BOİ ₅	TN
	m ³ /gün	°C			µs/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	Saat	Kompozit Numune	°C		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
		Dış (min.)	Su Sıcaklığı														
09/03/2017	65,800	-16.9	9.9	7.23	745	120	312	202	33.6	11:30	2 sa	8.2	7.70	<11	<40	13	
10/03/2017	93,900	-16.3	9.9	7.33	729	200	317	221	87.8	13:30	24 sa	4.2	7.69	20	47	27	1.24
14/03/2017	91,600	-10.6	9.4	7.30	741	240	420	289	33.7	08:30	2 sa	8.9	7.16	<11	<40	<3	
15/03/2017	91,200	-10.9	9.1	7.33	728	280	307	199	30	11:00	2 sa	7.6	7.17	18	86	24	
23/03/2017	86,200	-17.9	9.1	7.25	717	240	310	210	31.3	08:30	2 sa	7.4	7.70	37	41	28.5	
28/03/2017	83,800	-5.7	10	7.27	763	120	317	210	34.8	08:30	2 sa	8.2	7.59	27	90	29.4	
04/04/2017	87,000	-7.8	10.3	7.18	763	80	194	108	38.8	11:00	2 sa	13	7.14	31	68	24	
05/04/2017	86,900	-9.55	10.4	7.23	747	240	383	241	40.9	15:20	24 sa	11.1	6.88	20	<40	8	1.4
11/04/2017	83,400	-4.97	10.5	7.74	751	200	291	185	34.7	09:30	2 sa	12	7.30	<11	<40	<3	
12/04/2017	85,000	-7.92	10.5	7.79	763	160	294	179	57	11:40	24 sa	5.3	7.38	<11	<40	11.4	1.29
18/04/2017	85,100	0.6	11.1	7.75	765	280	321	218	32.3	12:48	2 sa	10.6	7.01	<11	59	17.7	
18/04/2017	85,100	0.6	11.1	7.75	765	280	321	218	32.3	16:19	Anlık	11.7	6.91	<11	56	-	
19/04/2017	80,500	-2.16	11.1	7.45	779	160	335	234	31.4	15:30	24 sa	10.5	7.00	11	<40	<3	1.15
25/04/2017	90,900	-4.23	11.3	7.69	751	240	255	151	32.2	14:00	2 sa	12.4	7.06	14	<40	<3	
26/04/2017	102,100	-3.08	11.7	7.69	749	240	311	205	34.3	17:46	24 sa	12.3	6.93	12	50	18.5	2.11
02/05/2017	82,700	4.10	11.3	7.67	781	320	306	191	35.0	11:45	2 sa	15	7.51	<11	54	13	
02/05/2017	82,700	4.10	11.3	7.67	781	320	306	191	35.0	12:30	24 sa	18	7.06	<11	<40	4.2	<0.5
09/05/2017	87,200	2.26	11.6	7.71	780	150	310	148	32.2	12:40	2 sa	16	7.60	<11	41	12.6	
12/05/2017	81,300	6.34	12.1	7.63	751	160	325	136	31.3	13:30	24 sa	15.7	7.45	<11	<40	11.9	<0.5

Çizelge 4.8. (devam)

