

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜZEYSEL SULARIN ÖTROFİKASYONA
DUYARLILIĞI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA VE
SAKARYA HAVZASI ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çevre Müh. Gözde ÇIPLAKOĞLU**

Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Programı : ÇEVRE BİLİMLERİ ve MÜHENDİSLİĞİ

ŞUBAT 2006

**YÜZEYSEL SULARIN ÖTROFİKASYONA
DUYARLILIĞI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA VE
SAKARYA HAVZASI ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çevre Müh. Gözde ÇIPLAKOĞLU
(501021502)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Aralık 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 1 Şubat 2006**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Lütfi AKÇA
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Bilsen Beler BAYKAL (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Mehmet KARPUZCU (G.Y.T.E.)**

ŞUBAT 2006

ÖNSÖZ

Bu çalışmayı yürütürken beni yönlendiren ve değerli görüşlerini benimle paylaşan hocalarım Prof. Dr. Mehmet Karpuzcu ve Lütfi Akça'ya; her zaman benim yanımda olduklarını bildiğim ve bana destek veren aileme; çalışmamın değişik aşamalarında yardımını esirgemeyen arkadaşşıma; çalışmamı tamamlayabilmem için zaman ayırmamı sağlayan işyerindeki arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Yapılan bu çalışmanın bu konuda yapılacak diğer çalışmalara kaynak olmasını temenni ederim.

ŞUBAT 2006

GÖZDE ÇIPLAKOĞLU

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	xi
1 GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Kapsam.....	1
2 ÖTROFİKASYON.....	2
2.1 Besi Maddeleri (Nutrientler)	2
2.1.1 Besi Maddelerinin Alg Oluşumuna Etkisi	3
2.2 Ötrofikasyon ve Alg Kontrolü.....	4
2.2.1 Ötrofikasyonun Temel Mekanizmaları	6
2.2.2 N/P Oranının Önemi	6
2.2.3 Ötrofikasyonun Kontrol Teknikleri.....	8
2.2.4 Dışardan Sisteme Giren Maddelerin Azaltılması İçin Uygulanan İşlemler	9
2.2.5 Sistem İçindeki Kaynakların Yüklerinin ve Kirletici Konsantrasyonlarının Azaltılması İçin Uygulanan Teknikler	9
3 ÖTROFİKASYON AÇISINDAN HASSAS SU YATAĞI KRİTERLERİ	12
3.1 Hassas Bölge Tarifi.....	12
3.1.1 Avrupa Birliği - Kentsel Atıksu Arıtma Direktifi	12
3.1.2 Avrupa Birliği - Nitrat Direktifi (91/676/EEC)	15
3.2 Türkiye'deki Standart ve Yönetmelikler	15
3.2.1 Akarsu Kirlilik Sınıfları	15
3.2.2 Göl Kirliliği	18
3.2.3 Deniz Kirliliği.....	18
3.2.4 Yeraltı Suyu Kirliliği	20
3.3 Çevre ve Orman Bakanlığı Tarafından Avrupa Birliği'ne Uyum İçin Belirlenen Hedefler ve Politikalar	21

3.4	Avrupa Birliği'ne Uyum İçin Değiştirilen Yönetmeliklerdeki Hassas Bölgelerle İlgili Kriterler.....	22
3.4.1	Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Taslağı.....	22
3.4.2	Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği	23
3.5	Türkiye'nin Akarsu Potansiyeli ve Su Kirliliği	24
3.6	Türkiye'deki Su Havzaları	25
4	SAKARYA HAVZASI ÖRNEĞİ	26
4.1	Coğrafi Konum.....	26
4.2	Jeoloji ve Topografya.....	28
4.3	İklim Koşulları	28
4.4	Hidroloji.....	29
4.5	Nüfus ve Sosyoekonomik Yapı	30
4.6	Arazi Kullanımı.....	33
4.7	Su Potansiyeli ve Kullanımı.....	34
4.8	Havzadaki Atıksu Yönetimi	35
5	SAKARYA HAVZASI'NDAKİ KİRLLETİCİ KAYNAKLAR.....	36
5.1	Yukarı Sakarya Havzasında Kirlenme Yükleri	37
5.1.1	Yukarı Sakarya Havzasındaki Endüstriler.....	37
5.1.2	Yukarı Sakarya Havzasındaki Yerleşimlerden Kaynaklanan Yükler.....	48
5.1.3	Yukarı Sakarya Havzasındaki Arazi Kullanımı.....	49
5.1.4	Yukarı Sakarya Havzası Kirlilik Durumu	50
5.2	Orta Sakarya Havzasındaki Kirlenme Yükleri.....	53
5.2.1	Orta Sakarya Havzasındaki Endüstriler.....	53
5.2.2	Orta Sakarya Havzasındaki Yerleşimlerden Kaynaklanan Yükler	60
5.2.3	Orta Sakarya Havzasındaki Arazi Kullanımı	60
5.2.4	Orta Sakarya Havzası Kirlilik Durumu.....	61
5.3	Aşağı Sakarya Havzasında Kirlenme Yükleri	64
5.3.1	Aşağı Sakarya Havzasındaki Yerleşimlerden Kaynaklanan Yükler	64
5.3.2	Aşağı Sakarya Havzasındaki Arazi Kullanımı	64
5.3.3	Aşağı Sakarya Havzası Kirlilik Durumu	65
6	DEĞERLENDİRME ve SONUÇ.....	67
	KAYNAKLAR	69
	EK A	71
	EK B	72
	ÖZGEÇMİŞ	73

KISALTMALAR

DSİ	: Devlet Su İşleri
YAS	: Yeraltı Suları
DİE	: Devlet İstatistik Enstitüsü
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1	Nokta Kaynaklardan Gelen Fosfor ve Azotu Gidermeye Yarayan Çeşitli Metotlar ve Bunların Verimleri
Tablo 3.1	Nüfus Eşdeğeri 10.000'in Üzerindeki Yerleşimlerde Arıtma Kriterleri
Tablo 3.2	Hassas Bölgelerde Arıtma Kriterleri
Tablo 3.3	Az Hassas Bölgelerde Arıtma Kriterleri
Tablo 3.4	Nüfuslara ve Hassasiyete Göre Gerekli Arıtma Dereceleri
Tablo 3.5	Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri
Tablo 3.6	Göller, Göletler, Bataklıklar ve Baraj Haznelerinin Ötrofikasyon Kontrolü Sınır Değerleri
Tablo 3.7	Rekreasyon Amacıyla Kullanılan Kıyı ve Deniz Sularının Sağlaması Gereken Standart Değerler
Tablo 3.8	Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterleri
Tablo 3.9	Hassas Su Alanlarına Yapılacak Deşarj Satandartları
Tablo 4.1	Sakarya Havzası Hidrolojik Gözlem İstasyonları
Tablo 4.2	Sakarya Nehri Havzasında 2000 Yılı Nüfus Dağılımı
Tablo 4.3	Sakarya Havzası'nda Yer Alan Önemli Endüstriler
Tablo 4.4	Sakarya Havzası Su Potansiyeli
Tablo 5.1	Yerleşim Merkezleri Atıksu Karakteri
Tablo 5.2	Yerleşim Merkezleri Atıksu Karakteri
Tablo 5.3	Birim Drenaj Suyu Yükleri
Tablo 5.4	Etibank Boraks İşletmesi Atıksularının Alıcı Ortama Etkisi
Tablo 5.5	Kütahya Şeker Fabrikası Atıksu Karakteristikleri
Tablo 5.6	Kütahya Mezbahası Atıksu Karakteristikleri
Tablo 5.7	Kütahya Azot Fabrikası Karakteristikleri
Tablo 5.8	Sümerbank Basma Fabrikası Atıksu Karakteristikleri
Tablo 5.9	Lokomotif ve Vagon Fabrikası Atıksu Karakteristikleri
Tablo 5.10	Eskişehir Şeker Fabrikası Atıksu Karakteristikleri
Tablo 5.11	Eskişehir Mezbahası Atıksu Karakteristikleri
Tablo 5.12	Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Karakteristikleri
Tablo 5.13	Yukarı Sakarya Havzası Yerleşimlerinden Kaynaklanan Kirletici Yükler
Tablo 5.14	Yukarı Sakarya Havzası'nda Arazi Kullanımı
Tablo 5.15	Seyitgazi İlçesi Azot ve Fosfor Yükleri
Tablo 5.16	Sivrihisar İlçesi Azot ve Fosfor Yükleri
Tablo 5.17	Yukarı Sakarya Havzası Azot ve Fosfor Yükleri
Tablo 5.18	Porsuk Barajı'na Kadar Kirletici Kaynaklardan Gelen Yükler
Tablo 5.19	Porsuk Barajı'ndan Sonra Kirletici Kaynaklardan Gelen Yükler
Tablo 5.20	Ankara Çayı Havzasında Kirletici Kaynaklardan Gelen Yükler
Tablo 5.21	Haliser Fabrikası Atıksu Karakteristikleri
Tablo 5.22	Toprak Grubu Fabrikaları Atıksu Karakteristikleri
Tablo 5.23	Toprak Kağıt Sanayine Ait Kirletici Parametreler
Tablo 5.24	Eczacıbaşı Vitra Fabrikası Atıksu Karakteristikleri
Tablo 5.25	Eczacıbaşı Artema Armatür Sanayi Atıksu Karakteristikleri
Tablo 5.26	Demirdöküm Fabrikası Atıksu Karakteristikleri
Tablo 5.27	Bozüyük Sümerbank Searmik Fabrikası Atıksu Karakteristikleri
Tablo 5.28	Söğüt Seramik Fabrikası Atıksu Karakteristikleri
Tablo 5.29	Orta Sakarya Havzası Yerleşimlerinden Kaynaklanan Kirletici Yükler
Tablo 5.30	Orta Sakarya Havzası'nda Arazi Kullanımı
Tablo 5.31	Sarıyar Barajı'na Gelen Azot ve Fosfor Yükleri
Tablo 5.32	Gökçekaya Barajı'na Gelen Azot ve Fosfor Yükleri
Tablo 5.33	Orta Sakarya Havzası Çıkış Azot ve Fosfor Yükleri

Tablo 5.34	Karasu Havzası'nda Sakarya Nehri Azot ve Fosfor Yükleri	63
Tablo 5.35	Göksu Havzası'nda Sakarya Nehri Azot ve Fosfor Yükleri	63
Tablo 5.36	Göynük Havzası'nda Sakarya Nehri Azot ve Fosfor Yükleri	64
Tablo 5.37	Aşağı Sakarya Havzası Yerleşimlerinden Kaynaklanan Kirlетici Yükler	64
Tablo 5.38	Aşağı Sakarya Havzası'nda Arazi Kullanımı	64
Tablo 5.39	Mudurnu Havzası'ndaki Sakarya Nehri Azot ve Fosfor Yükleri	65
Tablo 5.40	Çark Havzası'ndaki Sakarya Nehri Azot ve Fosfor Yükleri	65
Tablo 5.41	Aşağı Sakarya Havzası'nda Sakarya Nehri Azot ve Fosfor Yükleri	66
Tablo 6.1	Sakarya Nehri'nin Karadeniz'e Taşıdığı İnorganik Azot ve Fosfor Yükleri	67
Tablo 6.2	Sakarya Havzası'ndaki Göl Alanlarındaki Yıllık İnorganik Azot ve Fosfor Yükleri	68
Tablo 6.3	Göllerde Derinliğe Göre Müsaade Edilen Azot ve Fosfor Yükleri	68
Tablo A.1	Alıcı Ortamlara Göre Deşarj Edilen Atıksu Miktarı	71
Tablo A.2	Kanalizasyon Şebekesi ve Arıtma Tesisi Kullanım Durumlarına Göre Belediye Sayıları	71
Tablo A.3	Atıksu Arıtma Tesisi Mevcut Durumu	71

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa No
Şekil 4.1	Sakarya Havzası'ndaki Yerleşimler	27
Şekil 4.2	Sakarya Havzası'ndaki Endüstriyel ve Tarımsal Alanlar	34
Şekil 5.1	Porsuk Çayı Havzası ve Endüstriler	40
Şekil 5.2	Karasu Havzası ve Endüstriler	54
Şekil B.1	Sakarya Havzası'nın Genel Haritası	72

ÖZET

Türkiye su potansiyeli fazla olan bir ülkedir. Artan nüfus ve endüstri kuruluşlarının çevreye arıtmadan deşarj ettiği atıksular Türkiye'nin denizlerini, akarsularını, göllerini ve yer altı sularını kirlenmeye karşı tehdit etmektedir. Bu çalışmada, kirlenmeyle ilgili olarak özellikle göllerin en büyük problemi olan ötrofikasyon incelenmiştir.

Ötrofikasyon, gerek doğal süreçler ve gerekse insan faaliyetleri sonucu su yataklarındaki mikroorganizmaların gelişmesini sağlayan besin maddelerinin artması anlamına gelmektedir. Ancak doğal süreçlerle meydana gelen beslenme son derece yavaş olurken insan faaliyetleriyle ortaya çıkan gelişme bazen son derece hızlı olmaktadır. Oldukça hızlı akan akarsuların dışındaki su yataklarında özellikle göl ve haliçlerde ötrofikasyona sebep olan iki temel besin maddesi azot ve fosfor bileşikleridir. Kullanılmış suların su yataklarına boşaltılması, alglerin gelişmesi için esas besin olan bu maddelerin bol miktarda ortama verilmesi demektir. Bunun sonucunda böyle su çevrelerinde algler ve diğer mikroorganizmalar arzu edilmeyecek miktarlarda çoğalarak suyun kalitesini bozarlar. Besin elementlerinin başlıca dış kaynakları evsel atıklar, endüstriyel atıklar, ziraat arazisinden gelen yağmur suyu, ormanlık bölgelerden gelen yağmur suyu, meskun bölgelerden gelen yağmur suyu, atmosferik döküntü maddeleri olarak sıralanabilir.

Avrupa Birliği ötrofikasyonla ilgili olarak üye olan her ülkenin hassas alanlarını belirlemesi gerektiğini kapsayan direktifler yayımlamıştır. Türkiye'de de son dönemlerde hassas bölgelerle ilgili olarak yönetmelikler revize edilmiştir ve kriterler oluşturulmuştur. Hassas su alanı tanımı şu şekilde yapılmaktadır.

Ötrofik olduğu belirlenen ya da eğer gerekli önlemler alınmazsa yakın gelecekte ötrofik hale gelecek doğal tatlı su gölleri, diğer tatlı su kaynakları, haliçler ve kıyı suları.

Önlem alınmaması halinde, "İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine İlişkin Yönetmelik (75/440/EEC)"in ilgili hükümlerinde belirlenen düzeylerden daha yüksek nitrat konsantrasyonları içerebilecek içme suyu temini amaçlanan yerüstü tatlı suları.

İkincil arıtmadan daha ileri arıtma gerektiren bölgeler.

Hassas bölgelerin belirlenebilmesi için öncelikle incelenen bölgenin bütün özellikleri bilinmelidir. Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin % 7'lik bölümünü kaplayan Sakarya Havzası'nın hassasiyeti incelenmiştir.

Sakarya Havzası Anadolu'nun kuzeybatısında yer almaktadır. Kuzeybatı Anadolu'nun en büyük akarsuyu olan Sakarya nehri Afyon'un kuzeyindeki Seyitgazi platolarının Bayat yaylasından doğar ve 824 km uzunluğunda alt havzalarını dolaştıktan sonra Sakaryaağızı denilen yerde Karadeniz'e dökülür. Sakarya Havzası'nı 10 alt havzada incelemek mümkündür. Böylece her alt havza için nehre deşarj edilen kirlilik yükünün değerinin bulunması ve kirlenme kaynaklarının belirlenmesi daha kolay olacaktır. Sakarya Havzası'nda 8 büyük yerleşim merkezi ve bunlara bağlı ilçeler yerleşim merkezlerinden gelen kirlilik yüklerini oluşturmaktadır. Porsuk Havzasında Kütahya ve Eskişehir, Ankaraçayı Havzasında Ankara, Karasu Havzasında Bilecik, Çarksuyu Havzasında Adapazarı ve Bolu, Bursa ve Afyon illerinin bir kısmı Sakarya Havasında yerleşimlerden kaynaklanan evsel atıksuların kaynağını oluşturmaktadır. Havzada endüstriler en yoğun şekilde Porsuk ve Karasu alt havzalarında toplanmışlardır. Ayrıca tarım ve ormanlık alanlar da yine havza genelinde büyük yer tutmaktadır.

Sakarya Nehri'nin Karadeniz'e taşıdığı azot ve fosfor parametrelerinin oluşturduğu kirlilik yükünün bulunabilmesi için yerleşimlerden gelen, endüstrilerden gelen ve tarım ile ormanlık alanlardan gelen deşarj sularında inorganik azot ve fosfor parametreleri hesaplanmıştır. Ayrıca havzadaki baraj göllerinde de bu parametrelerin biriktirdiği senelik yükler alanlara göre bulunmuş ve göller için literatürde verilen kriterlere göre hangi sınıfa girdiği saptanmıştır.

Bu çalışmalar sonucunda Sakarya Havzası'nın Avrupa Birliği'nde ve Türkiye'de tanımlanan hassas bölge tanımına uyduğu ve kirlenme yükünün azaltılması ve ötrofikasyonun önlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

A RESEARCH ON THE EUTROPHICATION SENSITIVITY OF THE SURFACE WATERS AND SAKARYA RIVER BASIN SAMPLE

SUMMARY

Turkey is a country who has a huge amount of water potential. A result of increasing population and quantity of industrial foundations which don't treat their wastewater; seas, rivers, lakes and subsurface water areas of Turkey are in risk of pollution. This study is about a big problem in lakes, eutrophication.

Eutrophication is a process whereby water bodies, such as lakes, estuaries, or slow-moving streams receive excess nutrients that stimulate excessive plant growth by the effect of nature and human kind. However, humans, through their various cultural activities, have greatly accelerated this process in thousands of lakes around the globe. Except the flowing waters at the water bodies; the main elements that cause the eutrophication are Nitrogen and Phosphorus compounds. The discharge of the wastewater to water bodies, is the process of supplying these materials for mass amounts for algae growth. This causes the poorness of quality for the water body however not a desired situation. The supply for the process can be counted as domestic wastes, industrial wastes, rainfalls coming through the agricultural area, rainfalls coming through the countryside and atmospheric remainings.

EU has declared for all member countries that they have to find out their sensitive area about eutrophication. At Turkey also there has been revisions for these areas and new criterias are formed, recently. Sensitive water areas are defined as the natural water bodies, other water springs, estuaries and coastal waters that has been found out as eutrophic or are going to be eutrophic in recent future if any precautions are not made. The point is for determining the sensitive areas is to be aware of all characteristics for the selected region. In this case it has been examined the sensitivity of Sakarya river basin for eutrophication which is forming the 7 % part of whole Turkey.

Sakarya river basin stands at the Northwest Anatolia. The biggest river at the Northwest Anatolia Sakarya River is born at the north side of Afyon where the Seyitgazi plateau's Bayat

grounds stands and falls after 824 km circulating the sub river basins where it is called Sakaryaagzı to BlackSea. It is possible to examine the Sakarya river-basin in ten sub river-basins. So it will be much easier and more deterministic to examine the evacuated pollution amount and the origination of the pollution. It is determined that 8 big population center and other settlements located to these centers form the pollution amount. At the Porsuk sub river basin Kütahya and Eskişehir, at the Ankaraçayı sub river basin Ankara, at the Karasu sub river basin Bilecik, at te Çarksuyu sub river basin Adapazarı and some parts of Bolu, Bursa and Afyon cities form the domestic wastewater. At the river-basin the most intensive industrial pollution is located at Porsuk and Karasu sub river basins. And also most of the area of the river-basin is covered by agricultural area and woodlands.

To determine pollution loads of nitrogen and phosphorus that is carried to Karadeniz by Sakarya river; inorganic nitrogen and phosphorous compounds which comes with discharges of wastewaters from settlements, industries, agricultural fields and woodlands. Also at the dam lakes in river basins the yearly loads that have been formed by these parameters have been calculated for lake areas and for these lakes it has been selected from the literature the valuable section for the criterias.

After all these studies for a conclusion; it has been determined that Sakarya river basin is accepted as sensitive region for EU Criterias and for Turkish Criterias. Not only avoiding pollution but also an amendment must be done at the Sakarya river basin.

1 GİRİŞ

1.1 Amaç ve Kapsam

Yüzeysel sularda hassas bölgenin tespitinde azot ve fosfor yükleri ile bu yüklerin su yatağında ortaya çıkarttığı azot ve fosfor bileşiklerinin konsantrasyonları esas alınmaktadır. Azot ve fosfor bileşiklerinin yüzeysel sulara kontrolsüz bir şekilde girmesi bu su yataklarında ötrofikasyona sebep olmaktadır. Genel olarak ötrofikasyon göllerin yaşlanması olarak tarif edilebilir ancak bu çalışmada insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan ötrofikasyon esas alınmıştır.

Su kaynaklarının uygun bir şekilde kullanılabilmesi için, diğer kalite parametrelerinin yanı sıra ötrofikasyonla ilgili kriterler de çok önemlidir. Bu sebeple çalışmanın ilk bölümünde ötrofikasyonla ilgili bilgi verilmiş olup, ötrofikasyonun sebep ve neticeleri araştırılmıştır. Daha sonra ötrofikasyonla ilgili olarak bilimsel literatür taranmış ve ulusal uluslar arası özellikle de Avrupa Birliği'ndeki yönetmelik ve/veya direktifler açısından değerlendirme kriterleri ele alınmıştır. Sulardaki ötrofikasyon kademelerinde kullanılan ve gölün trofik durumunu belirleyen kriterler incelenmiştir.

Su havzalarındaki insan faaliyetleri neticesinde oluşan azot ve fosfor yükleri ampirik formüller kullanılarak belirlenmiştir. Yerleşim merkezlerinden gelen atıksular ülkemizde genelde sadece biyolojik arıtma tesislerinde arıtıldıktan sonra alıcı ortamlara deşarj edilmektedir. Ötrofikasyonun önlenmesi için azot ve fosfordan birinin kontrol edilmesi yeterli olmaktadır. Hangi parametrenin kontrol edilmesi gerektiği ise su yatağına göre farklılık arzeder. Bu nedenle su havzalarının besi maddesi (nutrient – azot, fosfor) girdilerine göre incelenmesi gerekmektedir. Atıksularda azot ve fosfor giderimi pahalı prosesler olup optimum arıtma derecesi ve hangi parametrenin daha kolay arıtılacağı önceden incelenmelidir.

Bu çalışmada Türkiye'nin 26 havzasından biri olan ve Türkiye'nin % 7'sini kaplayan Sakarya Havzası su alanlarının ne derece ötrofik olduğu konusunda incelenmiştir. Havzadaki yerleşimler, endüstriler ve tarım alanları alt havzalarına göre ayrılarak tanıtılmış ve bu kaynaklardan su yataklarına gelebilecek toplam azot ve toplam fosfor yükleri hesaplanmıştır. Yerleşim merkezlerinde 2000 yılı nüfuslarına göre, endüstrilerde 1985 yılı deşarj ölçümlerine göre ve tarım alanlarında ilçe bazında genel bilgilere göre atıksu miktarları ve yükleri ampirik formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

2 ÖTROFİKASYON

2.1 Besi Maddeleri (Nutrientler)

Canlıların organizmalarını yenilemeleri ve metabolizma faaliyetlerini devam ettirebilmeleri için gerekli kimyasal maddelere besi maddesi (nutrient) adı verilir. Bu maddeler, yeşil bitkiler (algler) tarafından çevreden temin edilir ve besin zincirinden geçerek tekrar ortama bırakılır. Yüzey sularındaki mikroskobik bitkiler için gerekli olan besi maddeleri iki grupta toplanabilir:

Hücre oluşumu ve enerji temini için gerekli olan ve canlı yapısının esasını teşkil eden biyogenik maddeler (azot, fosfor, karbon vb),

Canlı organizma ve faaliyetleri için gerekli olan eser maddeler.

Ötrofikasyon, gerek doğal süreçler ve gerekse insan faaliyetleri sonucu su yataklarındaki mikroorganizmaların gelişmesini sağlayan besi maddelerinin artması anlamına gelmektedir. Ancak doğal süreçlerle meydana gelen beslenme son derece yavaş olurken insan faaliyetleriyle ortaya çıkan gelişme bazen son derece hızlı olmaktadır. Oldukça hızlı akan akarsuların dışındaki su yataklarında özellikle göl ve haliçlerde ötrofikasyona sebep olan iki temel besi maddesi azot ve fosfor bileşikleridir. Kullanılmış suların su yataklarına boşaltılması, alglerin gelişmesi için esas besin olan bu maddelerin bol miktarda ortama verilmesi demektir. Bunun sonucunda böyle su çevrelerinde algler ve diğer mikroorganizmalar arzu edilmeyecek miktarlarda çoğalarak suyun kalitesini bozarlar. Suyun tadı, kokusu ve rengi değişir. Su alma yapıları, arıtma tesisleri ve sulama cihazları tıkanarak tam randımanla çalışamazlar. Algler ölmeye başlayınca, ayrışma için ortamdaki oksijen kullanılır. Diğer organizma ve kirleticilerle birlikte ölen alg hücrelerinin çabuk ayrışması, koku ve H₂S gazının oluşmasına sebep olur. Böyle bir su yatağı sahili yaşama bakımından da uygun değildir. Böyle sahillerde yaşayanlarda beyaz benekler halinde cilt hastalıklarının görüldüğü de bilinmektedir [1].

Besi elementleri bir su kitlesinde birkaç formda mevcuttur ve bunlar fitoplankton tarafından kolayca alınabilecek şekilde değildir. Toplam fosfor iki ana bileşenden oluşur: Toplam çözünmüş fosfor ve toplam partiküler fosfor. Çözünmüş fosfor, birkaç formdan meydana gelir. Bunlardan biri çözünmüş reaktif fosfordur. Bu fosfor formu fitoplankton hayatı için kullanılmaya hazır bir fosfordur. Partiküler fosfor formları içinde inorganik topraklardan gelen

akış içindeki partiküller mevcuttur. Diğer bir kısmı ise organik partiküllerden oluşur. Bunlar döküntü içinde ve fitoplanktonda bulunabilir.

Toplam azot ise dört ana bileşenden meydana gelir. Organik azot, amonyak azotu, nitrit azotu ve nitrat azotu. Son üç azot formu, fitoplanktonların gelişmeleri için kullandıkları toplam inorganik azot bileşikleridir. Organik azot ise partiküler ve çözünmüş formda bulunur. Partiküler organik azot, organik döküntüleri ve fitoplankton biokütlesini oluşturmaktadır [2].

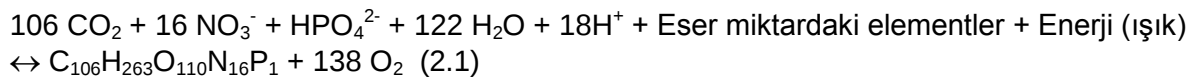
Besi elementlerinin başlıca dış kaynakları şunlardır:

- Evsel atıklar
- Endüstriyel atıklar
- Ziraat arazisinden gelen yağmur suyu
- Ormanlık bölgelerden gelen yağmur suyu
- Meskun bölgelerden gelen yağmur suyu
- Atmosferik döküntü maddeleri

2.1.1 Besi Maddelerinin Alg Oluşumuna Etkisi

Alg yosunları, klorofil ve ilave boya maddeleri ihtiva edebilen tek hücreli mikroorganizmalardır. Yeşil ve mavi-sarı renklerde bulunabilir. C,N,P gibi bes elementleri alg oluşumu için gerekli unsurlardır. Bu elementler atıksu ile beraber göllere karıştığında, su yüzeyinin bu mikroorganizma topluluklarından meydana gelen kesif bir örtüyle kaplandığı görülür. İçme suyu alınan göllerde bile, alg konsantrasyonunun artması sebebiyle, kum filtrelerinde süzülme güçlükleriyle karşılaşılır. Bu duruma sebep olan faktörlerden biri de, kimyasal gübrelerin ziraatte kullanılması ile fosfat ve nitratça zengin drenaj sularının yüzeysel sulara karışmasıdır. Net üretimin hesabında alg oluşumunun aşağıdaki iki denklemden birine göre olduğu kabul edilmektedir:

Azotun Nitratlardan Alınması Hali

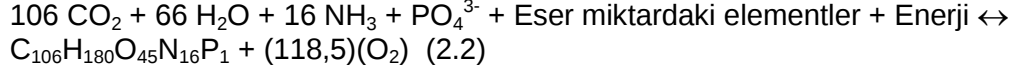


Algin molekül ağırlığı = $106 \times 12 + 263 \times 1 + 110 \times 16 + 16 \times 14 + 1 \times 31 = 3550$

Buna göre 3550 g alg maddesinin oluşumu sırasında $138 \times 32 = 4416$ g oksijen açığa çıkmaktadır. O halde üretilen 1 g alg maddesi başına $4416/3550 = 1,244$ g oksijen meydana gelir (Oksijen/Alg oranı = 1,25). Benzer şekilde 3550 g kuru alg maddesinin oluşumu için 1×31 g fosfor kullanılmaktadır. O halde fotosentez sırasında 1 g fosfor ve $16 \times 14/31 = 7,22$ g

azot tüketilmesi ile $3550/31 = 114,5$ g alg ve $138 \times 32/31 = 140$ g oksijen meydana gelmektedir (Oksijen/Alg oranı yine aynı; yani $140/114,5 = 1,25$).

Amonyak Azotunun Kullanılması Hali



Algin molekül ağırlığı = $106 \times 12 + 180 \times 1 + 45 \times 16 + 16 \times 14 + 1 \times 31 = 2427$ g

Üretilen toplam oksijen = $118,5 \times 32 = 3792$ g

1 g alg başına oksijen = $3792/2427 = 1,56$ g O_2/g alg

Tüketilen 1 g fosfor başına alg miktarı = $2427/31 = 78,29$ g alg/g fosfor

Bu iki denklemde, üretilen alg maddesinin gramı başına ortaya çıkan oksijen miktarları farklıdır (1,25 ve 1,56 g oksijen). Yapılan ölçmeler bu rakamın 1,25 ila 1,75 arasında değiştiğini göstermektedir. Bunlar brüt değerler olup solunum sırasında tüketilen oksijen miktarlarının çıkarılması gerekir. Ortalama olarak 1 g alg maddesi başına 1,4 g Oksijen değeri ile hesap yapılabilir. 1 g fosfor tüketilmesine karşılık oluşan alg kütlesi ise yukarıda 114,5 g ve 78,29 g olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde burada da 100 g alg/ 1 g fosfor oranı, ortalama bir büyüklük olarak kabul edilebilir. Atıksularla deşarj edilen fosfor, 3 – 8 mg/Lt kabul edilirse, bunun meydana getireceği alg biyokütlesi $3 \times 100 - 8 \times 100$ mg/Lt olacaktır. Yani göle 300 ila 800 mg/Lt konsantrasyonunda organik madde deşarj edilmiş gibidir. Halbuki atıksuyun arıtılmadan doğrudan doğruya göle deşarj edilmesi halinde içerdiği organik madde 20 – 100 mg/Lt arasında değişmektedir [2].

2.2 Ötrofikasyon ve Alg Kontrolü

Göl ve haznelerin, su hayatını besleyecek azot ve fosfor gibi elementlerle zenginleşerek kalitesinin bozulması olayına ötrofikasyon adı verilir. Bunun neticesinde su temini, rekreasyon, estetik v.s. maksatları için göl suları arzu edilmeyen bir karakter kazanır. Limnoloji (göl hidrolojisi) ilminde, göller biyolojik üretkenliklerine göre sınıflara ayrılırlar. Oligotrofik göller, besi maddeleri (nutrient) bakımından fakirdir, yani az beslenen su yataklarıdır. Bunların tipik örnekleri, suları soğuk ve berrak olup içinde pek az bitki ve balık yetişen dağ gölleridir. Pınarlarla beslenen kırsal tabanlı göller de bu sınıfa girer. Besi maddelerinde biraz artış, mezotrofik gölleri meydana getirir. Bunlar, orta derecede beslenen göllerdir. Burada su bitkileri görünmeye başlar. Su, yeşilimsi bir renk alır; orta derecede balık üretimi olur. Ötrofik göller ise besi elementleri bakımından zengindir. Mikroskopik alg, köklü su otları ve buna benzer bitkiler, dinlenme, yüzme ve su sporları gibi kullanma maksatları için, su özelliğini, arzu edilmeyen bir şekle sokar.

Ötrofikasyon olayı, sulardaki besin zincirleriyle alakalıdır. Alg yosunları, gelişmeleri ve üremeleri için, karbondioksit, inorganik azot, ortofosfat ve diğer besi elementlerine muhtaçtırlar. Bu bitkiler zooplankton denilen mikroskopik hayvanların besinlerini oluştururlar. Küçük balıklar zooplanktonlarla ve büyük balıklar, küçük balıklarla beslenirler. Sulardaki besin zincirleri ne kadar gelişmiş ve fazla üretken durumda ise, normal olarak sularda az miktarda bulunan azot ve fosfor elementlerinin miktarı da o kadar fazla olur. Bitkisel üretim ve besin zincirlerinin tabii dengesi, besi elementlerinin miktarına bağlıdır. Bu maddelerin normalden fazla olması, dengeyi bozar ve zooplankton tarafından tüketilmesi kolay olmayan mavi - yeşil alglerin birden bire çok fazla miktarda üremesine yol açar. Dolayısıyla mavi yeşil alglerin ortamda gözükmesi ötrofikasyonun belirtisidir.

Ötrofikasyon sebebiyle sular bulanık bir hal alır. Suda yüzen alg kitleleri rüzgarlarla sahile vurur. Bunlar sahilde çürüyerek kötü kokular çıkmasına sebep olurlar. Çürüyen algler aynı zamanda çökelerek çözünmüş oksijenin azalmasına yol açarlar. Sahiller ve sığ körfezler, köklü su bitkilerinin çok fazla üremesi sonucu otlarla dolar. Sevilen kıymetli balıklar, bu elverişsiz şartlar altında artık daha fazla yaşayamazlar. Ötrofikasyon ilerlerken yerlerini daha dayanıklı, fakat istenmeyen türlere bırakırlar.

Fazla alg üremesi olmasa bile, gölün büyük yüzey alanı sebebiyle, rüzgar alan sahillerde fazla miktarlarda alg birikimi olur. Göl üzerini süpüren hafif bir meltem, alg yosunlarının balıksı kokularını sahile getirebilir. Güneş ışıklarının nüfuz ettiği epilimnion tabakasında gelişen algler, karanlık ve suları durgun olan hipolimnion tabakasında çökelerler. Bu organizmaların ve organik taban çamurunun bakterilerle ayrıştırılması, taban bölgesinde çözünmüş oksijen miktarını azaltır. Bunun sonucunda bazı göllerde ticari balık üretimi engellenebilir. Ayrıca epilimnion da alg üremesi ve hipolimnion da anaerobik ayrışma olayı dolayısıyla meydana gelen tad ve koku, içme suyu arıtımını zorlaştırır. En kötüsü, göl bir defa ötrofik hale geldikten sonra, nokta kaynaklardan besi maddesi girişi azaltılsa dahi, artık uzun zaman, bu durumun devam etmesidir. Bazı nehir ağızları da göller gibi, besi maddesi girişlerine maruz kalarak ötrofik hale geçebilmektedir. Ötrofik bir gölü besleyen kaynaklar, genellikle, göle dökülen atıksular ile, suni gübrelerin kullanıldığı arazilerden gelen yağış sularıdır. Suları temiz ve berrak olan rezervuarlara besi elementlerinin girişi, aşırı miktarda bitki yetişmesine ve makbul olmayan balık türlerinin artmasına yol açar. Etrafı otların sarması, sığ sularda yüzmeyi ve su sporlarını engeller. Suları bulanık olan haznelerde ise durum farklıdır. Özellikle küçük haznelerde sular, kolaylıkla bulanık hale gelebileceğinden, suya ışık nüfuz edemez. Bu sebeple bitkisel üretim ve alg yetişmesi daha az olur. Besi maddeleri bol miktarda mevcut olsa bile, güneş ışığının eksikliği sebebiyle fotosentez yetersiz olur. Fakat bu halde de aşırı bulanıklılığın içme suyu temini ve balıkçılık için mahzurlu olduğunu belirtmek gerekir [2].

2.2.1 Ötrofikasyonun Temel Mekanizmaları

Su bitkilerinin gelişmesi ve birden bire büyük biyolojik kütlelere ulaşması yani alg patlamaları olması inorganik besi elementlerinin fotosentez yardımıyla organik bitki maddeleri haline dönüşmesinin bir neticesidir. Burada esas itici güç, gelen güneş radyasyonudur. Bu sebeple verilen bir su kitlesinin ötrofikasyonu, yüzeysel suların coğrafi konumuna, güneş radyasyonunun çeşitli derinliklere nüfuz etme derecesine, besi elementi girişinin miktar ve şekline, su partiküllerinin hareket ve dispersiyonuna bağlı olarak değişebilir. Su bitkilerinin tür dağılımı farklı olduğundan bu faktörlerin her birinin etkisi de değişik olur. Mesela bazı türler gelişmeleri için diğerlerinden hissedilir şekilde az ışık ve besi maddesi isterler. Bazıları köklü oldukları halde diğerleri yüzebilirler. Bir kısmı da çeşitli fizyolojik şartlar altında tabana çökebilirler [3].

Ocak ayından itibaren artan güneş radyasyonu fotosentez reaksiyonu için enerji kaynağı olur. Bu sebeple su sıcaklıkları artarken fitoplankton biyokütlesi de artmaya başlar ve bunun bir sonucu olarak çözünmüş vaziyette suda bulunan besi elementleri plankton tarafından kullanılır. Bu mekanizma, besi elementi konsantrasyonu artık biyolojik gelişmeyi desteklemeyecek bir seviyeye gelinceye kadar devam eder. Bu anda fitoplankton biyokütlesindeki artış durur. Bundan sonra fitoplankton biyokütlesinde bir azalma kendini gösterir. Bu, genellikle zooplanktonların bu bitkisel maddeleri tüketmesinden ileriye gelir. Yaz sonu veya sonbahar başlangıcı itibariyle, besi elementlerinin geriye dönmesinden ve ortamda besi elementi konsantrasyonunun yeniden artmasından dolayı biyokütlede yeni bir artış yani yeni bir alg patlaması görülebilir. Sonbahar sonu veya kışın başlangıcında güneş radyasyonu ve sıcaklık azalırken biyokütle yeniden azalacaktır [2].

Buna göre ötrofikasyon analizinde başlıca değişkenler şunlardır:

- Su yüzeyindeki güneş radyasyonu ve bunun derinlikle değişimi
- Su kitlesinin geometrisi; yüzey alanı; taban alanı; derinlik; hacim
- Akım, hız, dispersiyon
- Su sıcaklığı
- Besi elementleri (Fosfor, azot, silisyum)
- Fitoplankton biyokütlesi, yani Klorofil-a

2.2.2 N/P Oranının Önemi

Bitkilerin gelişmesi için bol miktarda bulunması gerekli besi elementleri, karbondioksit, inorganik azot ve fosfat bileşikleridir. Demir gibi birçok iz elementleri de büyüme için gereklidir. Göl ötrofikasyonunun kontrolünde, besi elementlerinin miktarının sınırlandırılması

anahtar bir faktördür. Tabii sularda aşırı üretkenlik için lüzumlu karbondioksit, bikarbonat alkaliliği halinde zaten mevcuttur. Ötrofikasyonda esas sınırlandırıcı faktörün fosfor veya azot olduğu anlaşılmıştır. Araştırmacıların çoğu, bir göl, gittikçe daha ötrofik hale gelirken, gelişmeyi sınırlandıran esas faktörün fosfor olduğuna inanmaktadır. Mavi - yeşil alglerin atmosfer azotunu tespit edebilmesi de bu kanaati doğrulamaktadır. Bundan dolayı göle giren azot miktarını sınırlandırarak besin kaynaklarının kontrolü şüpheli bir işlemdir. Bugünkü durumda göllerde bitki üremesinin kontrolü için fosfor girişinin azaltılması üzerinde durulmaktadır.

Basit bir zirai ekonomide, yüzeysel sularla pek az miktarda azot ve fosfor taşınır. Gelişmiş ziraat ve endüstri ülkelerinde ise, yeraltındaki fosfat kayaları gübre, deterjan, hayvan yemi ve diğer kimyevi maddeler haline getirilmektedir. Ziraat arazisinden gelen yağış suları da, hayvan dışkıları ile ve çürüyen bitkilerle gelen fosfata ilaveten, önemli bir miktarda insan yapısı fosfatı yüzeysel sulara taşımaktadır. Evsel atıksulardaki fosforun takriben % 60'ı, sentetik deterjanlardan kaynaklanmaktadır. Böylece eskiden yeraltında bulunan fosfor, yüksek hayat standardının bir sonucu olarak, yüzeysel sulara taşınmış durumdadır. Alg ve köklü su bitkilerinin fazla miktarda yetişmesi için gerekli inorganik azot ve fosfor miktarı pek fazla değildir. Alg bakımından bir problemi olmayan göller için genel olarak kabul edilen üst sınır, 0,3 mg/lit amonyak ve nitrat azotu ile 0,02 mg/lit ortofosfat fosforudur (İlkbahar karışımı zamanında). Senelik ortalama olarak, toplam 0,8 mg/lit N ve 0,1 mg/lit P den daha büyük konsantrasyonlara sahip göller, gelişme mevsiminin çoğunda alg problemine sebep olurlar.

Bitki biyokütlesi suda mevcut azot ve fosfor miktarı kullanıldıkça artmaktadır. Bu besi elementleri noktasal olan ve olmayan kaynaklardan sulara karışır. Suyu verilen bu besi maddelerinin miktarları azalırsa, suda bitkinin kullanımına hazır besi elementi miktarı, dolayısıyla, bitki biyokütlesi de azalacaktır.

Azot ve fosfor girişlerinden hangisinin kontrol edileceğine karar vermek için azot ve fosforun birbirine nazaran izafi miktarını, yani N/P oranını bilmek gerekir. Bitki biokütlesinin maksimum miktarını kontrol edecek olan besi elementi, konsantrasyonu en küçük olan veya bir başka ifade ile diğerinden önce tükenen veya diğerinden önce bir minimuma ulaşan besi elementidir. Ortamda mevcut azot, bazı şartlar altında, fosfordan önce minimum bir değere ulaşabilir ve bunun bir neticesi olarak da, maksimum biokütle, yani klorofil-a miktarını kontrol edebilir. Yani azot tükenince biyokütle azalmaya başlar. Azotun tükendiği zamanda veya yerde fosfor hala kafi konsantrasyonda mevcuttur. Önce fosfor tüketilip bitirilirse, bitki biokütlesi fosfor tarafından kontrol ediliyor demektir. Fosfor tükendiği anda biyokütle artık maksimuma ulaşmış bulunur ve bu andan itibaren klorofil-a azalmaya başlar. Bu iki halden hangisinin gerçekleşeceği bitkinin muhtaç olduğu azot ve fosforun rölatif miktarı ile ortamda bulunan azot ve fosforun rölatif miktarına bağlıdır. Fosfor arıtımı daha ucuz olduğundan biyolojik gelişmeyi fosforun kontrol etmesi istenir. Alg hücrelerinin yapısı, yani hücre

formülündeki N/P oranı için bazı kabullere göre hesap yapılabilir. Klorofil-a'nın mikrogramı başına 1 mikrogram fosfor ($1 \mu\text{g P}/\mu\text{g klorofil-a}$) ve 10 mikrogram azot ($10 \mu\text{g N}/\mu\text{g klorofil-a}$) oranları kabul edilirse, $N/P < 10$ için sistem azot tarafından, $N/P > 10$ için sistem fosfor tarafından kontrol edilir. $N/P = 10$ ise her iki besi elementi de sistemi kontrol etmez. Bu hesap bitki stokiometresine bağlıdır. Bu sebeple genel bir kaide olarak $N/P > 20$ olması halinin fosfor kontrollü, $N/P < 5$ olması halinin azot kontrollü sistemleri yansıttığını kabul etmek daha emniyetli olur.

Deniz sularında N/P oranı düşük olup bu sular azot kontrollüdür. Yani bu sularda azot konsantrasyonları azalırken veya azaltılırken fitoplankton hayatı gelişmesini durdurur. Nokta kaynakların hakim olduğu küçük dağ akarsuları azot kontrollüdür. Fakat bu akarsulara giren atıksu kaynaklarında fosfor tasfiyesi yapılırsa, bu sular fosfor kontrollü hale de getirilebilir. Noktasal olmayan besi maddesi kaynaklarının hakim olduğu büyük nehirler ise fosfor kontrollüdür. Büyük göllere noktasal olmayan kaynaklardan giriş olur. Bu sularda fitoplankton gelişmesi, fosfor konsantrasyonlarının düşürülmesiyle durur. Küçük göller ise önemli noktasal kaynaklardan kirlenirler ve azot kontrollüdürler. Fakat fosfor tasfiyesi yapılırsa, fosfor kontrollü olabilirler. Bu konuda değişik durumlarla karşılaşılabilir. Mesela azot kontrollü tatlı su sistemlerinde, azotu tasfiye edip fitoplankton sayısı azaltılmak istenirken $N/P < 4$ gibi düşük oranlara ulaşılması halinde bile mavi - yeşil alglerin ürediği görülmüştür. Zira bu alg, eksik azotu, atmosfer azotunu bağlayarak giderebilmektedir [2].

2.2.3 Ötrofikasyonun Kontrol Teknikleri

Ötrofikasyon ile ilgili başlıca kontrol alanları

- Giriş kontrolü
- Sistem kinetiğini değiştirerek kontrol
- Akış yolu üzerinde yapılan iyileştirmeler (Yapılan arıtmanın ve atıksu akımının kontrolü)
- Dışardan sisteme giren maddelerin miktarının azaltılması veya bunların ortadan kaldırılması
- İçerideki kaynakların miktar ve konsantrasyonlarının indirilmesi
- Sistem içindeki besi elementi taşınımının hızlandırılması ve bunlardan bir kısmının seçilerek sistemden atılması
- Su bitkilerinin kimyasal ve biyolojik yoldan kontrol altına alınması

2.2.4 Dışardan Sisteme Giren Maddelerin Azaltılması İçin Uygulanan İşlemler

Sisteme besi maddesi girişini önlemenin beş yolu vardır.

- Evsel ve endüstriyel atıksulara ait nokta kaynaklardan gelen akım, fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle arıtılarak bu kaynakların yükleri azaltılabilir.
- Arazinin kullanıma ve muhafazası şekli ile tarım alanlarında kullanılan kimyasal maddeleri değiştirerek yayılı kaynaklardan gelen yükler azaltılabilir. Erozyon kontrolü, gübre kullanmadan önce toprak testlerinin yapılması, kış gübresinin azaltılması ve tampon bölge uygulamaları bu önlemler arasındadır.
- Atıksu akımını saptırarak besi elementi girişini, zararı daha az olacak başka bir deşarj yerine sevk etmek yoluna gidilebilir.
- Göle girmeden önce atıksuyu bir su tutma veya arıtma haznesinden geçirmek, hem hidrolik, hem biyolojik bir dengeleme işlevi yapar.
- Fosfat içermeyen deterjan kullanımı gibi bir işlemle besi elementi girişi azaltılabilir.

Nokta kaynaklardan gelen TP ve TN (yani toplam fosfor ve toplam azot) bileşiklerinin giderilmesinde kullanılan çeşitli metotlar mevcuttur. NH_3 'ün atıksudan sıyrılması, stabilizasyon havuzlarıyla biyolojik tasfiye uygulanması, alg ve köklü bitkiler yardımıyla ve arazide arıtma işlemleriyle besi elementlerinin sudan uzaklaştırılması bunlar arasında sayılabilir. Tablo 2.1'de besi elementlerinin giderilmesinde kullanılan çeşitli metotların verimleri gösterilmiştir [2]

Tablo 2.1 Nokta Kaynaklardan Gelen Fosfor ve Azotu Gidermeye Yarayan Çeşitli Metotlar ve Bunların Verimleri (Yüzde Olarak) [2]

Atıksu Arıtımının Kademesi	Çıkış Suyuna Uygulanan Arıtmanın Şekli	Giderilen Madde		
		NH_3	NO_3	PO_4
İkinci Kademe	Kimyasal Çökeltme	5 – 15	-	90 – 95
İkinci Kademe	Amonyak Sıyırma	85 – 98	-	-
İkinci Kademe	Nitrifikasyon / denitrifikasyon	-	60 – 95	-
Birinci / İkinci Kademe	Arazide arıtma	60 – 80	5 – 15	60 – 90
İkinci Kademe	Stabilizasyon lagünleri - alg üretimi	50 – 90	50 – 90	50

2.2.5 Sistem İçindeki Kaynakların Yüklerinin ve Kirletici Konsantrasyonlarının Azaltılması İçin Uygulanan Teknikler

- Besi elementlerince zengin taban çökeltisinin taranması

Taban çamurunu emerek çalışan bir tarama makinesi bir mavna üzerine yerleştirilerek taban çamurunu uzaklaştırabilir. Emilen çamur havuzlarda çöktürülerek sudan ayrılmakta, sıvı kısım ise nihai bir deşarj yerine sevkedilmektedir.

Göl restorasyon projelerinde taban çökeltilerinin taranmasının büyük bir faydası vardır. Ancak besi elementleri bakımından zengin taban çökeltileri yerinde durdukça, birçok hallerde, göle giren atıksu deşarjlarında tam derivasyon yapılsa ve göle giriş önlense bile, bundan bir sonuç alınamamaktadır.

- Hipolimnetik havalandırma

Bir gölün hipolimnion bölgesinin havalandırılması, hipolimniondan su çekip, emilen suyu, yukarıda yeterli çözünmüş oksijeni bulunan havalı su ile karıştırarak çalışan aeratörler ile gerçekleştirilebilir. Böylece havalandırılmış su, tekrar eski yerine, hipolimniona geri döner. Bu tip havalandırma bazı hallerde arzu edilen tabakalaşmayı muhafaza eder. Derin su havalandırıcıları, hipolimniona, 0,7 kgO₂/st/kw miktarında çözünmüş oksijen ilave edilmesine imkan verirler. Pervane tipi pompalar ise, göl muhtevasının karışmasına ve tabakalaşmanın bozulmasına sebep olurlar.

- Besi elementlerinin kimyasal yollardan çökertilmesi

Besi elementlerinin kimyasal yollarla çökertilmesi, atıksu arıtma tesislerindeki kimyasal madde giderme üniteleri ile aynı prensibe dayanan bir işlemdir. Bu halde alüminyum sülfat (alum) veya başka bir alüminyum bileşiği, doğrudan doğruya göle ilave edilir. Bazı hallerde sodyum alüminat da kullanılmaktadır. Alum kullanıldığında önemli pH değişiklikleri meydana geliyorsa, bunun yerine sodyum alüminat suya ilave edilir.

- Doğrudan biyolojik ve kimyasal kontrol

Bu kontrol kategorisi, bir kısım biyolojik kontrol yöntemlerini veya bakır sülfat gibi bitkisel canlıları öldürücü ilaçların kullanımını içine alır. Uygulanması mümkün olan biyolojik kontrol metodlarından bazıları şunlardır:

- Tilapia ve çarp (sazan) gibi bazı balık türlerini üreterek fitoplanktonların bunlar tarafından tüketilmesini sağlamak
- Bitki patojenlerini kullanmak
- Balık türlerinde, bunların besin zincirlerinde ve aralarındaki rekabet ve avlanma şekillerinde biyomanipülasyonlar yaparak değişiklikler meydana getirmek

Bazı özel haller dışında biyolojik kontrolün yaygın ve efektif bir ötrofikasyon kontrol metodu olduğu henüz ispat edilmiş değildir.

Alg kontrolünde bakır sülfat yaygın olarak kullanılan bir maddedir. Uygun şekilde kullanıldığı takdirde uygulanan dozaj, sularda yaşayan balıklar için toksik değildir ve alg kontrolünde etkilidir. Su, hızla berrak hale gelir. Fakat uygulamanın, düzenli aralıklarla tekrar edilmesi gerekir. Ölü alglerden çıkan organik maddelerin çürümesinin çözünmüş oksijeni tüketmediğinden emin olunmalıdır [2].

3 ÖTROFİKASYON AÇISINDAN HASSAS SU YATAĞI KRİTERLERİ

3.1 Hassas Bölge Tarifi

Avrupa Birliği Direktifleri'nde hassas bölge tanımından iki direktif bahseder. Bunlar Kentsel Atıksu Arıtma Direktifi ve Nitrat Direktifi'dir. Aşağıda bu direktiflerin hassas bölgelerle ilgili tanımları ve kriterleri açıklanmıştır.

3.1.1 Avrupa Birliği - Kentsel Atıksu Arıtma Direktifi

Avrupa Birliği, 1991 yılında yürürlüğe koyduğu Kentsel Atıksu Arıtma Tesislerine ilişkin Direktif (91/271/EEC) ile tüm üye ülkelerin kentsel atıksularını nasıl yönetmesi gerektiğini açıkça tanımlamıştır. Direktif, kentsel yerleşimlerden ve tarıma dayalı endüstrilerden kaynaklanan atıksuların çevreye olumsuz etkilerini önlemeyi amaçlamaktadır. Direktifin en önemli yanlarından biri "hassas bölge" kavramının ve bu bölgelere uygulanacak atıksu deşarj standartlarının tanımlanmış olmasıdır. Buna göre "hassas bölgeler"; "Ötrofikasyona maruz kalmış veya koruyucu önlem alınmadığı takdirde yakın gelecekte maruz kalma tehlikesine sahip doğal göller, diğer tatlı su kaynakları, haliçler ve kıyı bölgeleri" veya "gerekli önlem alınamazsa 50 mg/l'den daha fazla nitrat içeren yüzeysel tatlı su kaynakları" veya diğer AB direktiflerine uyulması için ileri derecede iyileştirme gerektiren bölgeler" olarak tanımlanmaktadır [4].

Öte yandan, direktifte bir de "az hassas bölge" tanımı getirilmektedir. Buna göre "az hassas bölge"; "Herhangi bir atıksu deşarjında, morfolojik, hidrolojik veya spesifik hidrolik koşullarda olumsuz bir çevresel etki yaratmayan deniz suları" olarak tanımlanmıştır.

Eğer herhangi bir üye ülke kendi topraklarında hassas bölgeler için tanımlanmış deşarj standartlarından daha sıkı standartlar uyguluyorsa, o ülkenin hassas bölgelerini belirlemesi zorunlu değildir. Ancak bu durum pratikte o ülkenin tamamen hassas bölge sayılması anlamına gelmektedir. Danimarka, Lüksemburg, Hollanda, Finlandiya ve İsveç tüm topraklarını hassas bölge ilan etmişlerdir. Diğer üye ülkeler ise kendi topraklarında hassas bölge tanımlaması içine girecek alanlarını tanımlamış durumdadırlar.

Hassas ve az hassas bölgelerin durumları her dört yılda bir gözden geçirilmelidir. Direktife göre;

Tüm kentsel atıksu ve direktifte değinilen sektörlerle ait endüstriyel atıksu deşarjları için yönetmelikler hazırlanacak ve/veya ilgili spesifik otoriteler kurulacaktır.