16/05/2017	88,500	3.98	12.3	7.65	751	200	372	147	36.2	11:00	2 sa	17.6	7.63	<11	<40	<3	
17/05/2017	75,400	3.49	12.3	7.59	769	160	346	145	31.7	14:57	24 sa	16.9	7.53	<11	<40	13	<0.5
23/05/2017	84,100	2.04	12.8	7.65	764	300	380	185	32	13:40	2 sa	12.1	6.99	<11	<40	4.1	
24/05/2017	84,700	4.15	12.8	7.67	771	320	439	218	33.2	14:20	24 sa	14.3	7.56	<11	49	14.6	0.66
30/05/2017	82,900	4.11	12.9	7.64	787	200	443	217	32.2	16:45	2 sa	19.6	7.21	<11	32	6	
31/05/2017	90,500	3.85	13.1	7.69	771	200	380	181	29.7	17:15	24 sa	18.1	7.17	<11	52	19.4	1.27
06/06/2017	91,400	3.79	13.9	7.29	709	200	286	117	28.0	14:50	2 sa	21.6	6.99	<11	<40	4.3	
07/06/2017	83,000	5.43	14.0	7.57	753	160	471	193	31.7	16:00	24 sa	22.6	7.22	<11	<40	4.7	1.5
15/06/2017	64,100	10.14	15	7.64	718	200	459	211	28	13:00	2 sa	21.4	7.68	25	62	17	
16/06/2017	77,500	3.38	15	7.71	704	180	379	174	26.2	14:20	24 sa	24	7.20	<11	59	17	4.6
20/06/2017	86,200	7.39	15	7.61	669	200	452	240	30.4	12:00	2 sa	20.2	7.30	20	71	16	
21/06/2017	86,800	5.69	15.1	7.58	688	280	499	289	30.2	08:00	24 sa	20.1	7.20	<11	52	18.3	4.4
29/06/2017	80,300	10.73	15	7.14	677	240	359	147	37.6	13:20	2 sa	24	7.48	<11	<40	<3	
30/06/2017	78,400	7.79	15.1	7.11	685	280	391	152	31.6	14:50	24 sa	24	7.53	<11	<40	7.6	30
04/07/2017	80,500	11.26	15.2	7.17	691	200	391	167	33.5	14:00	2 sa	27.3	7.29	19	<40	4.6	
05/07/2017	69,200	12.3	15.3	7.11	699	210	407	154	32.0	14:10	24 sa	27.4	7.67	45	74	26	3.72
12/07/2017	75,900	11.23	15.1	7.24	683	190	350	157	31.5	14:00	2 sa	23.6	7.27	<11	43	17	
13/07/2017	77,900	12.01	15.2	7.35	664	350	328	140	32.7	08:00	24 sa	24.8	7.05	<11	<40	6.6	5.5
18/07/2017	96,500	8.93	15.3	7.55	775	340	528	258	36	13:30	2 sa	27.4	7.36	<11	<40	7.3	
18/07/2017	96,500	8.93	15.3	7.55	775	340	528	258	36	13:00	24 sa	25	7.28	18	<40	7.1	4.6
25/07/2017	95,500	7.83	16	7.92	717	260	406	157	37	13:30	2 sa	24.5	7.36	<11	<40	9.8	
26/07/2017	96,100	7.81	16	7.94	724	200	404	165	33.5	14:00	24 sa	23.8	7.13	17	81	34.8	5.7
01/08/2017	89,100	15.75	16.2	7.87	713	200	297	115	29.2	14:05	2 sa	27	7.43	13	<40	6.7	
02/08/2017	98,500	19.46	16.2	7.95	704	200	315	122	26.6	14:30	24 sa	25.8	7.53	75	43	17.9	0.9
08/08/2017	93,300	7.32	16.9	7.85	671	180	341	148	35.6	14:20	2 sa	26.4	7.36	<11	43	15	
09/08/2017	91,100	11.79	16.9	7.91	667	180	349	160	29.2	14:45	24 sa	25.7	7.58	<11	<40	4.9	2

Çizelge 4.8. (devam)

15/08/2017	74,300	9.09	17.1	7.78	608	156	345	151	33.4	13:55	2 sa	26.1	7.42	<11	<40	8.5	
16/08/2017	72,100	12.48	17.1	7.69	597	145	321	138	24.8	14:00	24 sa	22.9	7.74	<11	46	18.5	0.87
22/08/2017	57,700	10.32	16.8	7.67	605	140	293	155	24.8	08:00	2 sa	25.5	7.68	<11	<40	<3	
23/08/2017	57,000	9.93	16.8	7.79	601	290	248	136	25	08:00	24 sa	24.6	7.84	<11	56	24	3.7
29/08/2017	59,700	5.25	16.7	7.62	601	115	343	183	38.2	10:30	2 sa	23.5	7.36	<11	<40	<3	
30/08/2017	58,200	5.84	16.6	7.69	611	148	326	166	25.7	12:30	24 sa	18	7.27	<11	<40	4.2	6.8
06/09/2017	75,300	0.00	16.1	7.81	607	140	343	168	39.8	10:30	2 sa	16.7	7.30	<11	<40	<3	
07/09/2017	63,200	0.00	15.7	7.88	611	150	351	189	40.1	11:00	2 sa	12.4	7.10	<11	<40	<3	
13/09/2017	76,600	0.00	15.4	7.63	632	180	353	207	33.4	13:00	2 sa	21.8	7.60	16	<40	<3	
14/09/2017	65,900	8.46	15.4	7.81	631	168	439	255	37.9	12:48	2 sa	20.3	7.45	18	<40	<3	
20/09/2017	82,600	8.06	15.3	7.71	651	360	441	230	56	12:55	2 sa	21.2	7.33	13	<40	<3	
21/09/2017	80,300	0.00	15	7.67	632	268	444	245	39.4	12:38	2 sa	20.6	7.33	<11	<40	<3	
26/09/2017	0.000	3.19	15.1	7.69	649	240	464	259	43.8	12:15	2 sa	22.3	7.52	<11	<40	5.3	
27/09/2017	16,100	5.01	0	0.00	0	0	0	0	0	11:38	2 sa	24.6	7.52	<11	<40	4	
03/10/2017	30,300	10.46	14.8	7.45	651	320	525	272	50.2	11:24	2 sa	16.7	7.48	<11	<40	<3	
04/10/2017	85,100	6.97	0.0	0.00	0	0	0	0	0.0	12:00	2 sa	17.2	7.61	<11	<40	<3	
10/10/2017	96,000	5.65	14.7	7.45	654	348	570	330	54.8	10:00	2 sa	5.6	7.18	<11	<40	5.2	
09/11/2017	87,100	-0.67	14.1	7.95	792	192	345	203	37.1	11:00	2 sa	5.4	6.38	20	67	25	
28/12/2017	89,300	0.95	11.8	8.09	691	152	164	96.5	22	13:00	2 sa	11.8	7.49	32	<40	5.7	
31/01/2018	87,500	-7.53	10.5	8.44	774	128	111	67	17.9	08:00	2 sa	12.2	7.64	<11	<40	4.6	
27/02/2018	88,100	-2.18	10.9	7.90	1027	126	116	70	54.5	12:00	2 sa		7.34	<10	36	9	
28/03/2018	88,300	9.93	11.4	7.80	868	176	330	194	27.3	08:00	2 sa			<10	20	<5	
09/04/2018	87,900	12.59	12.9	7.83	817	98	163	85	34.3	11:00	Anlık		7.44	13	31	7	
09/04/2018	87,900	12.59	12.9	7.83	817	98	163	85	34.3	12:28	Anlık	14.7	7.11	<10	67	14	
15/05/2018	97,900	8.57	12.1	7.71	715	258	395.0	232	22.6	10:31	Anlık	14.4	7.14	<10	23	5	
15/05/2018	97,900	8.57	12.1	7.71	715	258	395.0	232	22.6	10:45	2 sa		7.52	15	51	10	

Çizelge 4.8. (devam)