Eşdeğer nüfusu 2000'den fazla olan tüm yerleşimler için kentsel atıksu toplama sistemleri (kanalizasyon) ve arıtma tesisleri kurulacaktır. Organik kirlenmenin ölçülmesinde kişi başına birim yükler kullanılacaktır. Arıtma tesisleri için genel kural biyolojik arıtma anlamına gelen ikincil arıtma sistemlerinin kurulmasıdır. Üye ülkeler tarafından belirlenen "hassas bölgeler"deki atıksular için üçüncül arıtma, yani daha ileri arıtma teknikleri kullanılacaktır.

"Az hassas" olarak tanımlanan bölgelerde ise daha düşük arıtma önlemleri alınabilir.

4000 nüfus eşdeğerinden daha fazla kirlleticiye (organik madde) sahip endüstriyel atıksular, belirlenen tarihe kadar arıtma tesislerini istenen seviyede kuracaktır.

Belirlenen tarihe kadar, arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların uygun biçimde uzaklaştırılması için gerekli kurallar veya otoriteler oluşturulacak ve bu tarihten itibaren herhangi bir yere gelişigüzel atılamayacaktır.

Atıksu deşarjlarının ve etkilerinin izlenmesi ve denetlenmesi sağlanacaktır.

Her iki yılda bir durum raporları hazırlanacak ve uygulama programları oluşturulacaktır.

Direktif, hassas, yarı hassas ve normal bölgelerde nüfuslara bağlı olarak tamamlanması gereken altyapı uygulamaları için zaman kısıtlamaları da getirmiştir.

3.1.1.1 Kentsel Atıksu Arıtma Direktifine Göre Atıksu Arıtma Kriterleri

Birincil arıtma: kentsel atıksuyun fiziksel ve/veya kimyasal proseslerle askıdaki katıların çöktürülmesi şeklinde arıtılmasıdır. Gelen atıksuyun BOI₅ değerinin en az % 20, toplam AKM değerinin en az % 50 azaltılması yeterlidir.

İkincil arıtma: ikincil çöktürme ile kentsel atıksuyun biyolojik prosesle arıtılmasıdır.

Uygun arıtma: direktifin istediği değerleri sağlayabilmek amacıyla kentsel atıksuyun herhangi bir prosesle arıtılmasıdır.

Nüfus eşdeğeri 10.000'in üzerinde olan bütün yerleşimler en az ikincil arıtma ile Tablo 3.1'deki değerleri sağlamalıdır:

Tablo 3.1 Nüfus Eşdeğeri 10.000'in Üzerindeki Yerleşimlerde Arıtma Kriterleri

Parametre	Maksimum Konsantrasyon	Minimum Azalma
BOİ ₅	25 mg/l	% 70 - 90
KOİ	125 mg/l	% 75
TAKM	35 mg/l	% 90

Nüfus eşdeğeri 2.000–10.000 arasında olan ve tatlı sulara, haliçlere deşarj yapan yerleşimlerde en az ikincil arıtma uygulanmalıdır.

Hassas bölgelere deşarj edilecek sulara en az ikincil arıtma uygulanarak Tablo 3.2'deki değerler sağlanmalıdır.

Tablo 3.2 Hassas Bölgelerde Arıtma Kriterleri

Parametre	Maksimum Konsantrasyon	Minimum Azalma
Toplam - P	2 mg/l P (10.000-100.000)	% 80
	1 mg/l P (>100.000)	
Toplam - N	15 mg/l N (10.000-100.000)	% 70 - 80
	10 mg/l N (>100.000)	

Az hassas bölgelerde deşarj edilecek atıksulara Tablo 3.3'de gösterildiği gibi en az birincil arıtma uygulanması yeterli olacaktır.

Tablo 3.3 Az Hassas Bölgelerde Arıtma Kriterleri

Parametre	Maksimum Konsantrasyon	Minimum Azalma
BOİ ₅	-	% 20
TAKM	-	% 50

Az hassas bölgelere deşarj edilecek atıksuyun çevreyi olumsuz etkilemeyeceği kapsamlı bir şekilde araştırılmalıdır. Nüfuslara ve hassasiyete göre gerekli arıtma dereceleri Tablo 3.4'deki gibi olmalıdır.

Tablo 3.4 Nüfuslara ve Hassasiyete Göre Gerekli Arıtma Dereceleri

	0-2.000	2.000-10.000	10.000-15.000	15.000-150.000	>150.000
Hassas	Uygun arıtma	İkincil arıtma	İleri arıtma	İleri arıtma	İleri arıtma
Normal	Uygun arıtma	İkincil arıtma	İkincil arıtma	İkincil arıtma	İkincil arıtma
Az hassas (kıyı suları)	Uygun arıtma	Uygun arıtma	Birincil veya ikincil arıtma	Birincil veya ikincil arıtma	Birincil veya ikincil arıtma

3.1.2 Avrupa Birliği - Nitrat Direktifi (91/676/EEC)

Nitrat Direktifi tarımsal kaynaklardan gelen nitrattan dolayı oluşan kirlilikten suları korumak için düzenlenmiştir. Direktifin amacı tarımsal kaynakların suda yarattığı kirliliği azaltmak ve daha fazla kirlenmeyi önlemektir [5].

Azot bileşiklerinden oluşan kirliliğe karşı hassas bazı bölgeler direktifin 5. Maddesinde belirtildiği gibi bazı korumalara ihtiyaç duyarlar. Üye Devletler kirlilikten etkilenmiş veya etkilenebilecek suları belirlemeli ve bu sulara drenaj yapılan bölgeleri hassas bölge olarak seçmelidir. Bu seçme işlemi direktiften sonraki 2 yıl içinde tamamlanmalı ve gerektiğinde ya da en azından 4 yılda bir tekrar gözden geçirilmelidir. Tekrar inceleme sırasında seçme işlemi zamanına göre olan değişiklikler ya da fark edilemeyen faktörlere dikkat edilmelidir.

Madde 3(1) ile ilgili olan nitratla kirlenmiş suları tanımlayabilmek için gerekli kriterler direktifte ekte sıralanmıştır:

İçme suyu temininde kullanılan veya kullanılması planlanan yüzey sularının 50 mg/l nitrattan yüksek olması veya yakın zamanda olabilmesi

Yeraltı sularının 50 mg/l'den daha fazla nitrat içermesi veya yakın zamanda içerebilmesi

Doğal tatlı su gölleri, diğer tatlı su birikintileri, haliçler, kıyı suları ve deniz sularının ötrofik olması veya yakın zamanda ötrofik olabilmesi

Direktifin amacına göre kirlilik "tarımsal kaynaklardan direkt veya dolaylı olarak su ortamına deşarj edilen azot bileşiklerinin; insan sağlığına, su ekosistemine zarar vermesi ve suyun başka amaçlarla kullanımına engel olması" şeklinde tanımlanır.

Madde 6'da yüzey ve yeraltı sularının ayrıca tatlı suların ötrofik olmasına karşı bu sularda nitrat konsantrasyonunun ölçülerek kontrol edilmesi gereksiniminden bahsedilir.

3.2 Türkiye'deki Standart ve Yönetmelikler

3.2.1 Akarsu Kirlilik Sınıfları

Sağlıklı temiz bir akarsuda bitki ve hayvan gelişimiyle ilgili olarak ekolojik bir denge bulunduğu bilinen bir gerçektir. Evsel, endüstriyel ve tarımsal kirlenme bu dengenin değişmesine neden olur. Akarsuya verilen kirleticilerin seyreltilmesi ve taşıma üzerinde sonuç açısından önemli bir etken, akarsuyun debisidir. Yani bir akarsuyun debisi suyun kalitesi ve kirlilik toleransı açısından oldukça önemlidir.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre kıtaiçi yüzeysel su kategorisine göre akarsular, 4 ana sınıfa ayrılmıştır [6].

Sınıf I: Yüksek Kaliteli Su

- a. Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini
- b. Rekreatif amaçlar (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil)
- c. Alabalık üretimi
- d. Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı
- e. Diğer amaçlar

Sınıf II: Az Kirlenmiş Su

- a. İleri veya uygun bir arıtma ile içme suyu temini
- b. Rekreatif amaçlar
- c. Alabalık dışında balık üretimi
- d. Teknik Usuller Tebliği'nde verilecek olan sulama suyu kalite sınırlarını sağlamak şartıyla sulama suyu olarak
- e. Sınıf I dışındaki diğer bütün kullanımlar

Sınıf III: Kirlenmiş Su

Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılır.

Sınıf IV: Çok Kirlenmiş Su

Yukarıda I, II ve III sınıfları için verilen kalite parametreleri bakımından daha düşük kalitedeki yüzeysel suları ifade eder.

Tablo 3.5 Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri [6]

	SU KALİTE SINIFLARI			
SU KALİTE PARAMETRELERİ	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. Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /l) ^a	8	6	3	< 3
4. Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5. Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /l)	25	200	400 ^b	> 400
6. Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁼ /l)	200	200	400	> 400
7. Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/l)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 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 PO ₄ ⁼³ -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. KOİ (mg/l)	25	50	70	> 70
2. BOİ (mg/l)	4	8	20	> 20
3. Organik karbon (mg/l)	5	8	12	> 12
4. Toplam Kjeldahl-azotu (mg/l)	0.5	1.5	5	> 5
5. Emülsifiye yağ ve gres (mg/l)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6. Metilen mavis 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 parametreleri ^d				
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
12. Florür (µg F ⁻ /l)	1000	1500	2000	> 2000
13. Serbest klor (µg Cl ₂ /l)	10	10	50	> 50
14. Sülfür (µg S ⁼ /l)	2	2	10	> 10
15. Demir (µg Fe/l)	300	1000	5000	> 5000
16. Mangan (µg Mn/l)	100	500	3000	> 3000
17. Bor (µg B/l)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	> 1000
18. Selenyum (µg Se/l)	10	10	20	> 20
19. Baryum (µg Ba/l)	1000	2000	2000	> 2000
20. Alüminyum (mg Al/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. Fekal koliform (EMS/100 ml)	10	200	2000	> 2000
2. Toplam koliform (EMS/100 ml)	100	20000	100000	> 100000

(a) - Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birinin sağlanması yeterlidir.

(b) - Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

(c) - pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH₃ N/1 değerini geçmemelidir.

(d) - Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

(e) - Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 µg/1'ye kadar düşürmek gerekebilir.

3.2.2 Göl Kirliliği

Bir gölün anaerobik hale geçmesinde, gölün asimilasyon kapasitesinin önemi çok büyüktür. İkincil kirlenme adı da verilen ötrofikasyon ise, göllerde fosforca zengin olan evsel atıksular, tarımsal drenaj suları ve bazı endüstriyel atıksuların gölde beslenmeyi artırarak fotosentezle aşırı alg üremesine ve organik madde miktarının artmasına neden olmasından dolayı birtakım kimyasal değişiklikler meydana gelir. Sudaki azot ve fosfor konsantrasyonlarına göre göller 3 sınıfa ayrılır. Azot ve fosfor konsantrasyonlarının belirli sınırların üzerine çıkması sonucunda hızlandığı göllere “ötrofik”, fosfor ve azot konsantrasyonlarının ve üretimin düşük olduğu göllere “oligotrofik”, bu iki sınır durum arasındaki göllere ise “mezotrofik” adı verilir. Çeşitli amaçlarla kullanılan göl, gölet ve baraj rezervuarlarının kalite özellikleri ve sınır değerleri Tablo 3.6’da verilmiştir.

Tablo 3.6 Göller, Göletler, Bataklıklar ve Baraj Haznelerinin Ötrofikasyon Kontrolü Sınır Değerleri [6]

İstenen özellikler	Kullanım alanı	
	Doğal koruma alanı ve rekreasyon	Çeşitli kullanımlar için (doğal olarak tuzlu, acı ve sodalı göller dahil)
pH	6.5–8,5	6–10.5
KOİ (mg/l)	3	8
ÇO (mg/l)	7.5	5
AKM (mg/l)	5	15
Toplam koliform sayısı (EMS)/100 ml	1000	1000
Toplam azot (mg/l)	0.1	1
Toplam fosfor (mg/l)	0.005	0.1

3.2.3 Deniz Kirliliği

Üç tarafı denizlerle çevrili ülkemizde, deniz kirliliği ayrı bir önem taşımaktadır. Özellikle Karadeniz ve Marmara kaynaklı su ürünlerimiz kadar, turizm açısından ülkemizin önemini arttırıcı etkileri ile denizlerimiz kirlilikten korunmak zorundadır. Ancak sanayi, deniz taşımacılığı, şehirleşme, turizm ve direkt atık boşaltılmasının yanı sıra, önemli kazalarla her geçen gün denizlerimiz de hızla kirlenmeye başlamıştır. Deniz ve kıyı suları kullanım amaçlarına göre beklenen kaliteleri açısından aşağıdaki sınıflamaya tabi tutulur.

Sınıf D I: Su ürünleri üretimi

a- Yoğun ticari balıkçılık, su ürünleri avcılığı yapılan açık denizler

b- Yoğun kıyı balıkçılığı ve kabuklu su ürünleri yetiştirme alanları

c- Dalyancılık alanları

Sınıf D II: Rekreasyon

Bu sınıfta plaj olarak kullanılan kıyı suları ile temas gerektirmesine bakılmaksızın sportif amaçla kullanılan deniz suları ve estetik açıdan gerekli deniz suyu kalitesi belirlenmektedir.

Bu amaçla Rekreasyon Amacıyla Kullanılan Kıyı ve Deniz Sularının Sağlaması Gereken Standart Değerler Tablo 3.7’de verilmektedir.

Tablo 3.7 Rekreasyon Amacıyla Kullanılan Kıyı ve Deniz Sularının Sağlaması Gereken Standart Değerler [6]

Parametre	Standart	Düşünceler
Renk	Doğal	Estetik açıdan deniz suyunun doğal renginden farklı olmamalıdır.
Koku ve tat	Doğal	Doğal koku ve tadı dışında olamaz.
Işık geçirgenliği	2 metreden fazla	Estetik açıdan deniz suyunun doğal bulanıklığından farklı olmamalıdır. Bu değer Secchi disk ölçümüyle 2 metreden az olamaz.
PH	6–9	
Yağ ve gres (mg/l)		Estetik açıdan deniz suyunun doğal yağ ve gres içeriğinden farklı olmamalıdır.
Toplam koliform (EMS/100 ml)	1000	15 günde bir periyodik, şüpheli durumlarda ise İdarenin isteği üzerine; çoklu tüp fermentasyon veya membran filtre tekniği ile
Fekal koliform (EMS/100 ml)	200	
Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeler (mg/l)	Kalıcı köpük teşkil etmeyecek seviyede olacaktır. Ayrıca 0,3 mg/l lauril sülfat eşdeğerinin altında olmalıdır.	Herhangi bir şüpheli durumda ilgili İdarenin isteği üzerine yapılan analiz üzerinden mg/1 lauril sülfat eşdeğeri olarak
Fenoller (mg/l)	Fenol kokusu duyulmayacak kadar az olacak ancak 0.005 mg/1’nin altında olması gerekir.	Herhangi bir şüpheli durumda ilgili İdarenin isteği üzerine fenol analizi yapıp verilen değer aşılması gerekir.
Çözünmüş oksijen	Doygunluğu % 80’den az olmayacaktır.	
Katran kalıntıları ve yüzen maddeler	Bulunmayacaktır.	

Sınıf D III: Ticari, endüstriyel ve diğer kullanımlar deniz trafiği, liman hizmetleri ve bunlarla ilgili atıksu, balast suyu boşaltımları ve kaza tehdidi sonucu deniz suyu kalitesi yüksek kirlenme riski altında bulunmaktadır. Ayrıca soğutma suyu çekimi ve endüstriyel kullanımlarla, deniz yatağında maden ve petrol arayıp çıkarma esnasında da önemli deniz kirlenmesi riski vardır. Bu sulardan genelde Tablo 3.8’deki Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterleri aranır da bu kalitenin altına düşülmesiyle bu sınıftaki kullanım imkanı aksamaz.

Tablo 3.8 Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterleri [6]

Parametre	Kriter	Düşünceler
PH	6.0-9.0	-
Renk ve bulanıklık	Doğal	Doğal suiçi yaşam için gerekli fotosentez aktivitesinin, ölçüm derinliğindeki normal değerini % 90'dan fazla etkilemeyecek kadar olmalıdır.
Yüzer madde	-	Yüzer halde yağ, katran vb. sıvılarla çöp vb. sıvılara çöp vb. katı maddeler bulunamaz.
Askıda katı madde (mg/l)	30	-
Çözünmüş oksijen (mg/l)	Doygunluğun % 90'ından fazla	Çözünmüş oksijen değerleri derinlik boyunca izlenmelidir.
Parçalanabilir organik kirlenimler	-	Seyreldikten sonra çözünmüş oksijen varlığını yukarıda öngörülen değerden daha fazla tehlikeye düşürecek miktarda olmamalıdır.
Ham petrol ve petrol türevleri (mg/l)	0.003	Su, biyota ve sedimanda ayrı değerlendirilmeli ve tercihan hiç bulunmamalıdır.
Radioaktivite	-	Sözkonusu deniz ortamına ait doğal radioaktivite tür ve seviyeleri aşılmayacaktır. Yapay radioaktivite ölçülmeyecek düzeyde bulunacaktır.
Üretkenlik	-	Söz konusu deniz ortamına ait mevsimsel üretkenlik seviyeleri korunacaktır.
Zehirlilik	Bulunmayacak	
Fenoller (mg/l)	0.001	
Çeşitli ağır metaller		
Bakır, (mg/l)	0.01	
Kadmiyum, (mg/l)	0.01	
Krom, (mg/l)	0.1	
Kurşun, (mg/l)	0.1	
Nikel, (mg/l)	0.1	
Çinko, (mg/l)	0.1	
Civa, (mg/l)	0.004	
Arsenik, (mg/l)	0.1	
Amonyak, (mg/l)	0.02	

3.2.4 Yeraltı Suyu Kirliliği

Yeraltı suyunun kirlenmesinin en belirgin nedeni kentsel ve endüstriyel atıkların çevreye verildikten sonra iklim durumuna, toprağın yapısına ve zamana bağlı olarak yeraltı suyuna taşınmasıdır. Yeraltı sularının kirlenmesinin diğer önemli nedenlerinden birisi de tarım ilaçları ve gübrelerin bilinçsiz kullanımı ile evsel atıkların doğrudan toprağa verilmesidir.

Ülkemizde en önemli yeraltı suyu kirlenme nedenlerinden biri, evsel atıkların doğrudan toprağa verilmesidir. Deterjan gibi parçalanmaya karşı dayanıklı bileşikler yeraltı suyuna ulaşarak içme suyu açısından sorun yaratabilmektedir. Gerçekten de ülkemizde bazı yeraltı suyu örneklerinde önemli miktarlarda deterjan bileşikleri bulunmuştur. Yeraltı suyu kalitesinde bozulmaya yol açan tarımsal faaliyetler ise pestisit ve gübre kullanımı ile hayvan atıklarının atılmasıdır.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre yeraltı sularının kalite sınıfları aşağıda verilmiştir [6]

Sınıf YAS I: Yüksek Kaliteli Yeraltı Suları

Sınıf Yas I sular, içme suyunda ve gıda sanayinde kullanılabilen yeraltı sularıdır. Bu sınıfa giren yeraltı suları diğer her türlü kullanma amacına uygundur.

Sınıf YAS II: Orta Kaliteli Yeraltı Suları

Sınıf Yas II sular, bir arıtma işleminden sonra içme suyu olarak kullanılacak sulardır. Bu sular tarımsal su ve hayvan sulama suyu veya sanayide soğutma suyu olarak herhangi bir arıtma işlemine gerek duyulmadan kullanılabilir.

Sınıf YAS III : Düşük Kaliteli Yeraltı Suları

Sınıf Yas III sular, yukarıda verilen kalite parametrelerinden daha kötü özellik taşıyan sulardır. Bu suların kullanım yeri, ekonomik, teknolojik ve sağlık açısından sağlanabilecek arıtma derecesiyle belirlenir.

3.3 Çevre ve Orman Bakanlığı Tarafından Avrupa Birliği'ne Uyum İçin Belirlenen Hedefler ve Politikalar

Türkiye'de Çevre ve Orman Bakanlığı, yönetmeliklerde ve mevzuatlarda değişiklik yaparken Avrupa Birliği Direktifleri'ne uyumu sağlamak için hedefler ve politikalar geliştirmiştir [7].

- Çevrenin korunması, kirliliğinin önlenmesi ve iyileştirilmesi için prensip ve politikalar tespit etmek, programlar hazırlamak; bu çerçevede, araştırmalar ve projeler yapmak, yaptırmak, bunların uygulama esaslarını tespit etmek, uygulanmasını sağlayacak tedbirleri almak,
- Ülkedeki kirlenme konuları ile kirlenmenin mevcut olduğu veya olması muhtemel bölgeleri ve sektörleri tespit etmek ve izlemek, bu problemlerin teknik, idari ve finansman bakımından çözümünü sağlayan kaynağın bulunmasıyla ilgili çalışmaları yönetmek veya yönlendirmek,
- Su kaynakları için koruma ve kullanma plânları yapmak, kıta içi su kaynakları ile toprak kaynaklarının havza bazında bütüncül yönetimini sağlamak için gerekli çalışmaları yapmak,
- Su kaynaklarının kalite sınıflarının belirlenmesi, su kalitesinin yükseltilmesi ve en uygun kullanımlarının sağlanması çalışmalarını yapmak ve yaptırmak,
- Tesislere deşarj izni vermek, deşarjları ve arıtma sistemlerini izlemek ve denetlemek, tesisler için kurulacak arıtım sistemlerinin projelerini onaylamak,

- Deniz suyu ve kıyı ortamının korunması amacıyla kirliliğinin önlenmesi ve/veya bertaraf edilmesi ile ilgili olarak; tedbir almak ve/veya aldirtmak, acil müdahale planları yapmak ve/veya yaptırmak, kirliliğe müdahale konularında ilgili kurum ve kuruluşlarla koordineli olarak çalışmak,
- Serbest bölgeler de dahil olmak üzere, ülke genelinde deniz suyu ve kıyı ortamına olumsuz etkileri olan her türlü faaliyetlere görüş vermek ve söz konusu faaliyetleri; izlemek, denetlemek, tehlikeli hallerde veya gerekli durumlarda faaliyetin durdurulmasını sağlamak,
- Deniz ve kıyı ortamına; sintine, balast ve tahliye sularının ve tehlikeli atıkların yasadışı yollarla boşaltılmasıyla oluşacak kirlenmenin önlenmesi için ilgili kurum/kuruluşlar ile koordineli olarak çalışarak gerekli önlemlerin alınmasını sağlamak,
- Deniz ekosistemini bozacak karakökenli kirleticilere neden olan her türlü faaliyet, tesis ve işletmeleri kuruluş aşamasından itibaren Su ve Toprak Yönetimi Dairesi ile koordineli olarak izlemek, denetimini yapmak, bu amaçla araştırmalar yapmak veya yaptırmak, deniz kıyısına deşarj ve derin deniz deşarjı ile ilgili tesislere/faaliyetlere izin vermek, izlemek, denetlemek ve konuyla ilgili projeleri onaylamak.

3.4 Avrupa Birliği'ne Uyum İçin Değiştirilen Yönetmeliklerdeki Hassas Bölgelerle İlgili Kriterler

3.4.1 Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Taslağı

Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği taslağının dördüncü bölümünde ve ikinci ekinde hassas ve az hassas su alanlarından bahsedilir. Hassas su alanı tanımı şu şekilde yapılmaktadır [8].

- Ötrofik olduğu belirlenen ya da eğer gerekli önlemler alınmazsa yakın gelecekte ötrofik hale gelecek doğal tatlı su gölleri, diğer tatlı su kaynakları, haliçler ve kıyı suları. Aşağıdaki hususlar dikkate alınarak hangi besin maddesinin ileri arıtmayla azaltılacağı değerlendirilir.
 - Su değişiminin az olduğu, organik madde birikiminin meydana gelebileceği göller ve göllere ulaşan akarsular/baraj gölleri/kapalı koylarda, arıtımın ötrofikasyonun önlenmesi üzerinde herhangi bir etkisi varsa, fosfor giderimi yapılır. Büyük yerleşim yerlerinden deşarjların yapıldığı yerlerde ayrıca azot giderimi de değerlendirilir.
 - Su değişiminin az olduğu veya organik madde birikiminin meydana gelebileceği haliçler, koylar ya da diğer kıyı sularında, arıtımın ötrofikasyonun

önlenmesi üzerinde herhangi bir etkisi varsa, büyük yerleşim yerlerinden bu alanlara yapılacak deşarjlarda fosfor ve/veya azot giderimi yapılır.

- Önlem alınmaması halinde, “İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine İlişkin Yönetmelik (75/440/EEC)”in ilgili hükümlerinde belirlenen düzeylerden daha yüksek nitrat konsantrasyonları içerebilecek içme suyu temini amaçlanan yerüstü tatlı suları.
- İkincil arıtmadan daha ileri arıtma gerektiren bölgeler.

Yönetmelikte az hassas su alanları da morfoloji, hidroloji ya da özel hidrolik şartlara göre, atıksu deşarjının çevreyi olumsuz yönde etkilemediği deniz alanı, olarak tanımlanır.

- Az hassas su alanları belirlenirken, deşarj edilen atıksuların ağır çevre etkilerine neden olabilecek komşu alanlara transfer olabileceği riski de dikkate alınır.
- Az hassas su alanları belirlenirken; su değişiminin çok olduğu ve ötrofikasyon ya da oksijen tüketimine maruz olmayan veya kentsel atıksu deşarjına bağlı olarak ötrofik hale gelmesi veya oksijen tüketimini arttırması olasılığı bulunmayan açık koylar, haliçler ve diğer kıyı suları dikkate alınır.

Madde 11 ve Madde 12’ye göre hassas su alanlarına yapılacak deşarjların uyması gereken şartlar Tablo 3.9’da verilmektedir.

Tablo 3.9 Hassas Su Alanlarına Yapılacak Deşarj Satandartları

Parametreler	Konsantrasyon	Minimum Azalma Yüzdesi ¹	Referans Ölçüm Metodu
Toplam P	2 mg/l P (10.000–100.000 E.N.) 1 mg/l P (100.000 E.N.’den fazla)	80	Moleküler Absorpsiyon Spektrometri
Toplam N²	15 mg/l P (10.000–100.000 E.N.) 10 mg/l P (100.000 E.N.’den fazla) ³	70 – 80	Moleküler Absorpsiyon Spektrometri

¹ Arıtma tesisine giriş yüküne ilişkin azalma

² Toplam azotun anlamı: toplam Kjeldahl azotu (organik N + NH₃), nitrat NO₃-N ve nitrit NO₂-N

³ Alternatif olarak günlük ortalama 20 mg/l N’yi aşmamalıdır.

3.4.2 Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği

18.02.2004 tarihinde resmi gazetede yayımlanmıştır. Bu yönetmeliğin 5. Maddesi Kirliliğin Tespitinden ve 6. Maddesi Hassas Bölgelerin Belirlenmesinden söz eder [9].

Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Çevre ve Orman Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca suyun ve toprağın fiziksel ve çevresel özellikleri ile azot bileşiklerinin suda ve topraktaki miktarları dikkate alarak;

a) 50 mg/l den fazla nitrat içeren ve önlem alınmadığı takdirde içerebilecek olan, içme suyu amacıyla kullanılan ya da kullanılabilecek kalitede olan tüm yüzey suları ve yeraltı suları,

b) Doğal tatlı su gölleri, diğer tatlı su kaynakları, haliçler, kıyı suları ve deniz sularının ötrofik olup olmadığını ya da önlem alınmazsa yakın gelecekte ötrofik hale gelip gelmeyeceği, tespit edilir.