30/05/2018	95,700	16.57	13.6	7.75	699	284	377	225	18.7	14:00	2 sa		7.66	<10	46	11	
26/06/2018	91,600	11.89	14.7	7.65	662	161	304	155	25.0	11:14	2 sa		7.78	10	31	7	
19/07/2018	82,900	8.95	16.0	8.37	747	198	312	163	26.1	08:00	2 sa		8.06	10	45	9	
26/07/2018	82,500	9.87	16.6	8.35	804	122	254	151	22.3	08:00	2 sa		8.04	<10	44	11	
15/08/2018	80,700	19.79	17.1	7.69	741	198	356	160	39.7	10:00	2 sa		8.30	10	34	7	
19/09/2018	80,000	17.46	16.9	7.78	740	192	553	325	39.9	14:00	2 sa		7.85	<10	45	11	
27/09/2018	69,200	14.87	16.8	7.51	708	148	353	145	33.0	08:00	2 sa		8.00	<10	80	14	
15/10/2018	74,900	11.67	16.6	7.68	677	178	353	-	31.3	12:00	2 sa		7.77	<10	52	10	
15/10/2018	74,900	11.67	16.6	7.68	677	178	353	-	31.3	10:00	2 sa		7.85	<10	38	8	
19/10/2018	78,900	8.04	16.1	7.97	677	106	242	-	28.3	12:00	2 sa		7.60	<10	39	8	
26/11/2018	91,700	-4.16	12.7	7.84	773	84	409	244	32.1	09:00	2 sa		7.32	<10	36	9	

Çizelge 4.8 incelendiğinde tesis BOİ gideriminde ortalama olarak %90'ın üzerinde arıtma verimine sahip olmuştur. Ayrıca %100'e yakın TN giderimine ve yine %90'ın üzerinde AKM giderimine sahiptir. Bu arıtma verimleri ile AAT'de yıllık 11.000 ton çamurun tutulduğu ve Karasuya her yıl 11.000 ton çamur deşarjının engellendiği belirtilmiştir.

DSİ istasyonlarının 2015 yılında kapatılmış olmasından dolayı AAT'nin deşarj yaptığı akarsulara ait güncel veriler bulunmamaktadır. Bu nedenle AAT faaliyetinden sonra Karasu nehrinin su kalitesini değerlendirmek için DSİ'nin ölçüm yaptığı aylara da denk gelecek şekilde Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında toplam 3 kez numune alınarak su kalite parametreleri bu tez çalışması kapsamında analiz edilmiştir. Numuneler 2 saatlik kompozit numuneler olup AAT bilgisi dahilinde, AAT personeli tarafından alınmıştır. Kış aylarında yüzey suyu sıcaklığı ve don problemleri nedeniyle numunelerin alınması Mayıs ayı itibari ile başlanmıştır. Analiz noktalarının ikisi DSİ istasyon noktaları olup AAT üst noktasında yer almakta ve 3. ise AAT deşaj noktasının 2 km aşağısında yer almaktadır. Numunelerde pH, iletkenlik, ÇO, BOİ, KOİ ve TAKM parametreleri izlenmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 4.9, Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11'de verilmiştir. Elde edilen sonuçları DSİ verileri ile karşılaştırmak çok anlamlı olmayacağı için, Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünün 2014 yılında ölçtüğü analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Buna göre AAT faaliyete geçmesinden sonra Karasu nehri üzerinde ortalama %70-85 arası bir iyileşme sağlandığı ifade edilebilir. AAT üst ve alt noktalarındaki ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında ise tesisin Karasu nehri üzerinde bir kirlilik yükü bulunmadığı görülmektedir. Haziran ayı sonuçlarına bakıldığında tesis üst noktalarında Karasu ve Pulur çayı BOİ değerleri sırasıyla 28.22 ve 18.53 mg/L olurken AAT alt noktasında BOİ değerinin 34.18 mg/L'ye yükseldiği görülmektedir. AAT yetkilileri Haziran ayında tesis ızgaralarından birini bakıma almalarından dolayı bir kısım suyun by-pass yapıldığı ifade edilmiştir. Bu yükselme bile AAT'nin Karasu nehrinin su kalitesi üzerindeki önemini ortaya koymaktadır. Yapılan analizlerde BOİ değerlerinin yüzey su kalitesine göre yüksek değerlerde olması, bölgedeki tarım ve hayvancılık faaliyetlerinden gelen yayılı yüklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca AAT'nin son 3 yıldır faaliyette olduğu göz önünde bulundurulursa Karasu nehrine geçmiş yıllarda yapılan ham atıksu deşarjının bölgede hala bir kirlilik etkisine sahip olduğu, nehrin kendi