Hassas bölgeler yönetmeliğe göre aşağıdaki şekilde belirlenir

a) Yönetmeliğin yayımlandığı tarihten itibaren iki yıllık dönem içinde ve müteakip dönemlerde süzülerek ve taşınarak bu Yönetmeliğin 5. maddesine göre belirlenen sularda kirlenmeye neden olan bütün alanlar hassas bölgeler olarak belirlenir.

b) Hassas bölgeler en az her dört yılda bir olmak üzere, önceki belirleme esnasında öngörülmeyen değişiklikler ve faktörler de dikkate alınarak yeniden gözden geçirilir, eğer gerekirse revize edilir ya da ilave önlemler alınır.

3.5 Türkiye'nin Akarsu Potansiyeli ve Su Kirliliği

Yurdumuz akarsuyu bol olan ülkeler arasında sayılmaktadır. Ancak hızla kalkınmakta ve gelişmekte olan ülkemizde, akarsularımız, göl ve denizlerimizle diğer tüm su kaynaklarımızda görülen kirlenmenin önemi; büyüyen şehirlerin içme suyu ve gelişen endüstrinin su talebini karşılamak durumunda kalacağı düşünüldüğünde, bir kat daha artmaktadır. Kişi başına bir yılda düşen kullanabilir suyumuz 1735 m^3 , su potansiyeli ise 3690 m^3 civarındadır.

Devlet İstatistik Enstitüsü 2025 yılı için nüfusumuzun yaklaşık 80 milyon olacağını öngörmüştür. Bu durumda 2025 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1300 m^3 'e düşeceği söylenebilir. Mevcut büyüme hızı, su tüketim alışkanlıklarının değişmesi gibi faktörlerin etkisiyle su kaynakları üzerine olabilecek baskıları tahmin etmek mümkündür. Ayrıca tüm bu tahminler mevcut kaynakların 25 yıl sonrasına hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir.

Yurdumuzda yıllık ortalama 501 milyar m^3 yağmur suyunun 274 milyar m^3 'ünün toprak ve su yüzeylerinden ve bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri döndüğü; 41 milyar m^3 'ünün yüzeyden sızmalar suretiyle yeraltı suyu rezervlerini beslediği; 186 milyar m^3 'ünün ise çeşitli büyüklükteki akarsular aracılığıyla denizlere, kapalı havzalardaki göllere boşalmak suretiyle akışa geçtiği kabul edilmektedir. Ayrıca, komşu ülkelerden doğan akarsular ile yılda 7 milyar m^3 suyun ülkemiz su potansiyeline dahil olduğu göz önünde bulundurulduğunda, toplam yenilenebilir tatlı su potansiyelimiz brüt 234 milyar m^3 olmaktadır.

Resmi tahminlere göre; bu kaynakların geliştirilmesi sonucunda toplam su kaynaklarının yıllık ortalamasının % 47'si olan 110 milyar m^3 kullanılabilir su elde edilmektedir. Yeraltı suları toplam kaynakların küçük bir kısmını (% 8) oluştururken, toplam su kullanımının % 17'sini

oluşturmaktadır. VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı verilerine göre; 1990 yılında 30,6 milyar m³ ve 2000 yılında ise yaklaşık 45 milyar m³ su tüketilmiştir. 1990'da kişi başına kullanım 420 m³ olmuştur ve başlıca kullanım, genel kullanma suyu % 17, sulama % 72 sanayi ve soğutma suyu olarak % 11 seviyesindedir. Ülkemizin su kaynağı potansiyelinin zamana ve yere göre dağılımı bütün alanların ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için büyük yatırımlar yapılmasını gerektirmektedir. 2000'li yıllarda dünyanın birçok bölgesinde olduğu gibi, yurdumuzda da suya olan ihtiyacın artacağı hatta bazı bölgelerde aşırı su sıkıntısı çekileceği tahmin edilmektedir. Bu nedenlerle ülkemizin su kaynaklarının geliştirilip çok iyi korunması büyük önem taşımaktadır [10].

Ülkemizde yıllık yağış ortalaması 643 mm'dir. Bu da yılda ortalama 501 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. Ülkemizde 1998 yılı itibariyle tüketilen 38,9 milyar m³ suyun 32,9 milyar m³'ü yerüstü suyundan, 6 milyar m³'ü ise yeraltı suyundan karşılanmaktadır. Yerüstü suyundan tüketim miktarına göre sulama (% 82), içme - kullanma (% 10), sanayi (% 8) şeklinde olan sıralama, yeraltı suyunda; içme-kullanma (% 39), sulama (% 37), sanayi (% 24) şeklinde gerçekleşmiş bulunmaktadır.

3.6 Türkiye'deki Su Havzaları

Akarsu kaynakları havza boyutunda bir bütün oluşturduğundan bu alandaki çalışmalar, havza temeline göre yapılmaktadır. Ülkemiz genel olarak 26 akarsu havzasına ayrılmış bulunmaktadır. 6200 Sayılı Kanun ile 1953 yılında kurulmuş bulunan Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü ülke düzeyine yayılmış bulunan 26 Bölge Müdürlüğü, bunlara bağlı 80 adet Şube Müdürlüğü ve 19 adet Sondaj Şube Müdürlüğü ile su kaynaklarımızı geliştirmekle görevli en büyük kamu kuruluşlarımızdan birisidir [11]. Son yıllarda bazı yörelerimizdeki su kaynaklarında görülen kirlenmeler nedeniyle su ile ilgili tüm projelerde yalnızca suyun sağlanmasının yeterli olmadığı, suyun belirli bir kalitede olması ve bu kalitenin sürekli izlenmesi gerektiğinden DSİ Genel Müdürlüğü ülke çapında su kalitesi ve kaynakları ile ilgili çalışmaları yürütmek amacıyla örgütlenmesini de bu yönde geliştirmiştir.

Su kalitesi izleme çalışmaları 1979 yılında 6 Bölge Müdürlüğü'nde, 1982 yılında 14 Bölge Müdürlüğü'nde ve 1986 yılında 17 Bölge Müdürlüğü'nde yapılması planlanarak ülke genelinde kalite ağının kurulması hedeflenmiştir. Yapılan çalışmalarla ilgili 1979–1982 ve 1983–1984 yıllarına ait su kalitesi gözlem yıllıkları yayımlanmıştır.

Bu çalışmada Sakarya Havzası genel özellikleriyle incelenmiş ve geçmiş yıllarda ölçülen parametrelerle, havzadaki baraj göllerinde ve Sakarya Nehri'nin Karadeniz'e taşıdığı kirlilik yükü tespiti yapılmıştır.

4 SAKARYA HAVZASI ÖRNEĞİ

4.1 Coğrafi Konum

Sakarya Havzası Anadolu'nun kuzeybatısında yer almaktadır. Sakarya Havzası'nın haritası Şekil 4.1'de verilmektedir. Havza kabaca uzun eksenini doğu - batı doğrultusunda olan bir dikdörtgen şeklinde olup, 58.000 km² yüzey alanıyla tüm yurdumuzun yaklaşık % 7 sini kapsamaktadır. Kuzeybatı Anadolu'nun en büyük akarsuyu olan Sakarya nehri Afyon'un kuzeyindeki Seyitgazi platolarının Bayat yaylasından doğar ve önce İç Anadolu'ya doğru akar. Daha sonra bir kıvrımla kuzeye dönerek Polatlı yakınlarında en önemli kolu olan Porsuk Çayı ile birleşir. 442 km uzunluğunda olan Porsuk, Dumlupınar'ın güneyindeki Ahırdağı'ndan yaklaşık 1170 m kotunda çıkar. Batıdan Kütahya ovasının sularını toplayan Felent Çayı'nı alıp bir süre güneybatı kuzeydoğu doğrultusunda Kütahya Eskişehir karayolu boyunca aktıktan sonra Eskişehir kentinin içinden geçerek Polatlı kasabasının kuzeybatısında tarihi Gordiyon yıkıntıları önünde Sakarya nehri ile birleşir. Taşkıandan korunmak için Kütahya ile Eskişehir arasında 431 X 10⁶ m³ depolama hacmi olan Porsuk barajı inşa edilmiştir. Porsuk kolunu aldıktan sonra kuzey doğrultusunda akışını sürdüren Sakarya nehri bu kez doğudan gelen Ankara Çayını alır. Bu iki önemli yan kolu dışında çok sayıda dere ile beslenen kesim yukarı Sakarya Havzası olarak adlandırılır. Çubuk, İncesu, Hatip çaylarının birleşmesiyle meydana gelen Ankara Çayı, Ankara şehrinden 130 km sonra Dümrek köyünde Sakarya'ya karışır. Bu birleşimden sonra yurdumuzun 2 önemli hidroelektrik santrali Sarıyar ve Gökçekaya adlı baraj göllerini oluşturan nehir batıya yönelir. Bu göllerin yüzey alanları ve ortalama derinlikleri sırasıyla 83,83 km², 20 km² ve 90 m, 115 m dir. Paşalar Boğazı ile Geyve Boğazı arasından geçen nehir soldan Karasu ve Göksu kolları ile kuzeyden gelen Göynük çayı ile beslenir. Karasu Bozöyükten doğar, Bilecik yakınlarından geçip yaklaşık 60 km sonra Sakarya ile birleşir. Yücedağ'dan doğan Göksu, İnegöl ve Yenişehir ovalarından geçerek Osmaneli aşağısında kaynağından 110 km sonra Sakarya'ya karışır. Göynük çayı ise Karadağ'dan doğar ve 120 km sonra Sakarya ile birleşir. Adı geçen bu çaylardan başka çok sayıda yan kol ile beslenen nehrin bu kesimi Orta Sakarya havzası olarak adlandırılır. Aşağı Sakarya Havzası olarak adlandırılan kesimde ise Adapazarı şehrinin doğusundan geçerek sağdan Adapazarı ovasının ikinci önemli suyu olan Mudurnu Çayını alan Sakarya nehri kuzeye yönelir. Ardiç Dağı eteklerinden doğan Mudurnu Suyu

Adapazarı Ovası 'nın güneydoğusunda bir bataklık meydana getirdikten sonra menbadan yaklaşık 87 km sonra Sakarya'ya karışır. Daha kuzeyde Sapanca gölünün ayağını meydana getiren ve yaklaşık 40 km olan Çarksuyu da Sakarya'ya karışır. Adapazarı ovasının kuzeyindeki yayla alanını bir boğazla geçen Sakarya nehri kıyı ovasına çıkarak Karasu ilçesi topraklarına girer ve Sakaryaagzı denilen yerde Karadeniz'e dökülür. Sakarya nehrinin menbadan mansaba toplam uzunluğu 824 km'dir [12].



Şekil 4.1 Sakarya Havzası'ndaki Yerleşimler

4.2 Jeoloji ve Topografya

Havza çok farklı jeolojik ve topografik yapıya sahiptir. Hemen tüm jeolojik periyodlara havzanın değişik kısımlarında rastlamak olanaklıdır. Havzanın kuzey ve batı kısımları sismolojik olarak aktiftir ve yakın zamanlarda pek çok deprem olmuştur.

Sakarya nehrinin doğduğu kaynaklar 1000 m yüksekliğe ulaşır. Havza ortalarında, iki büyük baraj gölü civarında bu yükseklik 500 m'ye düşer. Karadeniz'e deşarjdan önce, havzanın tek doğal gölü olan Sapanca'da bu yükseklik 30 m civarındadır.

Sakarya Nehri havzasında Sakarya nehrinin ve yan kollarının suladığı önemli tarımsal etkinliğe sahip verimli ovalar vardır. Bunlardan Seyitgazi, Kütahya, Eskişehir - Alpu, Sapanca - Gölcük, Sakarya - Karasu ovaları sayılabilir. Seyitgazi ovası yaklaşık 945 m kotunda Seydisuyu ve kollarının suladığı bir aşınma ovası olup, geçirgenliği oldukça yüksek olan yaygın ve kalın bir alüvyon tabakası ile kaplıdır. Yörede Kırılıs civarında eski zamanlarda oluşan göllerde bor minarellerinin çökmesi ile bugünkü sedimenter sodyum tuzu ve bor yatakları oluşmuştur. Bu cevher iki kil tabakası arasında yer almakta ve yatağa yakın konumda masif bir yapı göstermektedir. Cevher kalınlığı 10 m - 160 m arasında değişmektedir. Bor yatakları ise yüzeyde olmayıp en az 20 m derinlikte tinkal ve kolomanit halinde bulunmaktadır.

Yüksekliği ortalama 950 m olan Kütahya ovasında akiferler alüvyon ve neojen kalkerleri olup, alüvyon 5 – 40 m, neojen kalkerleri ise 400 m kalınlık gösterirler. 31 m rakımı olan Sapanca ovasında su veren formasyon alüvyon olup kalınlığı 20 – 30 m arasındadır. Sakarya - Karasu ovasında akifer 5–10 m'den başlayıp 200 m'ye kadar inmektedir. Sahil boyunca 500 m genişlikteki şerit tuzlanmanın etkisi altındadır. Bu ovanın deniz seviyesinden yüksekliği ise 33 m'dir.

Sakarya nehrinin iki önemli kolu olan Porsuk ve Ankara Çayının kaynaklandığı yörelerdeki yükselti 1000 m'nin üzerindedir. Sakarya nehrine karıştıkları yerdeki kot ise 300 m civarındadır [12].

4.3 İklim Koşulları

Sakarya nehri, İç Anadolu, Ege, Marmara ve Karadeniz Bölgesinden geçtiğinden havzada her dört bölgenin iklim karakteri de görülmektedir. Ancak havza genelinde kara iklimi etkindir. Bu genellik Aşağı Sakarya Havzasında bozulur ve her mevsimi yağışlı Karadeniz iklimi görülür. Havza içinde çok sayıda meteoroloji istasyonu bulunmaktadır. Hem sıcaklık hem de yağışlar menbadan mansaba doğru düzenli olarak artış göstermektedir. Havza genelinde en

sıcak ay temmuz en soğuk ay ocaktır. Yaz ile kış sıcaklıkları arasındaki fark 20°C'ye kadar ulaşmaktadır. Kışın 6°C - 8°C izotermi, yazın da 26°C - 28°C izotermi havzayı keser.

En az yağış ağustos, en çok da aralık ayında görülmektedir. Yukarı Sakarya ve Ankara Çayı Havzaları, yıllık ortalama yağış yüksekliği 400 mm civarında olan kurak havzalardır. Aşağı Sakarya Havzasında ise yıllık ortalama yağış yüksekliği 800 mm'yi aşar. Tüm havzada 500 mm civarında olan yıllık yağış ortalaması, Türkiye ortalamasından daha azdır. Özellikle Yukarı Sakarya, Porsuk ve Ankara Çayı Havzalarında yağış kar şeklinde görülür. Orta Sakarya Havzasında iklim genelde sert, Sakarya nehrinin geçtiği vadide ise ılıktır. Aşağı Sakarya havzasında yer alan Mudurnu Çayı havzası kışları soğuk, yazları serin geçen yağışı bol bir yöredir.

Yıllık ortalama buharlaşma miktarı tüm havza için 1200 mm civarındadır. Mayıs - eylül ayları arasında aylık ortalama buharlaşma 120 mm'dir. Ortalama yağış değerleri ile ortalama buharlaşma değerleri karşılaştırıldığında genelde buharlaşmanın yağıştan fazla olduğu görülmektedir [13]. Bağıl nem oranı ise menbadan mansaba doğru artarak, en az % 40'dan en çok % 80'e ulaşır. Havza genelinde ise bu oran % 70'dir.

4.4 Hidroloji

Türkiye'de akarsu hidrolojik gözlem istasyonları Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından işletilmektedir. Havzada halihazırda kullanılan istasyon sayısı 21'dir. Bunlardan sadece 2 istasyona ait 42 yıllık kayıt bulunmakta, diğerlerinde ise genellikle 20 yıllık kayıtlara rastlanmaktadır. Bunların haricinde havzada kayıt süreleri 20 yıldan az olan ve DSİ tarafından işletilen istasyonlar da yer almaktadır.

Tablo 4.1'de havzaların karakteristik gözlem istasyonları, bunlara ait yağış alanı, gözlem aralığı, kayıt süresi ve bu süre içindeki ortalama debiler verilmektedir. Bu verilere göre Sakarya'nın Karadeniz'e boşalttığı su miktarı ortalama 200 m³/sn'ye ulaşmaktadır. Yıllık debi kayıtları incelendiğinde akımda büyük mevsimlik değişimler olduğu göze çarpmaktadır. Bu nedenle akım değerlendirmesi yapılırken çeşitli etkenler gözönünde tutulmalıdır. Sulama ve diğer amaçlarla nehirden su çekilmesi ve nehir kolları üzerindeki regülatörlerin yaptığı düzenlemeler doğal akımları bir miktar etkilemektedir. Ayrıca Porsuk, Sarıyar ve Gökçekaya barajları gibi büyük kapasiteli barajların sadece kendi amaçları doğrultusunda işletilmeleri akım değişimlerini arttırmaktadır [12].

Tablo 4.1 Sakarya Havzası Hidrolojik Gözlem İstasyonları

Alt Havza	İstasyon No	İstasyon Adı	Kot (m)	Gözlem Aralığı	Kayıt Süresi	Yağış Alanı (km ²)	Ortalama Debi (m ³ /s)
Yukarı Sakarya	1223	Seydisuyu	895	1952–1982	21	1608,4	2,45
	1224	Aktaş	837	1952–1982	20	4298,0	8,64
	1241	Kavuncu	702	1959–1982	20	14243,6	29,12
Porsuk	1203	Beşdeğirmen	855	1935–1982	42	3938,4	9,37
	1248	Eskişehir	790	1969–1982	10	6340,0	6,20
	1212	Sazılar	680	1943–1982	21	10822,0	15,96
Ankara	1247	Çiftlik	840	1969–1982	-	2695,2	-
	1216	Zir, Ovaçayı	780	1952–1982	21	1539,2	5,81
	1226	Meşecik	635	1953–1982	20	7140,0	13,09
Orta Sakarya	1242	Kargı	495	1959–1982	22	33847,2	58,22
	1218	Yenice	239	1963–1982	17	43362,4	94,99
	1206	Hamitabat		1937–1982	-	-	-
	1233	Aladağ Çayı, Karaköy	512	1958–1982	20	1984,8	16,40
	1245	Kirmir Çayı Taksir K.	490	1961–1982	12	3941,6	19,99
Karasu	1249	Vezirhan	155	1972–1982	10	1180,0	4,14
Göksu	1222	Kocası	196	1952–1982	30	2016,6	19,22
Mudurnu	1237	Dokurcun	286	1955–1982	26	1072,4	8,12
	1219	Dinsiz Çayı	26	1954–1982	12	410,8	7,23
Çark	1235	Beşköprüler	32	1954–1982	-	251,2	-
Aşağı	1221	Doğançay	41	1952–1982	30	52531,6	137,20
Sakarya	1243	Botbaşı	8	1960–1982	22	55321,6	192,08

4.5 Nüfus ve Sosyoekonomik Yapı

Sakarya Havzasında Türkiye nüfusunun yaklaşık % 10'unun (5.000.000 kişi) yaşadığı 5 önemli kentimiz olan Ankara, Kütahya, Eskişehir, Bilecik ve Adapazarı yer almaktadır. Bunların haricinde havzanın belli kısımları Bolu, Bursa ve Afyonkarahisar kentlerinin sınırları içindedir. Alt havzalar bazında ayrılmış tüm yerleşim birimlerinin 2000 yılı nüfusları Tablo 4.2'de verilmektedir.

Havzanın büyük kentleri aynı zamanda da endüstriyel merkezlerdir. Bu endüstrileşme hareketleri de kırsal nüfusu çeken önemli bir etmendir. Ancak herşeye rağmen nüfusun önemli bir kısmının halen tarımla uğraştığı söylenebilir. Şekil'de havzadaki endüstriyel ve tarımsal alanlar gösterilmektedir.

Havzada tarımsal etkinliklerin endüstriler kadar önemli olduğu söylenebilir. Etkin ürünler şekerpancarı, baklagiller, meyve ve sebzelerdir. Havzanın en önemli su potansiyeli yılda 120 milyon m³ su kapasitesi olan Sapanca gölüdür. Göl havzasında yerleşimler çok sayıda köyden ve göl kenarında yer alan kırsal düzenli yapılardan oluşmaktadır. Buranın nüfus yoğunluğu özellikle yaz aylarında turistik tesisler nedeniyle artmaktadır [14].

Tablo 4.2 Sakarya Nehri Havzasında 2000 Yılı Nüfus Dağılımı [15]

Alt Havza	Yerleşimler	Nüfus (2000)		
		Toplam	Şehir	Köy
Yukarı Sakarya	Seyitgazi	21701	3281	18420
	Mahmudiye	10132	5141	4991
	Çifteler	18545	11883	6662
	Emirdağ	47396	20508	26888
	Sivrihisar	31583	10574	21009
	Toplam	129357	51387	77970
Porsuk	Altıntaş	25271	6375	18896
	Kütahya	207905	166665	41240
	Eskişehir	519602	482793	36809
	Mihalıççık	18696	4706	13990
	Toplam	771474	660539	110935
Ankara	Çubuk	75119	46605	28514
	Altındağ	407101	400023	7078
	Ayaş	21239	7839	13400
	Çankaya	769331	758490	10841
	Elmadağ	43374	22518	20856
	Kızılcahamam	33623	16195	17428
	Polatlı	116400	79992	36408
	Yenimahalle	553344	534109	19235
	Toplam	2019531	1865771	153760
Orta Sakarya	Beypazarı	51841	34441	17400
	Nallıhan	40677	17181	23496
	Sarıcakaya	14968	7942	7026
	Gölpazarı	13617	7002	6615
	Osmaneli	21070	12814	8256
	Geyve	44907	17318	27589
	Toplam	187080	96698	90382
Göynük (Orta Sakarya)	Göynük	18589	4984	13605
	Toplam	18589	4984	13605
Karasu (Orta Sakarya)	Bozüyük	60863	47469	13394
	Söğüt	20974	12644	8330
	Pazaryeri	13296	6659	6637
	Bilecik	52929	34105	18824
	Toplam	148062	100877	47185
Göksu (Orta Sakarya)	İnegöl	186558	105959	80599
	Yenişehir	54835	26068	28767
	Toplam	241393	132027	109366
Mudurnu (Aşağı Sakarya)	Mudurnu	25148	5955	19193
	Akyazı	77536	23192	54344
	Hendek	63703	28537	35166
	Toplam	166387	57684	108703
Çark (Aşağı Sakarya)	Sapanca	36496	21727	14769
	Adapazarı	340825	283752	57073
	Toplam	377321	305479	71842
Aşağı Sakarya	Karasu	54630	24672	29958
	Toplam	54630	24672	29958
Genel Toplam		4113824	3300118	813706

Yukarı Sakarya havzasında büyük yerleşim merkezleri yer almamaktadır. Havzada Kırka yöresinde yer alan bor yataklarının 1975 yılından sonra işletilmeye başlanması nüfus hareketlerini etkilemiştir. Etibank tarafından işletilen bu yatlardan yılda 400.000 ton zenginleştirilmiş bor elde edilmektedir. Porsuk havzasında yoğun endüstriyel etkinlikler mevcuttur. Türkiye'nin en önemli 2 şeker ve gübre fabrikasıyla tekstil ve lokomotif fabrikası havzada yer almaktadır. Ayrıca Eskişehir'de büyük bir organize sanayi bölgesi kurulmuştur. Bu endüstrilerin üretim kategorileri ile ilgili bilgiler Tablo'da özetlenmektedir. Endüstriyel yapıya bağlı olarak havzada en önemli tarım ürününün şeker pancarı olduğu söylenebilir.

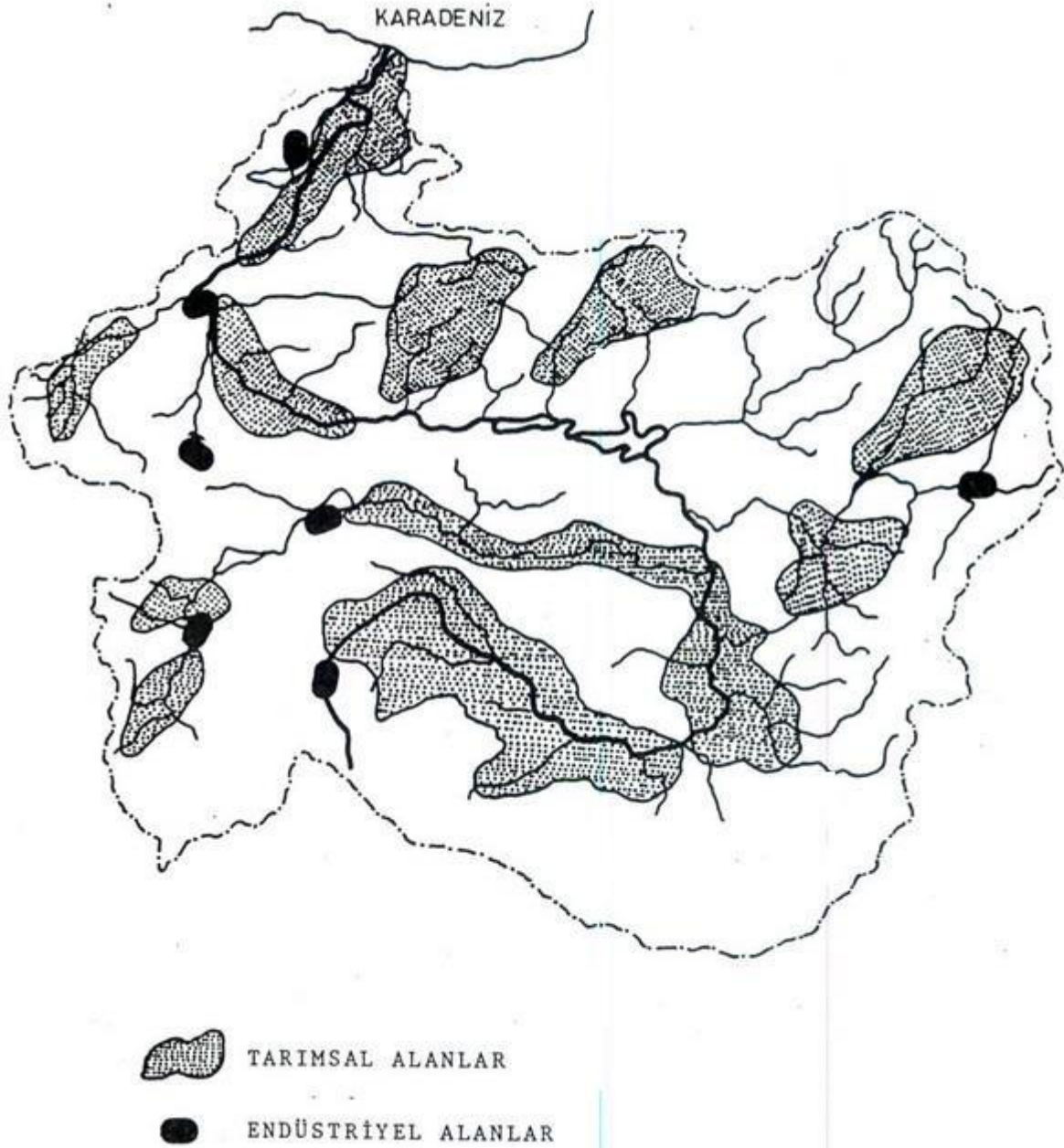
Ayrıca meyve ve sebzecilik de yapılmakta; buğday da önemli ürünler arasında yer almaktadır. Tarımın daha da gelişmesi yapılacak sulama projelerine bağlıdır. Havzada gerek su temini gerekse atıksuların uzaklaştırılmasıyla ilgili büyük sorunlar vardır. Havzada taşkın kontrolü ve sulama amacıyla inşa edilen Porsuk Barajı 1972'den beri işletilmektedir. Ankara Çayı Havzasının önemi Türkiye'nin başşehri Ankara'nın havza içinde olmasından kaynaklanmaktadır. Ankara tüm Anadolu'nun ticaret ve iş merkezidir. Yaşam standartlarının yüksek olması, göç hareketlerinin başlıca nedenidir. Ancak bu yüksek nüfus artışları son yıllarda çözümü için büyük çaba gösterilen altyapı sorunlarını da birlikte getirmiştir. Bölgenin kırsal kesimlerinde pazar olarak Ankara'ya yönelik tarımsal etkinlikler sürmektedir [12]. Göynük, Karasu ve Göksu'yu içeren Orta Sakarya Havzasında dağınık halde kırsal yerleşimler söz konusudur. Bu nedenle yıllar boyunca nüfus artışları gerçekleşmemiştir. En önemli yerleşim ve endüstri merkezi Bilecik kentidir. Bu önem Karasu Havzasının mineral yataklarından kaynaklanmaktadır. Bu kısmi endüstri gelişimi dışında, Orta Sakarya Havzasının ana etkinliği tarımdır ve nüfusun büyük çoğunluğu tarımla uğraşır. Bölgenin uygun iklim koşulları düz yerlerde baklagiller, diğer yerlerde meyve - sebze ağırlıklı tarımsal etkinlikleri desteklemektedir. Havzada sulama projelerinin geliştirilmesi tarıma dayalı üretim potansiyelini de geliştirecektir. Havzanın bir diğer önemli potansiyeli 460 MW kapasiteli Sarıyar ve Gökçekaya barajlarıdır. Sarıyar Barajının işletmeye açılış yılı 1956, Gökçekaya'nın ise 1972'dir. Aşağı Sakarya Havzası, Mudurnu ve Çarksuyunu da kapsamakta olup, gerek meteorolojik koşulların gerekse toprak yapısının uygunluğu nedeniyle tüm havzanın en verimli alt havzasıdır. Bu durum nüfus artışlarına da aynen yansımaktadır. Havzanın en önemli yerleşim ve endüstri merkezi Adapazarıdır. Tablo 4.3'de havzadaki endüstrilerin üretim yapıları özetlenmektedir. Bunların dışında, İstanbul ve İzmit endüstrilerinin bir devamı niteliğinde Çarksuyu havzasında çok sayıda orta boy endüstriler bulunmaktadır. Bunların gelişme nedeni bir yandan kolayca İstanbul pazarına ulaşım diğer yandan da su kaynaklarının bolluğudur. Nitekim Çarksuyu havzasında özellikle çok su kullanan deri endüstrileri ağırlıktadır. Havzanın orman alanlarında da zengin olması, ağaç ve ağaç ürünlerine dayalı endüstrilerin de gelişmesine neden olmuştur. Türkiye'nin önemli şeker fabrikalarından biri ile en büyük lokomotif fabrikasının havzada çok uzun yıllardan beri etkinliğini sürdürmesi endüstriyel gelişimi hızlandırmıştır.

Tablo 4.3 Sakarya Havzası'nda Yer Alan Önemli Endüstriler

Endüstri	Kategori	Alt Havza
Kütahya Şeker Kütahya Mezbaha Kütahya Azot Kümas Sümerbank Basma DDY Vagon Eskişehir Şeker Eskişehir Mezbaha Eskişehir Organize Sanayi	Şeker Mezbaha Gübre Mineral Tekstil Metal Son İşlemleri Şeker Mezbaha Metal Son İşlemleri	Porsuk
Haliser Toprak Seramik Toprak Fayans Toprak Kağıt Eczacıbaşı Vitra Artema Demirdöküm Sümerbank Seramik Söğüt Seramik	Tekstil Seramik Toprak Ürünleri ve Alçı Kağıt Seramik Metal Son İşlemleri Metal Son İşlemleri Seramik Toprak Ürünleri ve Alçı	Karasu
Adapazarı Şeker Adapazarı Vagon Ziraat Aletleri Deri ve Tabaklama Endüstrileri	Şeker Metal Son İşlemleri Metal Son İşlemleri Deri ve Tabaklama	Çarksuyu

4.6 Arazi Kullanımı

Havzada arazi kullanımında tarımın etkinliği toprağın verimliliğinden kaynaklanmaktadır. Ancak bu verimlilik her yerde aynı değildir ve yapılan yarar - maliyet analizlerine göre sulama yapılarak verimin ekonomik olarak arttırılabileceği tarım alanı toplamın % 20'si civarındadır. Bu oranın en yüksek olduğu bölge, daha önce de söz edildiği gibi Adapazarı çevresidir. Sakarya Havzası'ndaki endüstriyel ve tarımsal alanlar Şekil 4.2'de gösterilmektedir.



Şekil 4.2 Sakarya Havzası'ndaki Endüstriyel ve Tarımsal Alanlar

4.7 Su Potansiyeli ve Kullanımı

Havzanın su potansiyelinin kentlere göre dağılımı Tablo 4.4'de verilmektedir [12]. Buna göre toplam su potansiyelinin % 85'i yüzeysel sular, % 15'i yeraltı sularından kaynaklanmaktadır. Yeraltı su potansiyeli havza içindeki ovalarda ortaya çıkmaktadır. Toplam yıllık potansiyeli yaklaşık 295 milyon m³ olan bazı ovalara ait güvenilir yeraltı suyu havzadaki toplam su potansiyelinin % 6'sı kadardır.

Tablo 4.4 Sakarya Havzası Su Potansiyeli ($10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$)

Yerleşim Merkezi	Yüzeysel Su Kaynakları	Yeraltı Su Kaynakları	Toplam
Bilecik	320,0	16,5	336,5
Kütahya	1152,0	711,5	1323,5
Eskişehir	1029,0	362,0	1391,0
Adapazarı	1710,0	103,0	1813,0
Genel Toplam	4211,0	653,0	4864,0

Havzada endüstriyel ve evsel su kullanımları için de büyük bir su potansiyeli mevcuttur. Bunların arasında Sapanca Gölü 120 milyon m^3 su kapasitesi, halihazırda İzmit Körfezi 'nin büyük endüstrileri ile (60 milyon $\text{m}^3/\text{yıl}$) Adapazarı'nın kısmen su ihtiyacını karşılaması (11 milyon $\text{m}^3/\text{yıl}$) daha da önemlisi yakın gelecekte İstanbul'a su verme potansiyeli açısından büyük önem taşımaktadır. Havzanın büyük kentleri halen daha çok yeraltı su kaynaklarını kullanmaktadır. Örneğin Kütahya'nın 3 milyon $\text{m}^3/\text{yıl}$, Eskişehir'in 18 milyon $\text{m}^3/\text{yıl}$ su gereksinimi yeraltı sularıyla karşılanabilmektedir. Ancak Kütahya ve Eskişehir kentlerinin Porsuktan 100 milyon $\text{m}^3/\text{yıl}$ su temini projeleri tamamlanmış ve Kütahya 1988 yılından itibaren Porsuk kaynaklarından su almaya başlamıştır. Ankara kenti ise hem yeraltı su kaynaklarından (42 milyon $\text{m}^3/\text{yıl}$) hem de rezervuarlardan (100 milyon $\text{m}^3/\text{yıl}$) yararlanmaktadır. Kısmen akarsular kullanılsa da, endüstriler su gereksinimlerini halen yeraltı sularından ve Sapanca gölünden karşılamaktadır. Havzada, özellikle yan kollardaki su potansiyeli kirlenme nedeniyle giderek azalmaktadır [16].

4.8 Havzadaki Atıksu Yönetimi

Havzada Ankara, Kütahya, Eskişehir, Bilecik ve Adapazarı illerinin büyük kısımları ve Bolu, Bursa, Afyon'un bir kısmı yerleşim merkezlerini oluşturmaktadır. Bu yerleşimlerdeki atıksu yönetimi ve atıksularını deşarj ettikleri su yapıları Devlet İstatistik Enstitüsü'nün 2003 yılında yaptığı anketlerin sonucu olarak Ek A'da verilmektedir. Ayrıca yerleşimlerdeki 2003 yılı itibarıyla mevcut atıksu arıtma tesisi durumları da Ek A'da verilmektedir. Yerleşimlerdeki atıksu arıtmaları fiziksel ve biyolojik arıtma tesisleriyle yapılmaktadır. Bu tesislerde azot ve fosfor giderimi sağlanamadığı için yerleşimlerden gelen azot ve fosfor yüklerinin hesabında atıksuyun içindeki değerler kullanılmıştır.

5 SAKARYA HAVZASI'NDAKİ KİRLETİCİ KAYNAKLAR

Bu bölümde Sakarya Havzası'nda yer alan tüm atık kaynakları değerlendirilerek, bunlara ait kirlenme yükleri belirlenmiştir. Böylece havzadaki kara kökenli kirlenmenin boyutu ve yapısal özellikleri ortaya çıkartılmıştır. DSİ'den alınmış Sakarya Havzası'nın genel haritası Ek B'de verilmektedir. Fakat havzalarla ilgili çok detay bilgiler bulunmamaktadır. Bu nedenle ampirik formüller ve genel bilgiler değerlendirilmiştir. İlçe bazında nüfuslar 2000 yılı sayım sonuçlarından alınmıştır.

Bir su havzasında kara kökenli kirlenme kaynakları, atıklarını boşaltım düzenine göre noktasal kaynaklar ve yayılı kaynaklar şeklinde ikiye ayırmak sistematik bir inceleme için gereklidir. Bu ayırım, kirlenme kontrolü çalışmalarında önerilen çözüm seçeneklerinin her iki grup için çok farklı olmasından da kaynaklanmaktadır.

Havzada noktasal kirlenme kaynakları yerleşim merkezleri ile endüstrilerdir.

Yerleşim merkezlerinin başlıcaları,

- Porsuk Havzasında Kütahya ve Eskişehir
- Ankaraçayı Havzasında Ankara
- Karasu Havzasında Bilecik
- Çarksuyu Havzasında Adapazarı

olup, atıksularını yan kollara boşaltmaktadırlar. Bu merkezlerin atıksularının karakterizasyonu için düzenli ölçüm ve analizler yapılmamıştır. Bu nedenle kirlenme yüklerinin belirlenmesinde yurdumuz ve diğer ülkelere ait literatür değerlerinden yararlanılmıştır. Kirlenme yüklerinin hesabında Tablo 5.1 ve Tablo 5.2'deki birim değerlerin kullanılmasına karar verilmiştir. Tablolarda birim atıksu hacminin 200 l/N-gün olduğu kabul edilmiştir [17].

Tablo 5.1 Yerleşim Merkezleri Atıksu Karakteri (Yük bazında, g/kişi-gün)

BOİ ₅	TAM	Org-N	NH ₃ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	Org -P	İnorg -P
45	70	2	4	0	0	0,5	1,0

Tablo 5.2 Yerleşim Merkezleri Atıksu Karakteri (Konsantrasyon bazında, mg/l)

BOİ ₅	TAM	Org-N	NH ₃ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	Org -P	İnorg -P
225	350	10	20	0	0	2,5	5,0

Havzada diğ er önemli noktasal kirletici kaynak, t m havzaya yayılmış endüstrilerdir. Bunların hemen tamamı atıksularını hiçbir arıtmadan geçirmeksizin doğrudan akarsuya boşaltmaktadır. Endüstriyel kirletici kaynakların atıksu karakterizasyonu için, 1984 – 1986 yılları arasında DSİ tarafından gerçekleştirilen anket çalışmaları ile deşarjlarda yapılan sistematik ölçüm ve analizlerden yararlanılmıştır. Atıksu karakterizasyonu sonucunda endüstrilerin kirlenme yükleri saptanmıştır.

Havzadaki yayılı kaynaklar

- Yağış sonucu yerleşim veya yerleşim dışı bölgelerde oluşan yüzeysel akış ve drenaj suları
- Sulamadan kaynaklanan yüzey ve drenaj suları
- Yeraltı suları

olarak sıralanabilir. Bu kaynaklarla ilgili sistematik ölçüm ve analiz yapılmamıştır. Ancak literatür değ erlerinden, arazi kullanımına bağlı olarak yayılı kaynaklara ait önemli kirletici parametrelerin hesaplanmış birim yükleri Tablo 5.3'de verilmektedir [23,24]. İlçe bazında tarım alanlarını hesaplayabilmek için internetteki il e bilgilerinden faydalanılmıştır.

Tablo 5.3 Birim Drenaj Suyu Yükleri (kg/ha.gün)

	Yerleşim Bölgeleri	Tarım Alanları	Diğ�er
BOİ	0,160	0,0060	0,0030
N	0,012	0,0050	0,0025
P	0,003	0,0003	0,0002

5.1 Yukarı Sakarya Havzasında Kirlenme Yükleri

Yukarı Sakarya Havzası incelenirken bu havzanın alt havzaları olarak Yukarı Sakarya, Porsuk  ayı ve Ankara  ayı havzaları tek tek değ erlendirilerek kirlenme yükleri belirlenmiştir.

5.1.1 Yukarı Sakarya Havzasındaki Endüstriler

5.1.1.1 Yukarı Sakarya Havzasındaki Endüstriler

- Etibank Boraks İşletmesi

Genel Bilgi

1970 yılında Kırka bucağında araştırmalara başlanmış, pilot tesis aşamasından sonra 1975 yılında işletmeye açılmıştır. Açık işletme yöntemi ile yılda 60.000 ton cevher çıkartılmakta ve konsantratör tesislerinde zenginleştirilerek yılda 400.000 ton konsantre tınkal üretilmektedir.

Etibank Boraks İşletmesi kirlenme açısından "mineral işletmeleri" kategorisinde yer almaktadır.

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Etibank Boraks İşletmesinde yıkama ve diğer gereksinimler için kullanılan su, artezyen kuyudan sağlanmakta olup, ortalama 70 m³/saat su tüketilmektedir. İkinci bir artezyen kuyu da devreye girmiştir. Cevher zenginleştirme işlemi sonucunda işletmede yılda 200.000 ton killi madde içeren atıksu oluşmakta ve bu atıksu 1970 yılında Etibank ile DSİ arasında imzalanan bir protokolle bir atık madde göletinde biriktirilmektedir. DSİ tarafından yapılmı gerçekleştirilen üç kademeli kapalı baraj şeklindeki atık göletine atık sular borularla ulaşmakta, üçüncü gölette toplanan ve önemli miktarda bor içeren sular buradan tekrar işletmeye geri pompalanmaktadır. Gölette biriken posalar bir drenaj kanalı ile zaman zaman Ağzıkara deresinin geçtiği araziye boşaltılmaktadır. Etibank Boraks Fabrikasının atıksularının deşarj edildiği sularda oluşan bor konsantrasyonları Tablo 5.4'de verilmektedir.

Tablo 5.4 Etibank Boraks İşletmesi Atıksularının Alıcı Ortama Etkisi

Örnekleme Noktası	Olasılık		
	% 10 (mg/l)	% 50 (mg/l)	% 90 (mg/l)
Ağzıkara	3,35	4,6	6,2
Lepçek	36,3	55,0	82,0
Kırka Köprüsü	3,8	9,13	22,0
Numanoluk	1,55	3,38	7,4
Akin	1,4	2,4	4,1
Kozyaka	0,97	2,43	6,0

5.1.1.2 Porsuk Çayı Havzasındaki Endüstriler

Porsuk Çayı Havzası'ndaki Endüstriler Şekil 5.1'de gösterilmektedir.

- **Kütahya Şeker Fabrikası**

Genel Bilgi

1954 yılından beri üretimde bulunan Kütahya Şeker Fabrikası şeker pancarı işleyen entegre bir şeker üretim tesisidir. Üretimden kaynaklanan atıksularını Porsuk çayına boşaltan fabrika Porsuk Çayının yaklaşık 85.km'sinde yer almaktadır. Kütahya Şeker Fabrikası Türkiye'de uygulanan standartlaşmış şeker üretim teknolojisi ile çalışmaktadır. Ana ürün beyaz şeker, alt ürünleri ise melas ve melaslı kuru küspedir [18].

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Tesiste kullanılan suyun bir kısmı kuyulardan, bir kısmı ise DSİ sulama kanalından sağlanmaktadır. Kuyudan çekilen su 5000 m³/gün, sulama kanalından çekilen ise 65.000

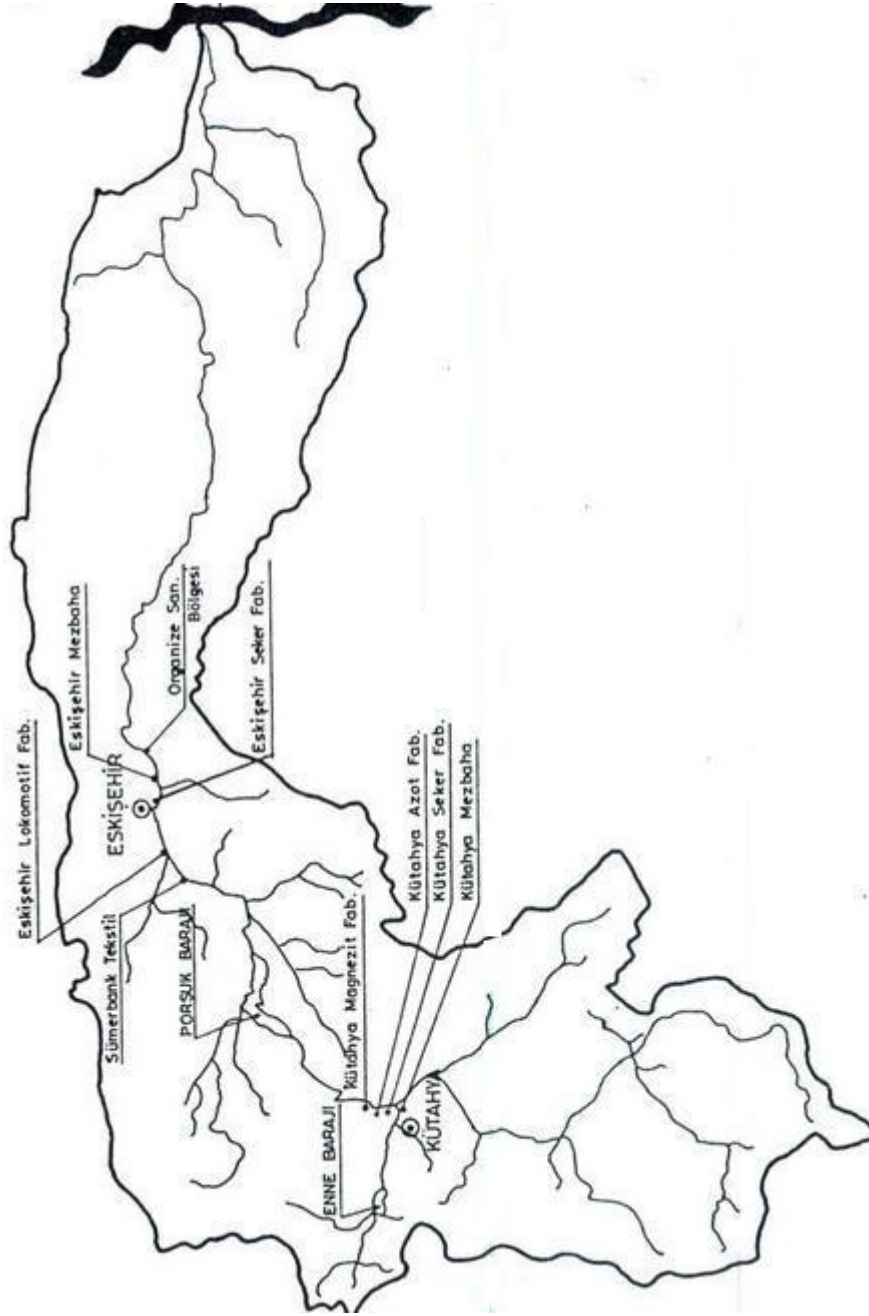
m³/gün'dür. Toplam 70.000 m³/gün olan suyun 65.000 m³/gün'lük kısmı proseste, 3000 m³/gün'lük miktar türbin ve pompa soğutma suyu olarak, geri kalan 2000 m³/gün'lük kısmı ise evsel nitelikli kullanma suyu olarak kullanılmaktadır.

Pancar yıkama ve yüzdürme sularından oluşan deşarj 3500 m³/ton'dur. Bu işlem için gerekli miktar genelde 100 ton pancara 1000 m³ atıksu kadardır. Soğutma kulesinden atılan miktar ise 3000 m³/gün'dür. Evsel nitelikli atıksu miktarı ise 200 m³/gün'dür.

Fabrika atıksularının değerlendirilmesinin yapılarak kirlenme profilinin belirlenebilmesi için gereken sürekli ölçümler mevcut değildir. Ancak fabrikanın kendi yaptığı ölçümler ve belirlediği parametreler Tablo 5.5'de verilmektedir.

Tablo 5.5 Kütahya Şeker Fabrikası Atıksu Karakteristikleri

Parametre	Numune Sayısı	Deney Sonuçları			Numune Sayısı	Deney Sonuçları			Numune Sayısı	Deney Sonuçları		
		Haziran 78-Eylül 79 Pancar Yıkama				Haziran 78-Eylül 79 Çamur				Haziran 78-Eylül 79 Deşarj Kanalı		
	n	min.	ort.	max.	n	min.	ort.	max.	n	min.	ort.	max.
Q (m³/s)	2	0,23	0,24	0,26	2	0,13	0,18	0,22	2	0,18	0,26	0,34
T (°C)	2	22	23	24	2	24	26	28	2	11,5	21	30
pH	2	7,7	8,0	8,3	2	7,1	7,8	8,4	2	7,3	7,5	7,6
ÇO (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BOİ ₅ (mg/l)	2	45	389	733	2	270	835	1400	2	170	290	410
KOİ (mg/l)	2	176	1128	2080	2	560	1120	1680	1	-	280	-
NH ₃ -N (mg/l)	2	5,5	5,9	6,4	1	-	5,5	-	1	-	4,8	-
NO ₂ -N (mg/l)	2	0,04	0,05	0,06	1	-	0,02	-	1	-	0,44	-
NO ₃ -N (mg/l)	2	0,85	1,10	1,35	1	-	0,6	-	1	-	1,5	-
o -PO ₄ (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAM (mg/l)	1	-	4250	-	2	882	2420	3958	1	-	216	-
TÇM (mg/l)	2	650	2450	4250	2	418	430	442	2	508	546	584



Şekil 5.1 Porsuk Çayı Havzası ve Endüstriler

- **Kütahya Mezbahası**

Genel Bilgi

Kütahya kentinin et ihtiyacını karşılamak üzere Porsuk Çayının yaklaşık 87.km'sinde kurulmuş olan Kütahya mezbahası halen atıklarını akarsuya deşarj etmektedir. Burada her gün sabahın erken saatlerinde başlayan kesim işlemi öğleden sonra da devam etmektedir. Sığır, buzağı, koyun gibi hem büyükbaş hem de küçükbaş hayvanların kesiminin yapıldığı tesis basit belediye mezbahasıdır. Kütahya mezbahası basit mezbaha sınıfında bulunmakta olup ana prosesleri hayvan barındırma, kesme, deri yüzme, sakatat ayırma; ürünleri ise

karkas, kan, sakatat, kıl ve deridir. Üretim düzeni ve proses açısından küçük tesis sınıfına girmektedir.

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Mezbahada yapılan işlemler sırasında gerekli olan suyun tümü kuyulardan sağlanmaktadır. Anketteki bilgilere göre günlük su tüketimi 28 m³tür. Suyun dağılımı ise 20 m³/gün proses suyu, 3 m³/gün kazan suyu, 3 m³/gün soğutma suyu, 2 m³/gün diğer kullanımlar içindir. Atıksu miktarı ise 30 m³/gün olarak verilmektedir. DSİ'nin yürüttüğü çalışma sonucu belirlenen atıksu karakteristiği Tablo 5.6'da verilmektedir. DSİ raporuna göre günlük su ihtiyacı 16 m³/gün'dür. Bu miktar endüstrinin 1 m³/saat su tüketimi ve 8 saat üretim yapması kabulü ile bulunmaktadır. Literatür değerinde su kullanımı endüstride işlenen bir ton hayvan başına 7 – 33 m³tür (ortalama 16 m³). Et ürünleri endüstrisi atıksularındaki kirliliğin belirlenmesi aşamasında kalite ölçütlerine baz oluşturacak esas parametrelerin seçimi BOİ₅, TAM, yağ ve gres, KOİ, azot ve fosfor olarak saptanmaktadır [12].

Tablo 5.6 Kütahya Mezbahası Atıksu Karakteristikleri

Parametre	Numune Sayısı (n)	Deney Sonuçları			Numune Sayısı (n)	Deney Sonuçları		
		Haziran 78 - Temmuz 79				Mayıs 85 - Kasım 85		
		min.	ort.	max.		min.	ort.	max.
Q (m³/S)	1	-	0,005	-	-	-	-	-
T (°C)	1	-	17	-	5	12,4	14,7	16,8
pH	-	-	-	-	5	7,2	7,7	8,0
ÇO (mg/l)	-	-	-	-	5	0,0	0,0	0,0
BOİ ₅ (mg/l)	2	1000	1400	1800	5	370	750	1200
KOİ (mg/l)	2	1400	1600	1800	5	620	1200	1900
NH ₃ -N (mg/l)	-	-	-	-	4	4,3	10,6	19,0
NO ₂ -N (mg/l)	-	-	-	-	4	0,03	0,06	0,13
NO ₃ -N (mg/l)	-	-	-	-	4	1,8	3,6	4,6
O-PO ₄ (mg/l)	-	-	-	-	5	7,8	15,0	22,0
TAM (mg/l)	-	-	-	-	5	736	1010	1470
TÇM (mg/l)	-	-	-	-	5	732	1000	1450

- **Kütahya Azot Sanayi**

Genel Bilgi

1962 yılında bir kamu kuruluşu olan Azot Sanayi A.Ş. tarafından işletmeye açılan Kütahya Azot Sanayi 1964'de yılda 50.000 ton amonyum nitrat (% 20,5 N) ve 60.000 ton amonyum sülfat (% 21 N) ile tam kapasite üretime başlamıştır. Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı gereğince 338.500 ton/yıl amonyum nitrat (% 26 N) üretebilecek kapasiteye genişletilmiştir. Porsuk Çayının yaklaşık 90.km'sinde yer alan bu işletme atıksularını durultma havuzlarında dinlendirdikten sonra Porsuk Çayına deşarj etmektedir [19]. Kütahya Azot Fabrikası, Azotlu

Gübre Üretim Sanayinin amonyak, amonyum nitrat, nitrik asit ve amonyum sülfat altkategorilerinde yer almaktadır.

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Azot endüstrisinde su, başlıca makinaları soğutmada, buhar ve gaz yapımında kullanılmaktadır. Amonyak altkategorisinde proses için buhar üretimi, ısı değiştiriciden buhar eldesi ve kompresör soğutma suları önemli su kullanımlarını oluşturmaktadır. Nitrik asit üretiminde amonyak oksidasyonundan oluşan ısıdan buhar eldesinde, absorpsiyon ünitesinde proses suyu ile soğutma suyu gerekmektedir.

Kütahya Azot Fabrikasında pompajla kuyulardan temin edilen su, saatte 1300 m³, deşarj edilen ise 600 m³'tür. Fabrikanın atıksuları kirlilik yönünden iki grupta incelenmektedir.

1. Gaz ve kömür işletmelerinden kaynaklanan atıksular
2. Asit ve tuzlar işletmesinden kaynaklanan atıksular

Gaz ve kömür işletmelerinin atıksuları esasen kömür tozları ve diğer tortu maddeleri ile düşük miktarda azotlu bileşikler içerir. Asit ve tuzlar işletmesinden gelen atıksular amonyak, nitrit ve nitrat bileşiklerini içermektedirler. Azot fabrikaları atıksuları genellikle bazik karakterli olup azot bileşikler içerir. Ancak azotlu gübre atıksularındaki azot bileşikler arasında yapı olarak önemli farklar vardır. Amonyak sentezi atıksularında amonyak, amonyum nitrat üretimi atıksularında ise amonyakla beraber nitrat da bulunmaktadır. Amonyum sülfat üretiminden gelen atıksular ise ayrı olarak ele alınmaktadır. Kütahya Azot Fabrikasının anketinde ana üretim kategorisini karakterize eden parametrelerin amonyak, nitrit ve nitrat olduğu belirtilmektedir.