kendini temizleme sürecinin devam ettiğini gösterebilmektedir. Haziran ayında yapılan analiz sonuçlarından tesis çıkışında BOİ normal değerlere göre yüksek çıkmıştır, sebebi AAT kaba ızgara ünitelerinden birinin bakımında olmasından dolayı yapılan tahliyeden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Mayıs ayı ile Temmuz ayının analiz sonuçlarına bakıldığında ise Mayıs ayında DSİ verilerine göre debinin daha yüksek olmasına rağmen seyrelmesi gereken parametreler Temmuz ayına nazaran yüksek çıkmıştır. Sebebinin Mayıs ayındaki yüzeysel akış sebebi ile tarım arazilerinden ve hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklı kirlilik yüklerinin akarsulara taşınması olarak değerlendirilmektedir.

Çizelge 4.9. Mayıs ayı analiz sonuçları

Parametreler	Pulur Çayı 21-08-00-008	Karasu 21-08-00-009	Tesis Çıkış Sonrası 21-08-00-107	Birim
pH	7.55	7.65	7.55	
İletkenlik	43.7	32.5	45	µs/cm
Çözünmüş oksijen	7.18	5.29	6.2	mg/L
Kimyasal oksijen ihtiyacı	82	94	97	mg/L
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	56	65	61	mg/L
Toplam askıda kadı madde	18	21	24	mg/L

Çizelge 4.10. Haziran ayı analiz sonuçları

Parametreler	Pulur Çayı 21-08-00-008	Karasu 21-08-00-009	Tesis Çıkış Sonrası 21-08-00-107	Birim
pH	7.43	7.56	7.51	
İletkenlik	1200	419	500	µs/cm
Çözünmüş oksijen	7.01	5.57	5.43	mg/L
Kimyasal oksijen ihtiyacı	42.9	47.82	53.32	mg/L
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	28.22	18.53	34.18	mg/L
Toplam askıda kadı madde	5	27.5	10	mg/L

Çizelge 4.11. Temmuz ayı analiz sonuçları

Parametreler	Pulur Çayı 21-08-00-008	Karasu 21-08-00-009	Tesis Çıkış Sonrası 21-08-00-107	Birim
pH	7.64	7.84	7.81	
İletkenlik	1410	360	460	µs/cm
Çözünmüş oksijen	6.70	5.60	6.10	mg/L
Kimyasal oksijen ihtiyacı	43.71	17.49	28.76	mg/L
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	29.11	11.72	18.65	mg/L
Toplam askıda kadı madde	10.5	14	20.5	mg/L

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, HKEP çerçevesinde Türkiye’de bulunan 25 hidrolojik havzadan biri olan Fırat-Dicle Havzasının bir alt havzası olan Karasu Havzasının korunması kapsamında 2016 yılında faaliyete geçen Erzurum Büyükşehir Belediyesi Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinin havzadaki su kalitesinin korunmasına katkısını ortaya koymaktadır. Bu amaçla, DSİ’nin AAT faaliyete geçmeden önce Karasu nehri üzerinde su kalite parametrelerini belirlemek için ölçüm yaptığı noktalar tespit edilerek, AAT faaliyete geçtikten sonra bu noktalarda yapılan ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. DSİ’nin AAT faaliyete geçmeden önce tesisin üst noktasında Karasu ve Pulur çaylarında 2 ve tesis çıkış yaklaşık 5 km aşağısında 1 adet olmak üzere 3 adet ölçüm noktası tespit edilmiştir. AAT faaliyete geçmeden önce ise Karasu nehrine deşarj yapılan ana kollektör ise AAT’nin hemen üst kısmında yer almakta olup, bu ölçüm noktaları arasındadır. Bu nedenle AAT faaliyete geçmeden önce Karasu nehrinin kirlenme durum değerlendirmesini yapmak için DSİ verilerine başvurmak gerekmektedir. Çünkü bölgede resmi olarak su kalite değerlerini ölçen yetkili kurum DSİ’dir. DSİ’den elde edilen veriler göz önüne alındığında Erzurum kentsel atıksu deşarjının Karasu nehri üzerinde kirlenmeye sebep olmadığı görülmektedir. Çünkü DSİ ölçüm noktası bu deşarj noktasının yaklaşık 5 km aşağısında yer almaktadır. Bu nedenle Karasu nehrine AAT ile deşarjı engellenen kirlilik yükü üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Bu amaçla AAT tam faaliyete geçtikten sonraki yıllar olan 2017, 2018 ve 2019 yıllarına ait tesis giriş ve çıkış atıksu kirlilik parametreleri sonuçları da incelenmiştir. Özellikle organik madde ve TAKM değerleri göz önüne alındığında yaklaşık %90’ın üzerinde arıtma verimine sahip olan AAT’nin Karasu nehrine büyük miktarda kirlilik deşarjını engellediği görülmektedir. Böylelikle AAT yıllık yaklaşık 11.000 ton çamurun Karasu nehrine deşarjını engellemektedir. AAT faaliyete geçmeden önce Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümü tarafından Ilıca kollektöründe yapılan atıksu analiz sonuçlarında BOİ değerinin 225 mg/L ve AAT üst noktası olarak tanımladığımız Karasu nehri BOİ değerinin ise 197 mg/L olduğu belirtilmektedir. Karasu nehrindeki ölçüm noktası bu tez çalışmasında da dikkate alınmış, bu noktadan elde edilen veriler ise AAT faaliyete geçmeden önce ve sonra durum değerlendirmesi yapmak adına oldukça faydalı olmuştur. AAT faaliyete geçtikten sonra

Ilıca kollektörü kapatılmış yerine 100-200 m aşağıda AAT çıkış deşarj noktası yer almaktadır. Bu tez çalışması kapsamında alınan Karasu nehri numunesi ve Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünün ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında BOİ değerinin yaklaşık 40-60 mg/L arasına düştüğünü görmekteyiz. Bu da yaklaşık %80'lere yakın kirlilik azaltılması anlamına gelmektedir. AAT'nin faaliyette olduğu yaklaşık üç yıllık sürede Karasu nehri üzerinde büyük bir kirlilik yükü engellenmesine rağmen, son 20 yıllık dönemde hızla gelişen ve büyüyen, böylelikle atıksu debisi ile kirlilik yükü sürekli artan Erzurum ili göz önüne alındığında Karasu nehrinin kendini rehabilite etme sürecinin bir müddet daha devam edeceği öngörülmektedir. Ancak yine de AAT'nin Karasu nehrinin su kalitesini korumadaki katkısının oldukça büyük olduğu ortaya çıkmaktadır. AAT'nin verimli bir şekilde işletilmesine rağmen su kalitesindeki değişkenlik tarımsal ve hayvancılık kaynaklı yayılı kirlilik yüklerinin su kalitesi üzerindeki etkisinin yüksek olduğunu göstermektedir. DSI'nin kapatılan izleme istasyonlarının önemi bu çalışma ile yeniden ortaya koyulmuştur. Ayrıca kaynağı belirsiz deşarjların önlenmesi adına da havzada yüzeysel suların kalitesinin izlemesinin ilgili kurumlar tarafından yapılması oldukça önemli görülmektedir.