Fabrikanın en önemli kirlenici kaynağı olan toplam azot konsantrasyonunun literatür değerlerinin alt sınırında kaldığı, yük olarak ise literatür değerlerine ulaşmadığı gözlenmektedir. Tablo 5.7'de verilen DSİ'nin 1985 yılında fabrikanın A ve B olarak kodlanan iki ayrı deşarj kanalı atıksuyunda yapmış olduğu deneysel çalışma sonucu toplam azot ve KOİ konsantrasyonu fabrika tarafından yapılan ölçüm sonuçları ile birbirine çok yakındır. Fabrikanın vermiş olduğu kimyasal analizlerde toplam 421 mg/l azotlu bileşiğin 200 – 250 l/s.debi ile Porsuk'a karıştığı belirtilmektedir. Bu değer yük bazında saniyede 80 – 100 g, günde ise yaklaşık 7.000 – 8.000 kg azot yükü eşdeğeridir.

Tablo 5.7 Kütahya Azot Fabrikası Karakteristikleri

Parametre	Numune Sayısı	Deney Sonuçları Haziran 78 - Eylül 79			Numune Sayısı	Deney Sonuçları (A Kanalı) Mayıs 85 - Kasım 85			Deney Sonuçları (B Kanalı) Mayıs 85 - Kasım 85		
		min.	ort.	max.		min.	ort.	max.	min.	ort.	max.
Q (m ³ /S)	9	0,15	0,22	0,34	7	0,022	0,03	0,036	0,17	0,2	0,24
T (°C)	9	20	24	26	7	23,5	24,5	25,5	23,5	24	24,7
pH	10	7,7	8,3	9	7	8,0	8,4	8,5	7,4	8,4	9,4
ÇO (mg/l)	-	-	-	-	-	0,0	5,0	9,3	7,0	5,0	9,5
BOİ ₅ (mg/l)	10	16	42	80	7	12	22	40	14,5	30	50
KOİ (mg/l)	10	48	85	176	7	20	30	50	25	40	50
NH ₃ -N (mg/l)	10	72	169	238	7	80	100	200	160	312	750
NO ₂ -N (mg/l)	10	11,4	15,2	25	7	2,3	6,0	11,3	3,8	4,8	6,0
NO ₃ -N (mg/l)	10	42	71	119	7	3,8	6,2	10,0	35	90	124
TKN (mg/l)	-	-	-	-	7	112	140,4	212,8	134,4	342,4	840
O-PO ₄ (mg/l)	-	-	-	-	7	0,03	0,2	0,4	0,6	0,8	1,1
TAM (mg/l)	10	150	1500	5900	7	55	216	374	29	200	410
TÇM (mg/l)	9	700	1400	2200	7	780	880	930	1200	2200	4700

- **Eskişehir Sümerbank Basma Fabrikası**

Genel Bilgi

Sümerbank Basma Fabrikası dokuma eldesinde pamuk ve viskon polyester kullanılan ana üretim ve faaliyet alanı pamuklu dokuma ve basma olan bir tesistir. Eskişehir girişinde Porsuk nehrinin yaklaşık 190.km'sinde yer alan ve atıksularını nehre deşarj etmekte olan bu tesiste günde yaklaşık 30 ton üretim yapılmaktadır. Basma fabrikasında kendi üretiminden başka diğer fabrikalarda dokunmuş ürünler de işlenmektedir. Sümerbank Basma Fabrikasının hammadde, üretim prosesleri ve son ürünleri incelendiğinde "pamuklu dokuma grubu dokunmuş kumaş terbiyesi kompleks işletmeler" altkategorisinde yer aldığı görülmektedir.

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Tekstil endüstrisi, su kullanımının görece olarak fazla olduğu bir endüstri dalıdır. Sümerbank Basma Fabrikasında kuyulardan sağlanmakta olan gerekli miktar günde 5.000 m³'tür. Günlük ortalama su dağılımı ise 4.150 m³ proses suyu, 500 m³ evsel kullanım, 350 m³ kazan suyu şeklindedir.

Tekstil atıksuları genelde gri renkli veya boyamada kullanılan esas boyanın rengindedir. Atıksular kirlilik yoğunluğu ve hacim yönünden ekstrem değerler gösterdikleri gibi bazı durumlarda toksik bileşikler de içerirler. Kirlenici kaynaklar elyaftan ekstrakte edilen doğal kirlenicilerle elyaftan işlenmesinde kullanılan kimyasal maddelerden oluşmaktadır. Atıksuyun miktarı ve kalite parametrelerini, işlenen elyaftan cinsi, tüm prosesi kapsayan temel işlemler, proseslerde kullanılan kimyasal maddeler ve tesis içi kontrollerin uygulanma derecesi gibi

dört temel unsur belirler. Ancak endüstri bazında ele alındığında BOİ, toplam çözünmüş madde, alkalinite, sıcaklık ve renk parametrelerinin yüksek miktarda olduğu gözlenmektedir.

Sümerbank Basma Fabrikasında tesisten çıkan atıksu miktarları günde 4.150 m³ proses atıksuyu, 500 m³ evsel atıksu ve 50 m³ sürekli ortalama debi şeklindedir. Bunlardan başka kazanlardan 3 m³/10 dakika, su hazırlama ünitelerinden 60 m³/4 saat gibi kesikli deşarjlar yapılmaktadır [12].

Eskişehir Sümerbank Basma Fabrikasında proje çerçevesinde İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü ile DSİ'nin ortak yürüttüğü çalışmalar sonucu elde edilen ölçümler Tablo 5.8'de verilmektedir.

Tablo 5.8 Sümerbank Basma Fabrikası Atıksu Karakteristikleri

Parametre	Numune Sayısı	Deney Sonuçları			Numune Sayısı	Deney Sonuçları		
		Haziran 78 - Eylül 79				Mayıs 85 - Kasım 85		
	(n)	min.	ort.	max.	(n)	min.	ort.	max.
Q (m³/S)	9	0,05	0,08	0,12	7	0,053	0,061	0,121
T (°C)	10	17	28	35	7	25,7	28,6	34
pH	10	8,7	10,2	11,5	7	9,7	11,0	12,2
ÇO (mg/l)	-	-	-	-	7	0,0	0,6	3,9
BOİ ₅ (mg/l)	10	100	230	580	7	93	190	260
KOİ (mg/l)	10	148	480	1056	7	290	380	460
NH ₃ -N (mg/l)	9	0,5	5,1	11,0	7	3,3	5,4	7,5
NO ₂ -N (mg/l)	9	0,14	0,47	0,88	7	0,07	0,17	0,56
NO ₃ -N (mg/l)	6	0,75	2,1	5,0	7	2,5	3,3	4,2
O-PO ₄ (mg/l)	-	-	-	-	7	0,2	0,76	1,94
TAM (mg/l)	10	253	1615	6050	7	185	370	600
TÇM (mg/l)	2	697	834	970	7	1200	1640	1980

- **Eskişehir Lokomotif ve Vagon Fabrikası**

Genel Bilgi

Eskişehir Lokomotif ve Vagon Fabrikası Porsuk nehrinin 192. km'sinde yer almakta olup atıksularını nehre deşarj etmektedir. Bu tesiste üretilmiş metal ve metal alaşımlar hammadde olarak kullanılarak ana üretimde lokomotif ve yük vagonu, alt üretimde IMY makası, kantar, vinç, köprü ve çelik konstrüksiyon üretimi yapılmaktadır. Eskişehir Lokomotif ve Vagon Fabrikası atıksuyu ısıtılardan kaynaklanan ağır metaller, tornahane ve yıkama yerlerinden kaynaklanan yağ içermektedir. Bu nedenle işletme metal son işlem kategorisinin "adi metal, yağlı atıksu, siyanür" altkategorilerinde incelenebilir.

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Bu işletmede kuyudan günde 4.500 m³ su sağlanmaktadır. Suyun işletmedeki dağılımı 120 m³/gün proses, 600 m³/gün kazan, 500 m³/gün soğutma, 1.430 m³/gün evsel ve 1.830 m³/gün diğer amaçlar içindir. Ankette belirlenen atıksu debisi günde 2.400 m³'tür [20].

DSİ tarafından yürütülen çalışmada numuneler yağ ve gresli atölye suları ile evsel nitelikli suları taşıyan 2 no.lu deşarj kanalından ve ısıl işlem, metal kaplama atölye suları ile evsel nitelikli suları taşıyan 3 no.lu deşarj kanalından alınmıştır. DSİ çalışmasına ait veriler Tablo 5.9'da verilmektedir.

Tablo 5.9 Lokomotif ve Vagon Fabrikası Atıksu Karakteristikleri

Parametre	Numune Sayısı	Deney Sonuçları			Numune Sayısı	Deney Sonuçları		
	(n)	Haziran 78 - Eylül 79 2 No.lu Deşarj Çıkışı				Mayıs 85 - Kasım 85 3 No.lu Deşarj Çıkışı		
		min.	ort.	max.	(n)	min.	ort.	max.
Q (m ³ /S)		0,013	0,019	0,025	-	-	0,009	-
T (°C)		18,4	20,8	22,8	7	20,4	22,2	23
pH		7,9	8,0	8,1	7	7,8	8,2	8,9
ÇO (mg/l)		0,0	2,4	7,3	7	4,3	4,8	5,5
BOİ ₅ (mg/l)		37	65	170	7	47	128	260
KOİ (mg/l)		68	170	400	7	100	225	310
NH ₃ -N (mg/l)		3,0	4,0	5,5	7	7,5	9,5	11,0
NO ₂ -N (mg/l)		0,14	0,22	0,38	7	0,12	0,80	2,80
NO ₃ -N (mg/l)		2,4	2,8	3,4	7	2,2	3,3	6,2
O-PO ₄ (mg/l)		0,2	0,6	1,0	7	1,4	2,7	4,8
TAM (mg/l)		60	180	665	7	100	180	290
TÇM (mg/l)		590	620	670	7	714	800	1040

• Eskişehir Şeker Fabrikası

Genel Bilgi

Porsuk Çayının yaklaşık 195. km'sinde yer alan Eskişehir Şeker Fabrikası, şeker pancarı işleyerek toz şeker üretimi yapan bir şeker endüstrisidir. Fabrikada toz şeker üretme tesislerinin yanı sıra melastan ispiro elde etme ünitesi de bulunmaktadır (Taşlı, R. , 1986 a). Eskişehir Şeker Fabrikasında da standartlaşmış şeker üretim teknolojisi uygulandığından tek kategorizasyon çerçevesinde sınıflandırma yapılmıştır. Ana ürün kristal şeker, alt ürün ispiro, yaş pancar küspesi ve melaslı kuru küspedir [18].

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyon

Tesiste üretim sırasında gerek duyulan suyun yaklaşık 2.000 m³/gün'lük kısmı kuyudan, 8.000 m³/gün'lük kısmı ise DSİ sulama kanalından sağlanmaktadır. Hammaddenin fabrikaya girişinden şeker eldesine kadar yapılan işlemler sırasında kullanılan su miktarı günde 8.500 m³'dür. Şeker fabrikalarının atıksularında şeker pancarından kaynaklanan yüksek

konsantrasyonda şeker ile azot ve fosfor bileşiklerine rastlanmaktadır. Bunlardan başka şeker pancarının üzerinde bulunan ve yıkama suyuna geçen toprak ve çamur askıda katı madde oluşturduğundan bulanıklığa neden olmaktadır. Tesislerde soğutma suyu kullanımı nedeniyle sıcaklık kirliliği söz konusu olmaktadır. Tüm bu bilgiler ışığında şeker endüstrisi atıksularında kirlletici parametre olarak bu endüstrinin karakteristiği olan yüksek konsantrasyonda BOI_5 , KOI , askıda katı madde, alkalinite, çözünmüş katılar, azot ve fosfor bileşikleri, toplam ve fekal koliform, sıcaklık, pH sayılabilir. DSİ tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışma sonuçları Tablo 5.10'da verilmektedir.

Tablo 5.10 Eskişehir Şeker Fabrikası Atıksu Karakteristikleri

Parametre	Numune Sayısı	Deney Sonuçları Mayıs 85-Şubat 86 Şlomp			Numune Sayısı	Deney Sonuçları Mayıs 85-Şubat 86 İspirto		
	(n)	min.	ort.	max.	(n)	min.	ort.	max.
Q(m ³ /S)	7	0,052	0,458	0,664	5	0,095	0,142	0,267
T (°C)	10	13	24	35	5	31	35	39
pH	10	7,1	7,6	8,2	5	6,1	6,7	8,2
ÇO(mg/l)	10	0,0	0,0	0,0	5	0,0	0,0	0,0
BOI_5 (mg/l)	10	13	240	540	5	3400	5400	8400
KOI (mg/l)	10	16	425	790	5	1220	6700	8500
NH_3-N (mg/l)	10	0,6	5,8	8,8	3	0,8	17,0	25,0
NO_2-N (mg/l)	10	0,0	0,2	0,5	3	0,2	1,5	2,6
NO_3-N (mg/l)	10	0,0	2,5	5,5	3	3,5	9,0	13
O- PO_4 (mg/l)	10	0,03	0,25	0,4	5	0,03	0,9	2,5
TAM(mg/l)	10	30	1250	2700	5	185	1000	2600
TÇM(mg/l)	10	550	760	980	5	690	6250	10500

- **Eskişehir Mezbahası**

Genel Bilgi

Eskişehir kentinin et ihtiyacını karşılamak üzere Porsuk çayının yaklaşık 196. km'sinde yer alan bu tesis atıksularını nehre deşarj etmektedir. Burada sabahları büyükbaş, öğleden sonra ise küçükbaş hayvan kesimi yapılmaktadır. Kesimden çıkan iç organlar sosaj olarak adlandırılan ve tesisin prosesinde yer alan sucuk, sosis, salam yapımında kullanılmaktadır. Günde ortalama 150 adet küçükbaş hayvanın iç organları bu amaçla işlenmektedir. Eskişehir mezbahasında sosaj üretimi yapıldığından üretim düzeni ve proses açısından "kompleks mezbahalar" sınıfına girmektedir [12].

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Su kullanımı anket çalışmaları sonucunda 32 m³/gün olarak belirlenmiştir. Bu hesaplama için endüstrinin günde 8 saat çalıştığı ve saatte 4 m³ su ihtiyacı olduğu kabulü yapılmıştır. Su kullanımında en çok su tüketilen işlemler kesme ve iç organların çıkarılarak, karkasın

temizlenmesi işlemidir. DSİ tarafından gerçekleştirilen ölçüm sonuçları Tablo 5.11’de yer almaktadır.

Tablo 5.11 Eskişehir Mezbahası Atıksu Karakteristikleri

Parametre	Numune Sayısı	Deney Sonuçları			Numune Sayısı	Deney Sonuçları		
	(n)	min.	ort.	max.		(n)	min.	ort.
Haziran 78 - Temmuz 79								
Q (m³/S)	-	-	-	-	-	-	-	-
T (°C)	8	14	19	22	7	18	19	21
pH	7	6,5	6,8	7,1	7	7,0	7,4	7,7
ÇÖ (mg/l)	-	-	-	-	7	0,0	0,0	0,0
BOİ ₅ (mg/l)	8	3000	4700	7800	7	1430	2220	3450
KOİ (mg/l)	8	5900	9200	13200	7	2060	3720	5400
NH ₃ -N (mg/l)	-	-	-	-	2	14,5	15,8	17
NO ₂ -N (mg/l)	-	-	-	-	2	0,21	0,22	0,23
NO ₃ -N (mg/l)	-	-	-	-	2	3,85	4,40	5,0
O-PO ₄ (mg/l)	-	-	-	-	7	32	77	107
TAM (mg/l)	10	253	1615	6050	7	1590	2900	4525
TÇM (mg/l)	10	0,7	8,8	40,4	7	1585	2850	4380
Mayıs 85 - Kasım 85								

- **Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi**

Genel Bilgi

Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi, Eskişehir’e 10 km uzaklıkta Porsuk Çayı’nın yaklaşık 200. km’sinde geniş bir alana kurulu bulunmaktadır. Metal, gıda, dolgu malzemesi, mobilya üretimi gibi değişik endüstriler olmakla beraber burada bulunan Arçelik Fabrikası’nın atıksu deşarjı toplam deşarjın % 90’ından fazlasını oluşturduğundan bu bölgeyi atıksu debisi olarak egemen olan metal son işlemleri endüstrisi sınıfında tanımlamak uygun bir yaklaşım olmaktadır [21]. Arçelik Fabrikasında ev tipi buzdolabı ve hermetik kompresör üretilmektedir. Yıllık kapasitesi 400.000 adet buzdolabı ve 60.000 adet kompresör olarak belirlenmiştir. Eskişehir Organize Sanayi Bölgesindeki metal endüstrileri ve Arçelik A.Ş., DPT tarafından belirlenen sınıflandırma esasına göre metal son işlemleri kategorisinde yer almaktadır. Arçelik Fabrikası atıksuları metal kaplamadan piklaj işlemi ve boyamaya kadar olan tüm işlemlerden kaynaklandığı için “siyanür, altı değerlikli krom, yağlı atıksu, solvent, kompleks metal ve adi metal” içermekte olup bu altkategorilerin tümünde birden incelenmelidir.

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Tesisteki su kullanımı Organize Sanayi Bölgesinden günde yaklaşık 1.000 m³ olarak sağlanmaktadır. Tank ve kazan yıkama sonucu üretimde ani olarak 5 – 6 ton ilave su kullanımı gerekmektedir.

Endüstrinin atıksu karakterizasyonu, literatür değerleri ve yürütülen çalışmalar değerlendirilerek kullanılan hammadde ve kimyasal maddelerden hareketle kirletic

parametre seçim esaslarına göre yapılmıştır. Bu yaklaşım bazında saptanan parametreler kadmiyum, toplam krom, bakır, kurşun, nikel, çinko, gümüş, TAM, siyanür, florür, toplam fosfor, yağ ve gres, toplam zehirli organik maddeler ve pH'dır. Eskişehir Organize Sanayi bölgesine ait atıksu karakterizasyonu, Tablo 5.12'de verilmektedir.

Tablo 5.12 Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Karakteristikleri

Parametre	Numune Sayısı (n)	Deney Sonuçları Haziran 78 - Eylül 79			Numune Sayısı (n)	Deney Sonuçları Mayıs 85 - Kasım 85		
		min.	ort.	max.		min.	ort.	max.
Q (m ³ /S)	8	0,020	0,025	0,035	7	0,022	0,033	0,044
T (°C)	10	14	16,7	19	7	16	19	21
pH	10	7,2	7,5	7,8	7	7,0	7,9	8,3
ÇO (mg/l)	-	-	-	-	7	0	2,5	7,2
BOİ ₅ (mg/l)	10	6,4	25	100	7	18	55	115
KOİ (mg/l)	10	16	73	240	7	70	120	215
NH ₃ -N (mg/l)	10	0,1	1,7	4,8	7	4,4	8,0	12,5
NO ₂ -N (mg/l)	10	0,2	0,5	0,9	7	0,01	0,3	0,5
NO ₃ -N (mg/l)	6	0,4	1,8	4,2	7	0,5	2,1	4,0
O-PO ₄ (mg/l)	-	-	-	-	7	3,8	27	90
TAM (mg/l)	10	30	179	530	7	60	170	255
TÇM (mg/l)	9	270	561	720	7	700	825	1000

5.1.2 Yukarı Sakarya Havzasındaki Yerleşimlerden Kaynaklanan Yükler

Yukarı Sakarya, Porsuk Çayı ve Ankara Çayı Havzalarındaki yerleşimlerden kaynaklanan yükler Tablo 5.13'de verilmektedir.

Tablo 5.13 Yukarı Sakarya Havzası Yerleşimlerinden Kaynaklanan Kirlетici Yүkler

Yerleşim	Nüfus (kişi)	Debi (m3/gün)	BOİ ₅ (kg/gün)	TAM (kg/gün)	Org-N (kg/gün)	NH ₃ -N (kg/gün)	NO ₃ -N (kg/gün)	NO ₂ -N (kg/gün)	Org-P (kg/gün)	İnorg-P (kg/gün)
Seyitgazi	21701	4340,2	976,545	1519,07	43,402	86,804	0	0	10,8505	21,701
Mahmudiye	10132	2026,4	455,94	709,24	20,264	40,528	0	0	5,066	10,132
Çifteler	18545	3709	834,525	1298,15	37,09	74,18	0	0	9,2725	18,545
Emirdağ	47396	9479,2	2132,82	3317,72	94,792	189,584	0	0	23,698	47,396
Sivrihisar	31583	6316,6	1421,235	2210,81	63,166	126,332	0	0	15,7915	31,583
Toplam	129357	25871,4	5821,065	9054,99	258,714	517,428	0	0	64,6785	129,357
Altıntaş	25271	5054,2	1137,195	1768,97	50,542	101,084	0	0	12,6355	25,271
Kütahya	207905	41581	9355,725	14553,35	415,81	831,62	0	0	103,9525	207,905
Eskişehir	519602	103920,4	23382,09	36372,14	1039,204	2078,408	0	0	259,801	519,602
Mihalıççık	18696	3739,2	841,32	1308,72	37,392	74,784	0	0	9,348	18,696
Toplam	771474	154294,8	34716,33	54003,18	1542,948	3085,896	0	0	385,737	771,474
Çubuk	75119	15023,8	3380,355	5258,33	150,238	300,476	0	0	37,5595	75,119
Altındağ	407101	81420,2	18319,545	28497,07	814,202	1628,404	0	0	203,5505	407,101
Ayaş	21239	4247,8	955,755	1486,73	42,478	84,956	0	0	10,6195	21,239
Çankaya	769331	153866,2	34619,895	53853,17	1538,662	3077,324	0	0	384,6655	769,331
Elmadağ	43374	8674,8	1951,83	3036,18	86,748	173,496	0	0	21,687	43,374
Kızılcahamam	33623	6724,6	1513,035	2353,61	67,246	134,492	0	0	16,8115	33,623
Polatlı	116400	23280	5238	8148	232,8	465,6	0	0	58,2	116,4
Yenimahalle	553344	110668,8	24900,48	38734,08	1106,688	2213,376	0	0	276,672	553,344
Toplam	2019531	403906,2	90878,895	141367,17	4039,062	8078,124	0	0	1009,7655	2019,531

5.1.3 Yukarı Sakarya Havzasındaki Arazi Kullanımı

Yukarı Sakarya, Porsuk Çayı ve Ankara Çayı Havzalarındaki arazi kullanımı Tablo 5.14’de verilmektedir.

Tablo 5.14 Yukarı Sakarya Havzası'nda Arazi Kullanımı

Yerleşim	Tarım Alanı (ha)	Mera-Çayır (ha)	Orman (ha)	Tarım Dışı (ha)	Diğer (ha)	Toplam (ha)
Seyitgazi-	44074			9000	17961	71035
Mahmudiye-67600	43528	12211,3	0,304		11556,7	67296,304
Çifteler-82000	61850		1755			63605
Emirdağ-197640	130500	31089	31984	16347		209920
Sivrihisar-298700	298498,6					298498,6
Toplam	578450,6	43300,3	33739,304	25347	29517,7	710354,904
Altıntaş-90500	39380	17819	26123		7178	90500
Kütahya						0
Eskişehir						0
Mihalıççık-165000	23017		65000	1185		89202
Toplam	62397	17819	91123	1185	7178	179702
Çubuk-124800						0
Altındağ						0
Ayaş						0
Çankaya						0
Elmadağ-57300	18597					18597
Kızılcahamam	21558					21558
Polatlı	213900					213900
Yenimahalle	6450					6450
Toplam	260505					260505

5.1.4 Yukarı Sakarya Havzası Kirlilik Durumu

Sakarya nehrinin kaynağı ile Porsuk çayının Sakarya'ya karıştığı yer arasında kalan havza Yukarı Sakarya Havzası olarak adlandırılmaktadır. En büyük yerleşim alanı Kırka Bucağı olan havzada halk kasaba ve köylerde yaşamaktadır. Yöredeki başlıca uğraş tarımdır.

Yukarı Sakarya havzasında yer alan en önemli kirlenici kaynak Kırka yöresindeki Etibank Boraks İşletmesi ve tarım alanlarından gelen sulardır. Bunlar yayılı kaynak olarak değerlendirilebilir. Yukarı Sakarya Havzasında Kunduzlar ve Kaymaz barajları bulunmaktadır.

Kunduzlar Barajı'na Seyitgazi ilçesinin atıksuları ve drenaj suları gelmektedir. Bu yükler Tablo 5.15'de verilmektedir.

Tablo 5.15 Seyitgazi İlçesi Azot ve Fosfor Yükleri

Yük Kaynağı	İnorganik N (kg/gün)	İnorganik P (kg/gün)
Seyitgazi Atıksuları	86,8	21,7
Seyitgazi Arazi Drenaj Suları	287,8	18,6
Toplam	374,6	40,3

Kunduzlar Barajı'nın alanı 264 ha olup yılda barajın birim alanına düşen toplam azot ve toplam fosfor yükleri sırasıyla 51,8 g N/m².yıl ve 5,6 g P/m².yıl olarak bulunmaktadır. DSİ'nin

2003 senesi içinde Kunduzlar Baraj çıkışında yapmış olduğu ölçümler sonucunda yıllık ortalama toplam inorganik azot konsantrasyonu 0,987 mg/l, yıllık ortalama toplam inorganik fosfor konsantrasyonu 0,09 mg/l ve debi de 1,1 m³/s olarak verilmektedir [25]. Baraja giren ve çıkan azot ve fosfor yükleri değerlendirilirse; barajda azot yükü % 75 ve fosfor yükü % 79 azalmaktadır. Barajdan çıkışta azot yükü 93,8 kg/gün'e ve fosfor yükü 8,6 kg/gün'e düşmektedir.

Kaymaz Barajı'na Sivrihisar ilçesinin atıksuları ve drenaj suları gelmektedir. Bu yükler Tablo 5.16'da verilmektedir.

Tablo 5.16 Sivrihisar İlçesi Azot ve Fosfor Yükleri

Yük Kaynağı	İnorganik N (kg/gün)	İnorganik P (kg/gün)
Sivrihisar Atıksuları	126,3	31,6
Sivrihisar Drenaj Suları	1492,5	89,5
Toplam	1618,8	121,1

Kaymaz Barajı'nın alanı 20 ha olup yılda barajın birim alanına düşen inorganik azot ve inorganik fosfor yükleri sırasıyla 2.954,3 g N/m².yıl ve 221 g P/m².yıl olarak bulunmaktadır. Barajda yine aynı verimler (% 75 azot ve % 79 fosfor) olduğunu kabul edilerek barajdan çıkış yükleri 404,7 kg/gün azot yükü ve 25,4 kg/gün fosfor yükü olarak hesaplanmaktadır.

Yukarı Sakarya Havzasında Kunduzlar Barajı'ndan çıkan yükler, Kaymaz Barajı'ndan çıkan yüklerle ve diğer yerleşimlerin atıksuları ve drenaj suları ile birleşerek alt havzayı terk eder. Yukarı Sakarya Havzasının bu karışımlardan sonra azot ve fosfor yükleri Tablo 5.17'de verilmektedir.