KAYNAKLAR

- AB, 2000. "Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy", Official Journal 22 December 2000 L 327/1. Brussels: European Commission.
- Acar, R., 1992. Karasu Havzasındaki Taşkın Analizleri, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Akçadağ, F., 2014. Suda Askıda Katı Madde (AKM) Tayini Yeterlilik Testi Raporu, KAR-G3RM-260.2013.02.
- Akın, M., Akın, G., 2007. Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. Ankara Üniversitesi Dil Ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 47(2), 105-118.
- Akkaya C., Efeoğlu A., Yeşil N., 2006. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye’de Uygulanabilirliği. TMMOB Su Politikaları Kongresi, Ankara.
- APHA, AWWA, WPCF, 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Ed.
- Atalık, A., 2006. Küresel ısınmanın su kaynakları ve tarım üzerine etkileri. Bilim ve Ütopya, 139, 18-21.
- Baptista, C., Santos, L., 2015. Water quality monitoring in the Paul do Boquilobo Biosphere Reserve, Physics and Chemistry of the Earth.
- Berger, E., 2017. Water quality variables and pollution sources shaping stream macroinvertebrate communities, Sci Total Environ.
- BM, 2019a. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future.
- BM, 2019b. Report of International Conference on FreshWater: Water – A key to sustainable development.
- Burak, S., 2006. Su Kaynaklarında Sürdürülebilir Yaklaşım ‘Talep Yönetimi’. TMMOB Su Politikaları Kongresi, Ankara.
- Çakmak, Ö., 2007. Eskişehir İlinde Yeraltı ve Yüzeysel Sulardaki Nitrat Kirliliğinin Kirlenici Kaynakları Göz Önünde Bulundurularak Değerlendirilmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Chapra, S.C., 1997. Surface Water-Quality Modelling.
- CŞB, 2015. Atıksu Arıtımı Eylem Planı (2015-2023). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Cui, Q., Huang, Y., Wang, H., Fang, T., 2019. Diversity and abundance of bacterial pathogens in urban rivers impacted by domestic sewage. Environmental Pollution, China.
- Dimitrovska, O., Markoski, B., Toshevska, B.A., Milevski, I., Gorin, S., 2011. Surface water pollution of major rivers in the Republic of Macedonia. Landscape, Environment, European Identity, Bucharest.
- DSİ, Toprak Su Kaynakları <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>
- EC, 2019. European Commission on Environment, Introduction to the EU Water Framework Directive (10.04.2019).

- EPA, 1997. Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual. United States Environmental Protection Agency, Office of Water 4503F, EPA 841-B-97-003, Washington
- Erol, A., 2006. Su Kaynaklarının Korunmasında Havza Yönetimi İlkelerinin Önemi. TMMOB Su Politikaları Kongresi, Ankara.
- Erzurum İli Sosyo-Ekonomik Profili, 2018.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1994. Su kirliliği, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi.
- Güler, Ç., 1997. Su Kalitesi, Ankara.
- Hakyemez, C., 2019. SU: Yeni Elmas. Ekonomik Araştırmalar.
- İkinci, M., 2016. Sapanca Gölü ve Gölü Besleyen Derelerde Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Kibaroglu, A., Sağsen, G., Kaplan, Ö. ve Sümer, V., 2006. Türkiye'nin Su Kaynakları Politikasına Kapsamlı Bir Bakış: Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve İspanya Örneği. TMMOB Su Politikaları Kongresi, Ankara.
- Mansuroğlu, S., 2004. Kentleşmeden kaynaklanan çevre sorunlarının yeraltı sularına etkileri. 1. Yeraltı suları Ulusal Sempozyumu, Konya.
- Nas, B., Berktaş, A., Aygün, A., Ertuğrul, T., 2004. Yeraltı suyu kirliliğinde potansiyel kaynaklar ve Konya kenti örneği. 1. Yeraltı suları Ulusal Sempozyumu, Konya.
- Nikolsky, G.V., 1963. The ecology of fishes. Academic Press.
- Oğuz, E., 1997. Erzurum Karasu Nehri Kirlilik Parametrelerinin Matematik Modellemesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Onüçyıldız, M., Abdulmohsin, M.S., Büyükkaracıoğlu, N., 2016. Fırat-Dicle Havzası ve Irak Su Yapıları. Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi, 12.
- Ormansu, 2013. Ormancılık ve Su Şurası, <http://sura.ormansu.gov.tr/sura/> (25.10.2018).
- Özçelik, O., 2015. Assessment And Prediction Of Water Quality Parameters In Lake Köyceğiz Using Artificial Neural Network Approach. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Özgüler, H., 1997. Su, su kaynakları ve çevresel konular. TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası Yayın Organı, 2, 57-63.
- Öztürk, İ., 1999. Anaerobik Biyoteknoloji ve Atıksu Arıtımındaki Uygulamaları, Su Vakfı Yayınları.
- Polat, S., 2003. Karasu Havzasının Hidrojeomorfolojik Etüdü, İstanbul, (Basılmamış Doktora Tezi).
- Samsunlu, A., 2005. Çevre Mühendisliği Kimyası, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Savenije, H., 2002. Training Program under the project on “The Implementation of EU Water Framework Directive in Turkey”. The Netherlands.
- Sawyer C., McCarty P., Parkin G., 2013. Çevre Mühendisliği ve Bilimi İçin Kimya. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Su Havzaları, Kullanımı ve Yönetimi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara 2001, DPT: 2555 ÖİK: 571.
- Shi, P., Zhang, Y., Song, J., Li, P., Wang, Y., Zhang, X., Li, Z., Bi, Z., Zhang, X., Qin, Y., Zhu, T., 2019. Response of nitrogen pollution in surface water to land use and social-economic factors in the Weihe River watershed. Sustainable Cities and Society, China.
- Sönmez, A., Hisar, O., Yanık, T., 2012. Karasu Irmağında Ağır Metal Kirliliğinin Tespiti ve Su Kalitesine Göre Sınıflandırılması, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.