Tablo 5.17 Yukarı Sakarya Havzası Azot ve Fosfor Yükleri

Yük Kaynağı	İnorganik N (kg/gün)	İnorganik P (kg/gün)
Mahmudiye Atıksuları	40,5	10,1
Çifteler Atıksuları	74,2	18,5
Emirdağ Atıksuları	189,6	47,4
Mahmudiye Drenaj Suları	277,1	17,8
Çifteler Drenaj Suları	313,6	18,9
Emirdağ Drenaj Suları	851,1	55,0
Kunduzlar Baraj Çıkışı	93,8	8,6
Kaymaz Baraj Çıkışı	404,7	25,4
Toplam	2244,5	201,8

Kütahya ve Eskişehir'den geçen Porsuk Çayı, kaynaktan Kütahya şehri girişine kadar temizliğini korumaktadır. Ancak kaynağın yaklaşık 80.km'sinde yer alan Kütahya'nın atıksuları ve sırasıyla mezbaha, şeker fabrikası, azot fabrikası ve diğer küçük sanayi kuruluşlarının atıksuları ile birleşen Porsuk Çayı kaynağın yaklaşık 140.km'sinde Porsuk Barajı'na ulaşmaktadır. Baraja girerken azot ve fosfor yükleri Tablo 5.18'de verilmektedir. Barajda bekleme süresi nedeniyle su kalitesinde düzelme olan Porsuk Çayı, Eskişehir girişine kadar aynı kaliteyi korumaktadır. Buradan itibaren sırasıyla Sümerbank Basma

Fabrikası, Eskişehir atıksuları, TCDD Lokomotif ve Motor Sanayi, şeker fabrikası, mezbaha ve Organize Sanayi Bölgesi atıksuları deşarj olmaktadır. Porsuk Çayına, Eskişehir çıkışından Sakarya Nehrine döküldüğü yere kadar sulamadan dönen sular ile küçük yerleşim birimlerinden gelen atıksular dışında kayda değer başka kirletici kaynak karışmamaktadır. Porsuk Barajı'ndan sonra Sakarya'ya karışmadan önce azot ve fosfor yükleri Tablo 5.19'da verilmektedir.

Tablo 5.18 Porsuk Barajı'na Kadar Kirletici Kaynaklardan Gelen Yükler

Yük Kaynağı	İnorganik N (kg/gün)	İnorganik P (kg/gün)
Altıntaş Atıksuları	101,1	25,3
Kütahya Atıksuları	831,6	207,9
Mezbaha Atıksuları	6,2	6,5
Şeker Fabrikası Atıksuları	150,5	5,4
Azot Fabrikası Atıksuları	7320,3	14,3
Altıntaş Drenaj Suları	324,7	22,0
Kütahya Drenaj Suları	4147,8	284,7
Toplam	12882,1	566,1

Porsuk Barajı'nın ölü hacmi 19 hm³, faydalı hacmi 506 hm³ olup toplam depolama hacmi 525 hm³tür. Barajın göl alanı ise 2.340 ha'dır. Buna göre bir yılda barajın birim alanına karışan inorganik azot ve inorganik fosfor yükleri sırasıyla 201 ve 9 g/m².yıl'dır. Bir yılda barajın birim hacmine karışan inorganik azot ve inorganik fosfor yükleri ise sırasıyla 8,95 ve 0,394 g/m³.yıl'dır. DSİ'nin 2003 senesi içinde Porsuk Baraj çıkışında yapmış olduğu ölçümler sonucunda yıllık ortalama toplam inorganik azot konsantrasyonu 1,36 mg/l, yıllık ortalama toplam inorganik fosfor konsantrasyonu 0,58 mg/l ve debi de 5,74 m³/s olarak verilmektedir [25]. Baraja giren ve çıkan azot ve fosfor yükleri değerlendirilirse; barajda azot yükü % 95 ve fosfor yükü % 50 azalmaktadır. Barajdan çıkışta azot yükü 674,8 kg/gün'e ve fosfor yükü 287,7 kg/gün'e düşmektedir.

Tablo 5.19 Porsuk Barajı'ndan Sonra Kirletici Kaynaklardan Gelen Yükler

Yük Kaynağı	İnorganik N (kg/gün)	İnorganik P (kg/gün)
Porsuk Baraj Çıkışı	674,8	287,7
Eskişehir Atıksuları	3117,6	779,4
Mihalıççık Atıksuları	112,2	28,0
Sümerbank Basma Fabrikası Atıksuları	46,8	4,0
Lokomotif Fabrikası Atıksuları	10,6	2,1
Şeker Fabrikası Atıksuları	673,8	20,9
Mezbaha Atıksuları	1,8	6,6
Organize Sanayi Bölgesi Atıksuları	29,7	77,0
Eskişehir Drenaj Suları	4821,4	329,4
Mihalıççık Drenaj Suları	280,5	20,1
Toplam	9769,0	1555,3

Porsuk Barajından sonra hesaplanan yükler Yukarı Sakarya Havzasından gelen yüklerle birleşerek devam etmektedir. Yani Sakarya Nehri'nin karışımından sonra inorganik azot yükü 12.013,5 kg/gün ve inorganik fosfor yükü 1.757,1 kg/gün olmaktadır.

Ankara Çayı Havzasında sadece yerleşimlerin atıksuları ve drenaj sularından kaynaklanan kirlilik yükü söz konusudur ve Tablo 5.20’de verilmiştir.

Tablo 5.20 Ankara Çayı Havzasında Kirletici Kaynaklardan Gelen Yükler

Yük Kaynağı	İnorganik N (kg/gün)	İnorganik P (kg/gün)
Çubuk Atıksuları	300,5	75,1
Altındağ Atıksuları	1628,4	407,1
Ayaş Atıksuları	85,0	21,2
Çankaya Atıksuları	3077,3	769,3
Elmadağ Atıksuları	173,5	43,4
Kızılcahamam Atıksuları	134,5	33,6
Polatlı Atıksuları	465,6	116,4
Yenimahalle Atıksuları	2213,4	553,3
Elmadağ Drenaj Suları	93,0	5,6
Kızılcahamam Drenaj Suları	107,8	6,5
Polatlı Drenaj Suları	1069,5	64,2
Yenimahalle Drenaj Suları	32,3	1,9
Toplam	9380,6	2097,7

Ankara Çayı’nın Sakarya Nehri’ne karıştığı noktadan sonra nehirdeki inorganik azot yükü 21.394,1 kg/gün ve inorganik fosfor yükü 3.854,8 kg/gün olmaktadır.

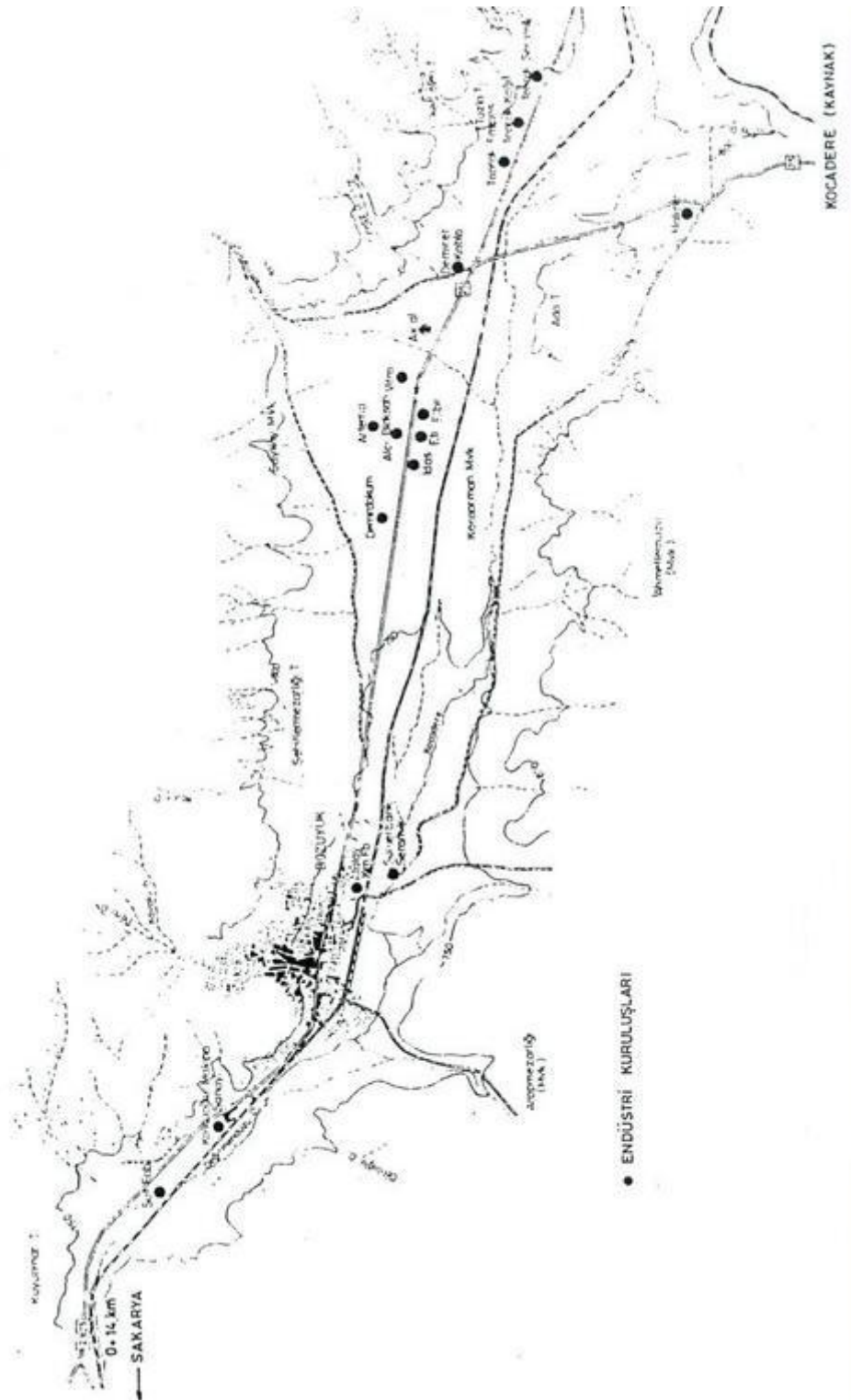
5.2 Orta Sakarya Havzasındaki Kirlenme Yükleri

Orta Sakarya Havzası’ndaki kirlenme yükleri belirlenirken Orta Sakarya, Göynük, Karasu Çayı ve Göksu Havzaları değerlendirilmiştir.

5.2.1 Orta Sakarya Havzasındaki Endüstriler

5.2.1.1 Karasu Çayı Havzasındaki Endüstriler

Karasu Çayı Havzası’ndaki endüstriler Şekil 5.2’de gösterilmektedir.



- **Haliser**

Haliser Fabrikası ile ilgili bilgi olmadığından bu tesisin kapasitesi, üretim faaliyet düzeni ve su kullanımı bilinmemektedir. Ancak DSİ tarafından yürütülen havza kapsamındaki çalışmada Haliser Fabrikası atıksu karakterizasyonu yapılmıştır. Bu çalışmaya ilişkin sonuçlar Tablo 5.21’de verilmektedir.

Tablo 5.21 Haliser Fabrikası Atıksu Karakteristikleri

Parametre	Numune Sayısı	Deney Sonuçları		
		Ocak 85 - Temmuz 86		
	(n)	min.	ort.	max.
Q (m ³ /S)	6	0,001	0,0012	0,003
T (°C)	6	8	15,78	24
pH	6	6,8	7,5	9,1
ÇO (mg/l)	6	-	-	-
BOİ ₅ (mg/l)	6	143	282	510
KOİ (mg/l)	6	280	565	1153
NH ₃ -N (mg/l)	6	5,0	9,43	17,30
NO ₂ -N (mg/l)	6	0,003	0,026	0,092
NO ₃ -N (mg/l)	6	0,15	0,38	0,65
O-PO ₄ (mg/l)	6	0,03	0,37	0,77
TAM (mg/l)	6	0,30	2,0	5,0
TÇM (mg/l)	6	614	763	1051

- **Toprak Grubu Fabrikaları**

Genel Bilgi

Toprak Grubu olarak adlandırılan Toprak Seramik, Toprak Kağıt ve Toprak Fayans fabrikalarından sadece Toprak Kağıt Sanayiine ait bilgi vardır. Ancak DSİ tarafından yürütülen çalışmada yapılan ölçümler üç fabrikanın ortak deşarj kanalından alınan numunelerle gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya ait veriler Tablo 5.22’de verilmektedir [22].

Toprak Kağıt Sanayi

Genel Bilgi

Tesiste yazı tabı kağıdı veya “tissue” kağıdı üretilmektedir. Günde 105 ton, yılda 35000 ton üretim yapılmaktadır. Toprak Kağıt Sanayii “kağıt hamuru ve kağıt üretimi” kategorisi “kağıt üretim” altkategorisinde yer almaktadır.

Tablo 5.22 Toprak Grubu Fabrikaları Atıksu Karakteristikleri

Parametre	Numune Sayısı	Deney Sonuçları		
		Ocak 85 - Ağustos 86		
	(n)	min.	ort.	max.
Q (m ³ /S)	7	0,022	0,032	0,049
T (°C)	7	10,5	17	25
pH	7	8,0	8,21	8,6
ÇO (mg/l)	-	-	-	-
BOİ ₅ (mg/l)	7	54	104	160
KOİ (mg/l)	7	89	146	188
NH ₃ -N (mg/l)	7	3,2	5,61	8,6
NO ₂ -N (mg/l)	7	0,019	0,09	0,215
NO ₃ -N (mg/l)	7	0,35	1,19	2,50
O-PO ₄ (mg/l)	7	0,03	0,06	0,10
TAM (mg/l)	7	15	70,35	175
TÇM (mg/l)	7	747	1009	1283

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Tesisten kuyudan günde 3.200 m³ su temin edilmekte, kaynaklanan atıksu miktarı 28,6 m³/ton-ürün esasına göre toplam 3.000 m³/gün'dür. Kirletici parametrelere ait bilgiler Tablo 5.23'de verilmektedir.

Tablo 5.23 Toprak Kağıt Sanayine Ait Kirletici Parametreler

Parametre	Yük (kg/gün)
BOİ ₅	600
KOİ	1200
TAM	3600

- **Eczacıbaşı Vitra**

Genel Bilgi

Eczacıbaşı Vitra, seramik sanayiinde vitrifiye seramik sağlık gereçleri (lavabo, eviye, klozet v.b.) üreten bir fabrikadır. Tesiste günde 56, yılda 14.000 ton üretim yapılmaktadır [22]. Eczacıbaşı Vitra Seramik Fabrikası, "toprak ürünleri ve alçı üretimi" kategorisinin "seramik sağlık gereçleri üretimi" altkategorisi içinde incelenmektedir.

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Su temini günde yaklaşık 5.000 m³ olarak kuyudan sağlanmaktadır. Ortalama su dağılımı 400 m³/gün proses suyu, 80 m³/gün çamur hazırlama, 14 m³/gün sır hazırlama, 160 m³/gün dökümhane, 6 m³/gün alçı kalıp ve 4 m³/gün diğer gereksinimler içindir. Evsel nitelikli su kullanımı günde 100 m³'tür. Tesisten çıkan atıksu miktarı 7,17 m³/ton-ürün'dür. DSİ tarafından yapılan deneysel çalışma sonuçları Tablo 5.24'de verilmektedir.

Tablo 5.24 Eczacıbaşı Vitra Fabrikası Atıksu Karakteristikleri

Parametre	Numune Sayısı	Deney Sonuçları		
		Ocak 85 - Ağustos 86		
	(n)	min.	ort.	max.
Q (m ³ /S)	7	0,0025	0,004	0,005
T (°C)	7	8	18,07	26
pH	7	7,8	8,1	8,5
ÇO (mg/l)	-	-	-	-
BOİ ₅ (mg/l)	7	3,1	10	17,7
KOİ (mg/l)	7	5,6	33	64
NH ₃ -N (mg/l)	7	0,28	0,74	2,70
NO ₂ -N (mg/l)	7	0,016	0,03	0,062
NO ₃ -N (mg/l)	7	0,80	1,43	2,35
O-PO ₄ (mg/l)	7	0,02	0,06	0,12
TAM (mg/l)	6	0	43	220
TÇM (mg/l)	7	384	615	956

- Eczacıbaşı Artema Armatür Sanayi**

Genel Bilgi

Bu tesiste metale şekil vererek musluk, batarya, vana gibi sıhhi tesisat armatürleri üretilmektedir. Günde 15.503, yılda ise 4 milyon adet üretim yapılmaktadır. Eczacıbaşı Artema Armatür Sanayi "metal son işlem" kategorisine ait bir tesistir.

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Tesiste kuyudan 400 m³ su temin edilmektedir. Kullanılan su 250 m³/gün proses, 50 m³/gün evsel nitelikli ve 100 m³/gün diğer amaçlar için olmak üzere dağıtılmaktadır [12].

Üretilen parçaların yüzey alanları farklılık gösterdiğinden adet başına birim atıksu oluşumu belirlenememektedir. DSİ tarafından yapılan deneysel çalışmaya ait sonuçlar Tablo 5.25'de verilmektedir.

Tablo 5.25 Eczacıbaşı Artema Armatür Sanayi Atıksu Karakteristikleri

Parametre	Numune Sayısı	Deney Sonuçları		
		Ocak 85 - Ağustos 86		
	(n)	min.	ort.	max.
Q (m ³ /S)	7	0,005	0,006	0,009
T (°C)	7	8,5	17,43	26,5
pH	-	-	-	-
ÇO (mg/l)	-	-	-	-
BOİ ₅ (mg/l)	2	7,7	11,6	15,5
KOİ (mg/l)	7	20	63,3	187,7
NH ₃ -N (mg/l)	7	0,35	1,23	1,85
NO ₂ -N (mg/l)	7	0,022	0,38	1,25
NO ₃ -N (mg/l)	7	0,35	12,41	44,5
O-PO ₄ (mg/l)	7	0,04	0,11	0,19
TAM (mg/l)	7	82	150	240
TÇM (mg/l)	7	609	839	1478

- **Demirdöküm**

Genel Bilgi

Türk Demirdöküm A.Ş.'de ana ve yan ürün olarak şofben, panel radyatör, termostat ve musluk üretimi yapılmaktadır. Tesiste yılda 75.000 adet şofben, 60.000 adet panel radyatör, 50.000 adet termostat ve 200.000 adet musluk üretilmektedir [22]. Bozüyük Türk Demirdöküm Fabrikası "metal son işlem" kategorisinde yer alan bir tesistir.

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

İşletmede kuyudan günde toplam 430 m³ su sağlanmakta olup proses, soğutma, yıkama, buhar üretimi ve evsel kullanım amacıyla kullanılmaktadır. DSİ'nin Karasu havzasında yürüttüğü çalışmada Demirdöküm Fabrikasının atıksu karakterizasyonu yapılmıştır. Bu çalışmaya ilişkin veriler Tablo 5.26'da verilmektedir.

Tablo 5.26 Demirdöküm Fabrikası Atıksu Karakteristikleri

Parametre	Numune Sayısı	Deney Sonuçları		
		Ocak 85 - Ağustos 86		
	(n)	min.	ort.	max.
Q (m ³ /S)	7	0,003	0,015	0,038
T (°C)	7	5	17,14	28,5
pH	7	2,0	4,17	7,3
ÇO (mg/l)	-	-	-	-
BOİ ₅ (mg/l)	1	-	28,7	-
KOİ (mg/l)	7	11,2	39,3	123,7
NH ₃ -N (mg/l)	7	0,40	1,84	6,45
NO ₂ -N (mg/l)	7	0,01	0,10	0,355
NO ₃ -N (mg/l)	7	2,30	7,24	15,40
O-PO ₄ (mg/l)	7	0,30	3,59	14,20
TAM (mg/l)	7	64	200	513
TÇM (mg/l)	7	552	2337	6021

- **Bozüyük Seramik Fabrikası**

Genel Bilgi

Fayans ve seramik üretimi yapılmakta olan bu fabrikanın günlük 75 ton, yıllık 22.502 ton üretimi vardır [22]. Bozüyük Seramik Fabrikası "toprak ürünleri ve alçı üretimi" kategorisinin "seramik üretimi" altkategorisine dahildir.

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Tesiste kuyudan günde 1.200 m³ su temin edilmektedir ve kaynaklanan atıksu miktarı 8 m³/ton-ürün esasına göre toplam 600 m³/gün'dür. DSİ tarafından yapılan deneysel çalışma sonuçları Tablo 5.27'de verilmektedir.

Tablo 5.27 Bozüyük Sümerbank Seramik Fabrikası Atıksu Karakteristikleri

Parametre	Numune Sayısı	Deney Sonuçları		
		Ocak 85 - Ağustos 86		
	(n)	min.	ort.	max.
Q (m ³ /S)	7	0,002	0,003	0,004
T (°C)	7	7	16,42	27
pH	7	7,7	8	8,5
ÇO (mg/l)	-	-	-	-
BOİ ₅ (mg/l)	7	10,7	80	280
KOİ (mg/l)	7	22,4	194	683
NH ₃ -N (mg/l)	7	1,55	12,3	47,5
NO ₂ -N (mg/l)	7	0	0,01	0,016
NO ₃ -N (mg/l)	7	0,20	0,52	0,85
O-PO ₄ (mg/l)	7	0,24	0,73	1,0
TAM (mg/l)	-	-	-	-
TÇM (mg/l)	7	563	617	795

- **Söğüt Seramik Fabrikası**

Genel Bilgi

Karo fayans ve hammadde üretimi yapılmakta olan bu fabrikanın günlük 290 bin, yıllık 105 milyon adet üretimi vardır [22]. Söğüt Seramik Fabrikası "toprak ürünleri ve alçı" üretimi kategorisinin "karo fayans" altkategorisine dahildir.

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Tesiste kuyudan günde 140 m³ su temin edilmektedir ve kaynaklanan atıksu miktarı 0,00038 m³/adet-üretim esasına göre toplam 110 m³/gün'dür. DSİ tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışma sonuçları Tablo 5.28'de verilmektedir.

Tablo 5.28 Söğüt Seramik Fabrikası Atıksu Karakteristikleri

Parametre	Numune Sayısı	Deney Sonuçları		
		Ocak 85 - Ağustos 86		
	(n)	min.	ort.	max.
Q (m ³ /S)	7	0,0023	0,007	0,012
T (°C)	7	7	16,3	25,5
pH	7	7,4	7,8	8
ÇO (mg/l)	-	-	-	-
BOİ ₅ (mg/l)	6	9	28	70
KOİ (mg/l)	7	24	58	145,6
NH ₃ -N (mg/l)	7	1,7	3,6	7,5
NO ₂ -N (mg/l)	7	0,006	0,16	0,30
NO ₃ -N (mg/l)	7	0,20	3,10	5,70
O-PO ₄ (mg/l)	7	0,40	2,36	4,60
TAM (mg/l)	-	-	-	-
TÇM (mg/l)	7	490	520	554

5.2.2 Orta Sakarya Havzasındaki Yerleşimlerden Kaynaklanan Yükler

Orta Sakarya, Göynük, Karasu Çayı ve Göksu Havzalarındaki yerleşimlerden kaynaklanan yükler Tablo 5.29'da verilmektedir.

Tablo 5.29 Orta Sakarya Havzası Yerleşimlerinden Kaynaklanan Kirlетici Yükler

Yerleşim	Nüfus (kişi)	Debi (m3/gün)	BOİ ₅ (kg/gün)	TAM (kg/gün)	Org-N (kg/gün)	NH ₃ -N (kg/gün)	NO ₃ -N (kg/gün)	NO ₂ -N (kg/gün)	Org-P (kg/gün)	İnorg-P (kg/gün)
Beypazarı	51841	10368,2	2332,845	3628,87	103,682	207,364	0	0	25,9205	51,841
Nallıhan	40677	8135,4	1830,465	2847,39	81,354	162,708	0	0	20,3385	40,677
Sarıcakaya	14968	2993,6	673,56	1047,76	29,936	59,872	0	0	7,484	14,968
Gölpazarı	13617	2723,4	612,765	953,19	27,234	54,468	0	0	6,8085	13,617
Osmaneli	21070	4214	948,15	1474,9	42,14	84,28	0	0	10,535	21,07
Geyve	44907	8981,4	2020,815	3143,49	89,814	179,628	0	0	22,4535	44,907
Toplam	187080	37416	8418,6	13095,6	374,16	748,32	0	0	93,54	187,08
Göynük	18589	3717,8	836,505	1301,23	37,178	74,356	0	0	9,2945	18,589
Toplam	18589	3717,8	836,505	1301,23	37,178	74,356	0	0	9,2945	18,589
Bozüyük	60863	12172,6	2738,835	4260,41	121,726	243,452	0	0	30,4315	60,863
Söğüt	20974	4194,8	943,83	1468,18	41,948	83,896	0	0	10,487	20,974
Pazaryeri	13296	2659,2	598,32	930,72	26,592	53,184	0	0	6,648	13,296
Bilecik	52929	10585,8	2381,805	3705,03	105,858	211,716	0	0	26,4645	52,929
Toplam	148062	29612,4	6662,79	10364,34	296,124	592,248	0	0	74,031	148,062
İnegöl	186558	37311,6	8395,11	13059,06	373,116	746,232	0	0	93,279	186,558
Yenişehir	54835	10967	2467,575	3838,45	109,67	219,34	0	0	27,4175	54,835
Toplam	241393	48278,6	10862,685	16897,51	482,786	965,572	0	0	120,6965	241,393

5.2.3 Orta Sakarya Havzasındaki Arazi Kullanımı

Orta Sakarya, Göynük, Karasu Çayı ve Göksu Havzalarındaki arazi kullanımı Tablo 5.30'da verilmektedir.

Tablo 5.30 Orta Sakarya Havzası'nda Arazi Kullanımı

Yerleşim	Tarım Alanı (ha)	Mera-Çayır (ha)	Orman (ha)	Tarım Dışı (ha)	Diğer (ha)	Toplam (ha)
Beypazarı						0
Nallıhan-196700	27697,4					27697,4
Sarıcakaya-45000	2464,5		20000			22464,5
Gölpazarı						0
Osmaneli						0
Geyve						0
Toplam	30161,9		20000			50161,9
Göynük-143700	47900		95800			143700
Toplam	47900		95800			143700
Bozüyük						0
Söğüt						0
Pazaryeri			16049			16049
Bilecik						0
Toplam						0
İnegöl						0
Yenişehir	38946	4337	19373	5471	8573	76700
Toplam	38946	4337	19373	5471	8573	76700

5.2.4 Orta Sakarya Havzası Kirlilik Durumu

Orta Sakarya Havzasında sadece yerleşimlerin atıksuları ve drenaj sularından kaynaklanan kirlilik yükü söz konusudur. Sarıyar ve Gökçekaya baraj gölleri de bu alt havza sınırları içersindedir. Havzadan Sarıyar barajına gelen kirletici yükler ve Sakarya Nehri'nin getirdiği yükler Tablo 5.31'de verilmektedir.

Tablo 5.31 Sarıyar Barajı'na Gelen Azot ve Fosfor Yükleri

Yük Kaynağı	İnorganik N (kg/gün)	İnorganik P (kg/gün)
Beypazarı Atıksuları	207,4	51,8
Sakarya Nehri	21394,1	3854,8
Toplam	21601,5	3906,6

Sarıyar barajının ölü hacmi 400 hm³ ve faydalı hacmi 1.500 hm³ olup toplam hacim 1.900 hm³ 'tür. Barajın göl alanı ise 8.383 ha'dır. Sarıyar barajına gelen birim alan başına yıllık inorganik azot yükü 94,05 g N/m².yıl ve inorganik fosfor yükü de 17 g P/m².yıl'dır. Birim hacme düşen kirlilik yükleri ise azot ve fosfor için sırasıyla 4,1 g/m³.yıl ve 0,7 g/m³.yıl olarak hesaplanmaktadır. Barajda inorganik azot yükünde % 75'lik ve inorganik fosfor yükünde % 79'luk bir azalma olduğu kabul edilirse; barajdan çıkış yükleri 5400,4 kg/gün azot ve 820,4 kg/gün fosfor olarak bulunmaktadır.