- Sönmez, A.Y., 2011. Karasu Irmağında Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi ve Bulanık Mantıkla Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Su Çerçeve Direktifi 13. Madde.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Atıksu Arıtımı Eylem Planı (2017–2023).
- Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2018 Yılı Yağış Değerlendirmesi, 2018.
- Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Türkiye Yıllık Toplam Yağış Verisinin İstatistiksel Analizi, 2018.
- Ulusal Havza Yönetim Stratejisi, 2014-2023.
- Uluslararası Enerji Ajansı, 2018. Dünya Enerji Görünümü. Fransa.
- Wada, Y., 2016. 21. Yüzyıl İçin Küresel Su Kullanımının Modellenmesi: Su Vadeli İşlemleri. Yerbilimsel Model Geliştirme, 195-222.
- Wang, Y., Wang, P., Bai, Y., Tian, Z., Li, J., Shao, X., Mustavich, L.F., Li, B., 2013. Assessment of surface water quality via multivariate statistical techniques: A case study of the Songhua River Harbin region, China.
- WFD, 2019. Implementation of water framework directive (<http://www.wfd-croatia.eu>) (11.04.2019).
- WWF, 2014. Türkiye'nin Su Riskleri Raporu (12.09.2018).
- Yıldız, E., Değirmenci, N., ÇMB, 2014. Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Analiz Raporu.
- Zeinalzadeha, K., Rezaei, E., 2017. Determining spatial and temporal changes of surface water quality using principal component analysis. Journal of Hydrology, Regional Studies, 13.

ÖZGEÇMİŞ

Fatih Kaya 1985 yılında Kars'ta doğdu. İlköğrenimini Ankara'da tamamladıktan sonra lise eğitimi için İstanbul Kuleli Askeri Lisesi'ne gitti. Üniversite eğitimini 2005-2010 yılları arasında İstanbul Marmara Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünde İngilizce olarak tamamladı. İş hayatına İstanbul'da bir danışmanlık firmasında başladı ve TÜBİTAK için hazırlanan Havza Koruma Eylem Planları fizibilite çalışmalarında 11 havza projesinde görev aldı. Daha sonra Azerbaycan'da yaklaşık 5 yıl süre ile uluslararası firmalarda altyapı proje ve inşaatlarında çevre mühendisi olarak görev aldı. 2015 yılında Türkiye'de başlayan TANAP projesinde çevre uzmanı olarak 3 yıl görev aldı. Şu anda ise uluslararası bir şirkette Avrupa Birliği projelerinde proje direktörü olarak görev yapmaktadır.