Sarıyar Barajı'ndan sonra Gökçekaya Barajı ve Nallıhan'ın atıksu ve drenaj yükleri Tablo 5.32'de verilmektedir.

Tablo 5.32 Gökçekaya Barajı'na Gelen Azot ve Fosfor Yükleri

Yük Kaynağı	İnorganik N (kg/gün)	İnorganik P (kg/gün)
Nallıhan Atıksuları	162,7	40,7
Nallıhan Drenaj Suları	138,5	8,3
Sakarya Nehri	5400,4	820,4
Toplam	5701,6	869,4

Gökçekaya barajının ölü hacmi 530 hm³ ve faydalı hacmi 380 hm³ olup toplam hacim 910 hm³ 'tür. Barajın göl alanı ise 2000 ha'dır. Gökçekaya barajına gelen birim alan başına yıllık inorganik azot yükü 104,1 g N/m².yıl ve inorganik fosfor yükü de 15,9 g P/m².yıl'dır. Birim hacme düşen kirlilik yükleri ise azot ve fosfor için sırasıyla 2,3 g N/m³.yıl ve 0,4 g P/m³.yıl olarak hesaplanmaktadır. Barajda inorganik azot yükünde % 75'lik ve inorganik fosfor yükünde % 79'luk bir azalma olduğu kabul edilirse; barajdan çıkış yükleri 1425,4 kg/gün azot ve 182,6 kg/gün fosfor olarak bulunmaktadır.

Gökçekaya Barajı'ndan hemen sonra Yenice Barajı bulunmaktadır. Yenice Barajı'nın ölü hacmi 4,35 hm³ ve faydalı hacmi 53,25 hm³ olup toplam hacim 57,6 hm³ 'tür. Göl alanı 364 ha'dır. Gökçekaya Barajı'nın çıkış suları Yenice Barajı'nın giriş sularının özelliklerini oluşturmaktadır. Buna göre birim alana düşen kirlilik yükleri 143 g N/m².yıl ve 18,3 g P/m².yıl, birim hacme düşen kirlilik yükleri ise 9 g N/m³.yıl ve 1,2 g P/m³.yıl olarak bulunmaktadır. Barajda bekleme süresi boyunca azotun % 75 ve fosforun % 79 azaldığı kabul edilerek barajdan çıkış yükleri 356,4 kg/gün azot ve 38,4 kg/gün fosfor olarak bulunmaktadır.

Yenice Barajından sonra Orta Sakarya Havzasındaki diğer yerleşimlerin atıksularının ve drenaj sularının Sakarya Nehri'ne karıştığı görülmektedir. Sakarya Nehri Orta Sakarya Havzası'ndan çıkarken inorganik azot yükü 1449,1 kg/gün ve inorganik fosfor yükü 183,1 kg/gün olarak Tablo 5.33'de verilmektedir.

Tablo 5.33 Orta Sakarya Havzası Çıkış Azot ve Fosfor Yükleri

Yük Kaynağı	İnorganik N (kg/gün)	İnorganik P (kg/gün)
Sarıcakaya Atıksuları	59,9	15,0
Gölpazarı Atıksuları	54,5	13,6
Osmaneli Atıksuları	84,3	21,1
Geyve Atıksuları	179,6	44,9
Bilecik Drenaj Sularının Yarıısı	714,4	50,1
Sakarya Nehri	356,4	38,4
Toplam	1449,1	183,1

Karasu, Sakarya nehrinin kirlilik yükü açısından önem taşıyan yan kollarından biridir. Karasu havzası zengin mineral yataklarına sahip olması nedeniyle kısa zamanda endüstrileşmiş ve havzanın önemli yerleşimi olan Bilecik kenti endüstri merkezi haline gelmiştir. Havzada öncelikle seramik fabrikaları yaygınlaşmış, daha sonra gıda, metal son işlem ve kağıt endüstrisi sınıfındaki işletmeler üretime başlamışlardır. Karasu'da kirliliğe neden olan ve nehre doğrudan deşarj yapan endüstriler menbada mansaba doğru olmak üzere Şekil

3.2’de gözüktüğü şekilde Haliser, Toprak Grubu (Toprak Seramik, Toprak Kağıt, Toprak Fayans), Eczacıbaşı Vitra, Artema, Demirdöküm, Bozüyük Sümerbank Seramik ve Söğüt Seramik fabrikalarıdır. Endüstriler dışında Bilecik, Bozüyük ve Söğüt yerleşimlerinin atıksuları da nehre boşaltılmaktadır.

Karasu havzasında bulunan diğer endüstriler nehre deşarj yapmamaları veya endüstriden kaynaklanan atıksuyun ihmal edilebilir olması nedeniyle incelemeye alınmamıştır.

Karasu Havzası boyunca Sakarya Nehri’ne deşarj edilen inorganik azot ve fosfor yükleri Tablo 5.34’de verilmektedir.

Tablo 5.34 Karasu Havzası’nda Sakarya Nehri Azot ve Fosfor Yükleri

Yük Kaynağı	İnorganik N (kg/gün)	İnorganik P (kg/gün)
Bozüyük Atıksuları	243,45	0,16
Söğüt Atıksuları	83,90	0,14
Pazaryeri Atıksuları	53,18	5,40
Bilecik Atıksuları	211,72	5,70
Bilecik Drenaj Sularının Yarıısı	714,43	50,12
Haliser Atıksuları	1,02	0,04
Toprak Grubu Atıksuları	19,05	0,17
Eczacıbaşı Vitra Atıksuları	0,76	0,02
Eczacıbaşı Artema Atıksuları	7,27	0,06
Demirdöküm Atıksuları	11,90	4,65
Bozüyük Seramik Atıksuları	3,33	0,19
Söğüt Seramik Atıksuları	4,15	1,43
Sakarya Nehri	1449,10	183,10
Toplam	2803,25	251,17

Göksu Havzası’nda İnegöl ve Yenişehir yerleşimlerinin atıksuları ve drenaj suları kirletici kaynaklar olarak kabul edilmektedir. Tablo 5.35’de bu kaynaklardan gelen azot ve fosfor yükleri ile Sakarya Nehri’ne karıştıktan sonraki toplam yükler verilmektedir. Bunun yanı sıra DSİ 2003 mayıs ve ağustos aylarındaki ölçüm sonuçları değerlendirilerek Göksu Çayı’nın Sakarya Nehri’ne karışmadan önceki debisi 5,03 m³/s, yükleri ortalama 972,6 kg/gün inorganik azot ve 165,2 kg/gün inorganik fosfor olarak bulunmaktadır. Bu çalışmada tablodaki değerler dikkate alınmaktadır.

Tablo 5.35 Göksu Havzası’nda Sakarya Nehri Azot ve Fosfor Yükleri

Yük Kaynağı	İnorganik N (kg/gün)	İnorganik P (kg/gün)
İnegöl Atıksuları	746,2	186,6
Yenişehir Atıksuları	219,3	54,8
Yenişehir Drenaj Suları	289,1	19,2
Sakarya Nehri	2803,3	215,2
Toplam	4057,9	475,8

Sakarya Nehri’nin yan kollarından biri olan Göynük Çayı’nın bulunduğu Göynük Havzası’nda kirletici kaynak olarak Göynük ilçesinin atıksuları ve drenaj suları kabul edilmektedir. Bu

kaynaklardan gelen yüklerin Sakarya Nehri'ne karıştıktan sonra nehrin inorganik azot ve inorganik fosfor yük değerleri Tablo 5.36'da verilmektedir.

Tablo 5.36 Göynük Havzası'nda Sakarya Nehri Azot ve Fosfor Yükleri

Yük Kaynağı	İnorganik N (kg/gün)	İnorganik P (kg/gün)
Göynük Atıksuları	74,4	18,6
Göynük Drenaj Suları	479,0	33,5
Sakarya Nehri	4057,9	475,8
Toplam	4611,3	527,9

5.3 Aşağı Sakarya Havzasında Kirlenme Yükleri

5.3.1 Aşağı Sakarya Havzasındaki Yerleşimlerden Kaynaklanan Yükler

Mudurnu, Çarksuyu ve Aşağı Sakarya Havzalarındaki yerleşimlerden kaynaklanan yükler Tablo 5.37'de verilmektedir.

Tablo 5.37 Aşağı Sakarya Havzası Yerleşimlerinden Kaynaklanan Kirlenme Yükleri

Yerleşim	Nüfus (kişi)	Debi (m3/gün)	BOİ ₅ (kg/gün)	TAM (kg/gün)	Org-N (kg/gün)	NH ₃ -N (kg/gün)	NO ₃ -N (kg/gün)	NO ₂ -N (kg/gün)	Org-P (kg/gün)	İnorg-P (kg/gün)
Mudurnu	25148	5029,6	1131,66	1760,36	50,296	100,592	0	0	12,574	25,148
Akyazı	77536	15507,2	3489,12	5427,52	155,072	310,144	0	0	38,768	77,536
Hendek	63703	12740,6	2866,635	4459,21	127,406	254,812	0	0	31,8515	63,703
Toplam	166387	33277,4	7487,415	11647,09	332,774	665,548	0	0	83,1935	166,387
Sapanca	36496	7299,2	1642,32	2554,72	72,992	145,984	0	0	18,248	36,496
Adapazarı	340825	68165	15337,125	23857,75	681,65	1363,3	0	0	170,4125	340,825
Toplam	377321	75464,2	16979,445	26412,47	754,642	1509,284	0	0	188,6605	377,321
Karasu	54630	10926	2458,35	3824,1	109,26	218,52	0	0	27,315	54,63
Toplam	54630	10926	2458,35	3824,1	109,26	218,52	0	0	27,315	54,63

5.3.2 Aşağı Sakarya Havzasındaki Arazi Kullanımı

Mudurnu, Çarksuyu ve Aşağı Sakarya Havzalarındaki arazi kullanımı Tablo 5.38'de verilmektedir.

Tablo 5.38 Aşağı Sakarya Havzası'nda Arazi Kullanımı

Yerleşim	Tarım Alanı (ha)	Mera-Çayır (ha)	Orman (ha)	Tarım Dışı (ha)	Diğer (ha)	Toplam (ha)
Mudurnu	24266	14268	82238		13930	134702
Akyazı						0
Hendek-61000	29266		29556			58822
Toplam	53532	14268	111794		13930	193524
Sapanca-14000	4200		10543			14743
Adapazarı						0
Toplam						0
Karasu						0
Toplam						0

5.3.3 Aşağı Sakarya Havzası Kirlilik Durumu

Yan kollardan biri olan Mudurnu Sakarya Nehri'ne Mudurnu, Akyazı ve Hendek yerleşimlerinin atıksularını ve drenaj sularını taşımaktadır. Karışımdan sonra Sakarya Nehri'ndeki yükler Tablo 5.39'da verilmektedir. 2003 yılının mart ve eylül aylarında DSI'nin Mudurnu Çayı'nda Sakarya Nehri'ne karışmadan önceki istasyonda ölçtüğü ortalama debi 10,3 m³/s ve inorganik azot 643,6 kg/gün, inorganik fosfor 17,8 kg/gün olarak verilmektedir. Bu çalışmada tablodaki değerler dikkate alınmaktadır.

Tablo 5.39 Mudurnu Havzası'ndaki Sakarya Nehri Azot ve Fosfor Yükleri

Yük Kaynağı	İnorganik N (kg/gün)	İnorganik P (kg/gün)
Mudurnu Atıksuları	100,6	25,1
Akyazı Atıksuları	310,1	77,5
Hendek Atıksuları	254,8	63,7
Mudurnu Drenaj Suları	397,4	29,4
Hendek Drenaj Suları	220,2	14,7
Sakarya Nehri	4611,3	527,9
Toplam	5894,5	738,3

Aşağı Sakarya Havzası'nda da Orta Sakarya Havzası'na benzer şekilde akarsuya doğrudan deşarj yapan kirlетici kaynak yoktur. Çeşitli endüstriler ve Adapazarı şehir atıksuları Çark Suyuna deşarj olmaktadır. Dolayısıyla Sakarya'nın bu kesiminde Çark Suyunun getirdiği kirlетici yük söz konusudur (DSİ, 1984).

Sapanca Gölünün ayağını oluşturan Çark Suyu, İzmit'ten sonra yörenin hızla endüstrileşen ikinci kenti olan Adapazarı'ndan geçmesi nedeniyle alıcı ortam olarak aşırı kirlenmeye maruz kalmıştır. Çark suyuna deşarj yapan başlıca endüstriler; şeker, metal, besin, inorganik kimya ve deri endüstrisi kategorilerinin birer örneğidir.

Çark suyu havzasında çok sayıda irili ufaklı endüstri bulunması ve DSI'nin tüm bu endüstrilerde ölçüm ve analiz yapma olanağı bulunamaması nedeniyle Çark suyu noktasal kaynak olarak gözönüne alınabilmiştir. Tablo 5.40'da Çark Havzası'ndaki Sakarya Nehri yükleri verilmektedir.

Tablo 5.40 Çark Havzası'ndaki Sakarya Nehri Azot ve Fosfor Yükleri

Yük Kaynağı	İnorganik N (kg/gün)	İnorganik P (kg/gün)
Sapanca Atıksuları	146,0	36,5
Adapazarı Atıksuları	1363,3	340,8
Sapanca Drenaj Suları	47,4	3,4
Adapazarı Drenaj Suları	1731,8	117,4
Sakarya Nehri	5894,5	738,3
Toplam	9182,9	1236,4

Çark Havzası'nda ayrıca değerlendirilmesi gereken Sapanca Gölü de bulunmaktadır. Sapanca Gölü'ne de drenaj suları geldiğinden gölün alanına yılda gelen inorganik azot ve inorganik fosfor miktarları göl alanı 42 km² olduğundan sırasıyla 15,5 g N/m².yıl ve 1,05 g P/m².yıl olarak bulunmaktadır.

Sakarya Nehri menbadan 824 km sonra Karasu ilçesinin topraklarına girmekte ve Sakaryaağzı denilen yerde Karadeniz'e dökülmektedir. Aşağı Sakarya Havzası'nda da Karasu ilçesinin atıksularını bünyesine katan Sakarya Nehri'nin Karadeniz'e dökülürkenki inorganik azot ve inorganik fosfor yükleri Tablo 5.41'de verilmektedir.

Tablo 5.41 Aşağı Sakarya Havzası'nda Sakarya Nehri Azot ve Fosfor Yükleri

Yük Kaynağı	İnorganik N (kg/gün)	İnorganik P (kg/gün)
Karasu Atıksuları	218,5	54,6
Sakarya Nehri	9182,9	1236,4
Toplam	9401,4	1291,0

6 DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu çalışmada Sakarya Nehri Havzası her yönüyle incelenmiştir ve alt havzalar bazında nehre deşarj edilen ve havzada bulunan göllerde toplam azot ve toplam fosfor yükleri hesaplanmıştır. Bu yüklerin hesabında, yerleşimlerin 2000 senesindeki nüfuslarına ve arazi dağılımlarına göre literatürde verilen katsayılar kullanılmıştır. Endüstrilerin atıksu karakterlerinin belirlenmesinde ise DSİ'nin 1985 – 1986 senelerinde yaptığı ölçüm sonuçları kaynak olarak alınmıştır. Ayrıca bazı nehir ve çayların yük hesabında yine DSİ'nin 2003 yılı ölçüm verilerinden faydalanılmıştır. Bu değerler kullanılarak Sakarya Nehri'nin menbada mansaba kadar değişikliğe uğrayan azot ve fosfor yükleri Tablo 6.1'de özet olarak verilmiştir.

Tablo 6.1 Sakarya Nehri'nin Karadeniz'e Taşıdığı İnorganik Azot ve Fosfor Yükleri

Alt Havza	İnorganik N (kg/gün)	İnorganik P (kg/gün)
Yukarı Sakarya Havzası	2244,5	201,8
Porsuk Havzası	9769,0	1555,3
Yukarı Sakarya + Porsuk Havzaları	12013,5	1757,1
Ankara Çayı Havzası	9380,6	2097,7
Sakarya + Ankara Havzası	21394,1	3854,8
Sakarya + Orta Sakarya Havzası	1449,1	183,1
Sakarya + Karasu Havzası	2803,3	251,2
Sakarya + Göksu Havzası	4057,9	475,8
Sakarya + Göynük Havzası	4611,3	527,9
Sakarya + Mudurnu Havzası	5894,5	738,3
Sakarya + Çark Havzası	9182,9	1236,4
Sakarya + Aşağı Sakarya Havzası	9401,4	1291,0

Sakarya Nehri Karadeniz'e dökülene kadar içerdiği yük olarak çok fazla değişime uğramaktadır. Bunun sebebi geçtiği havzalardaki yerleşimler, endüstriler ve baraj göllerinden kaynaklanmaktadır. Bu baraj göllerindeki bekleme sürelerinden dolayı suyun azot ve fosfor yüklerinde azalmalar görülmektedir. Sakarya Havzasının hassasiyetinin değerlendirilmesinde nehrin geçtiği alt havzalarda bulunan göllerdeki ve baraj göllerindeki inorganik azot ve fosfor parametrelerinin bir yılda bu göl alanlarına ne kadar yük getirdiği de Tablo 6.2'de özetlenmektedir.

Tablo 6.2 Sakarya Havzası'ndaki Göl Alanlarındaki Yıllık İnorganik Azot ve Fosfor Yükleri

Göller	İnorganik N (g N/m ² .yıl)	İnorganik P (g P/m ² .yıl)
Kunduzlar Baraj Gölü	51,8	5,6
Kaymaz Baraj Gölü	2954,3	221
Porsuk Baraj Gölü	201	9
Sarıyar Baraj Gölü	94,05	17
Gökçekaya Baraj Gölü	104,1	15,9
Yenice Baraj Gölü	143	18,3
Sapanca Gölü	15,5	1,05

Göllerde ötrofikasyon oluşup oluşmadığına karar vermek için inorganik azot ve inorganik fosfor parametrelerinin bir yılda gölün alanını etkilediği yüklerden faydalanmak mümkün olmaktadır. Bunun için de limit değerler olarak 5 – 10 g N/m².yıl ve 0,2 – 0,5 g P/m².yıl literatürde verilmektedir [26]. Ayrıca göllerde müsaade edilen azot ve fosfor yükleri ortalama derinliğe göre de Tablo 6.3'de verilmektedir.

Tablo 6.3 Göllerde Derinliğe Göre Müsaade Edilen Azot ve Fosfor Yükleri [1]

Ortalama Derinlik (m)	Müsaade edilebilir yük g/m ² .yıl		Tehlike arzeden yük g/m ² .yıl	
	N	P	N	P
5	1,0	0,07	2,0	0,13
10	1,5	0,10	3,0	0,20
50	4,0	0,25	8,0	0,50
100	6,0	0,40	12,0	0,80
150	7,5	0,50	15,0	1,00
200	9,0	0,60	18,0	1,20

Limit değerlere göre Sakarya Havzası'ndaki göllerin azot ve fosfor yükleri değerlendirildiğinde, limit değerlerin çok üzerinde oldukları gözlenmektedir. Bu göllerde ötrofikasyon problemleri görülmektedir. Gerek Avrupa Birliği Direktifleri'nde gerek Türkiye'deki Yönetmelikler'de belirlenen hassas bölge tanımı genel olarak Sakarya Havzası'nın hassas bölge olarak belirlenmesini göstermektedir. Bu yüklerin oluşumunda etkili olan yerleşimlerin ve endüstrilerin atıksularını kontrollü bir şekilde özellikle azot ve fosfor parametrelerini arıtarak deşarj etmeleri ve hassas bölgelere deşarj limit değerlerine indirmeleri gerekmektedir. Sarıyar ve Gökçekaya Baraj Göllerinin ortalama derinlikleri 90 m ve 115 m'dir. Müsaade edilebilir yüklerini azot için 6 g N/m².yıl ve fosfor için 0,40 g/m².yıl olarak kabul ederek; yerleşimlerden ve endüstrilerden gelen bu yüklerin ne kadar verimle arıtılmaları gerektiği hesaplanmıştır. Bu değerler Sarıyar Barajı'nda % 94 azot giderimi ve % 65 fosfor giderimi; Gökçekaya Barajı'nda ise % 94 azot giderimi ve % 97 fosfor giderimi olarak bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Karpuzcu, M., 1996. Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü, Kubbealtı Dizgi Merkezi, İstanbul.
- [2] Muslu, Y., 2001. Göl ve Haznelerde Su Kalitesi Yönetimi, İSKİ Yayınları, İstanbul.
- [3] Muslu, Y., 2000. Ekoloji ve Çevre Sorunları, Aktif Yayınevi, İstanbul.
- [4] 91/271/EEC, Urban Wastewater Treatment Directive, 1991.
- [5] 91/676/EEC, Nitrate Directive, 1991.
- [6] 19919, 04.09.1998. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği.
- [7] OECD, 1992. Türkiye’de Çevre Politikaları, Paris.
- [8] Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmelik Taslağı.
- [9] 25377, 18.02.2004. Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği.
- [10] DPT, VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Yayın No: DPT:2555, ÖİK:571.
- [11] DSİ Haritalı İstatistik Bülteni, 2001.
- [12] Burak, S., 2002. Sakarya Nehri Havzasında Su Kalitesi Yönetimi, Umur Reklamcılık ve Matbaacılık, İstanbul.
- [13] DMİ, 1980. Meteoroloji Yıllığı, Ankara.
- [14] DSİ, 1984. Sapanca Gölü Kirlilik Araştırması.
- [15] DİE, 2003. Anket Sonuçları.
- [16] DSİ, 1989. Su Kalitesi Gözlem ve Denetimi Semineri.
- [17] Metcalf – Eddy, 1982. Wastewater Engineering Treatment Disposal, Reuse, New Delhi.
- [18] Taşlı, R., 1986. Şeker Endüstrisi, İTÜ.
- [19] Yenilmez, P., 1986. Kütahya Azot Fabrikası Üretim Atıksu İlişkisi ve En Uygun Arıtma Teknolojisi Seçimi, İTÜ.

- [20] Maslak, C., 1986. Metal Endüstrisinde Kirlenme Kontrolü ve Atıksu Karakterizasyonu, Lisans Tezi, İTÜ.
- [21] Görgülü, N., 1986. Metal Endüstrisinde Kirlenme Kontrolü ve Atıksu Karakterizasyonu, Lisans Tezi, İTÜ.
- [22] Meriç, S., 1987. Karasu Nehrinde Endüstriyel Atıksu Kirlenmesi, Lisans Tezi, İTÜ.
- [23] Gönenç, E., Orhon, D., Menet, H., 1985. Water Quality Management in The Sakarya River Basin Evaluation and Modelling. NATO Seminario Sobre Gestaoe Modelaçao Matematica de Qualidade da Agua em Rios, Lisboa, 24 – 27 de Junho, Portugal.
- [24] Hopstaken, C., Wesseling, J.W., Wit, P. , Bruyn, P.J., Klomp, R., 1986. Excessive Manuring and its Effects on Nitrogen and Phosphorus Concentrations in Soil, Ground and Surface Water of the North-West Veluwe, Netherlands.
- [25] DSİ, 2003. Sakarya Havzasındaki Gözlem İstasyonlarındaki Ölçüm Sonuçları
- [26] Organization For Economic Cooperation and Development, 1971. Environment Directorate – Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors in Eutrophication, Paris.

İnternet Kaynakları

- www.afyonkarahisar.com
- www.altintas.gov.tr
- www.beypazari-bld.gov.tr
- www.bursa-yenisehir.bel.tr
- www.elmadag.gov.tr
- www.eskisehir.gov.tr
- www.goynuk.org
- www.kizilcahamam.bel.tr
- www.nallihan.bel.tr
- www.pazaryeri.gov.tr
- www.seyitgazi.com
- www.yenimahalle.bel.tr

EK A

Tablo A.1 Alıcı Ortamlara Göre Deşarj Edilen Atıksu Miktarı [15]

Yerleşim Merkezleri	Anket Uygulanan Belediye	Kanalizasyonu Olan Belediye Sayısı	Toplam Atıksu Miktarı (1000 m ³ /yıl)	Deniz (1000 m ³ /yıl)	Göl (1000 m ³ /yıl)	Akarsu (1000 m ³ /yıl)	Arazi (1000 m ³ /yıl)	Baraj (1000 m ³ /yıl)	Diğer (1000 m ³ /yıl)
Ankara	67	57	265.998	-	2.920	258.083	2.944	883	1.168
Kütahya	77	76	37.282	-	146	35.710	946	-	480
Eskişehir	32	19	28.650	-	-	26.997	1.431	-	222
Bilecik	15	15	7.407	-	-	5.873	1.256	205	73
Adapazarı	40	29	45.280	-	-	43.996	-	-	1.314
Bolu	13	13	14.891	-	-	14.763	-	-	128
Bursa	55	53	96.681	8.908	684	81.739	452	-	4.898
Afyon	108	93	37.622	-	14.549	11.177	7.701	183	4.012

Tablo A.2 Kanalizasyon Şebekesi ve Arıtma Tesisi Kullanım Durumlarına Göre Belediye Sayıları [15]

Yerleşim Merkezleri	Toplam Belediye Sayısı	Belediye Nüfusu	Anket Uygulanan Belediye	Derin Deniz Deşarjı Yapan Belediye	Kanalizasyonu Olan		Arıtma Tesisi Olan	
					Belediye Sayısı	Belediye Nüfusu İçindeki Yüzdesi	Belediye Sayısı	Belediye Nüfusu İçindeki Yüzdesi
Ankara	67	3.713.368	67	-	57	98,2	10	87,6
Kütahya	77	482.605	77	-	76	95,8	4	40,4
Eskişehir	32	606.393	32	-	19	84,4	2	75,6
Bilecik	15	141.041	15	-	15	96,3	-	-
Adapazarı	40	517.550	40	-	29	83,9	11	58,7
Bolu	13	153.389	13	-	13	98,7	2	19,7
Bursa	55	1.800.896	55	4	53	88,3	9	65,7
Afyon	108	644.053	108	-	93	84,4	1	20,0

Tablo A.3 Atıksu Arıtma Tesisi Mevcut Durumu [15]

Yerleşim Merkezleri	Anket Uygulanan Belediye	Fiziksel Arıtma (1000 m ³ /yıl)			Biyolojik Arıtma (1000 m ³ /yıl)			Gelişmiş Arıtma (1000 m ³ /yıl)		
		Tesis Sayısı	Kapasite	Arıtılan Miktar	Tesis Sayısı	Kapasite	Arıtılan Miktar	Tesis Sayısı	Kapasite	Arıtılan Miktar
Ankara	67	-	-	-	4	284.592	245.609	-	-	-
Kütahya	77	1	137	137	3	31.091	16.727	-	-	-
Eskişehir	32	-	-	-	1	109.500	24.236	-	-	-
Bilecik	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Adapazarı	40	-	-	-	2	72.386	29.313	-	-	-
Bolu	13	-	-	-	2	1.240	1.168	-	-	-
Bursa	56	1	13.876	4.163	7	122.297	60.957	-	-	-
Afyon	108	-	-	-	1	21.760	14.014	-	-	-

EK B



Şekil B.1 Sakarya Havzası'nın Genel Haritası

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında İstanbul'da doğdu. İlk öğrenimini Yeşilbahar İlkokulu'nda, orta öğrenimini İstek Vakfı Belde Lisesi'nde ve lise öğrenimini Üsküdar Fen Lisesi'nde tamamladıktan sonra 1997 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde okumaya hak kazandı. Bu bölümden 2002 yılında mezun oldu ve aynı sene İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Bilimleri ve Mühendisliği programında yüksek lisans çalışmalarına başladı. 2004 yılında bir sene süresince Burak Kimya Sanayi ve Ticaret A.Ş.'de satış mühendisi olarak çalıştıktan sonra, 2005 yılında halen çalışmakta olduğu Modega Örme Sanayi ve Ticaret A.Ş.'de müşteri temsilciliği görevine başladı.

