



**T.C.**  
**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ASİ HAVZASINDAKİ SU KALİTESİNİN ÇOK DEĞİŞKENLİ  
İSTATİKSEL YÖNTEMLER KULLANILARAK  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Ece KILIÇ**

**SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HATAY**  
**OCAK-2017**



**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ASİ HAVZASINDAKİ SU KALİTESİNİN ÇOK DEĞİŞKENLİ  
İSTATİKSEL YÖNTEMLER KULLANILARAK  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Ece KILIÇ**

**SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HATAY**  
**OCAK-2017**

**T.C.**  
**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ASİ HAVZASINDAKİ SU KALİTESİNİN ÇOK DEĞİŞKENLİ İSTATİKSEL  
YÖNTEMLER KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

**ECE KILIÇ**

**SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Yrd. Doç. Dr. Nebil YÜCEL** danışmanlığında hazırlanan bu tez **06/01/2017** tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Nebil YÜCEL  
Başkan

Prof. Dr. Ayşe BAHAR YILMAZ  
Üye

Doç. Dr. Fatma Çevik  
Üye

**Kod No: 30**

**Doç. Dr. Mustafa DEMİRCİ**  
**Enstitü Müdür V.**

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.  
Proje No: 14781

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

07/01/2017

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Ece KILIÇ

## ÖZET

### ASİ HAVZASINDAKİ SU KALİTESİNİN ÇOK DEĞİŞKENLİ İSTATİKSEL YÖNTEMLER KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Yüzey sularının kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi etkili bir su yönetiminin temelini oluşturmaktadır. Etkili bir yönetim oluşturulabilmesi için ise izleme çalışmalarının sonuçlarının değerlendirilmesi ve sonuçlara bağlı politikalar üretilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada Devlet Su İşlerinin 2004-2014 yılları arasında Asi Nehri'nde yürüttüğü izleme çalışmalarının sonuçları kullanılarak Asi Nehri'nin su kalitesindeki mekânsal ve zamansal değişimleri ve değişimlere neden olan temel etmenleri ortaya çıkarmak amaçlanmıştır.

Asi Nehri boyunca 5 farklı istasyonda mevsimlik olarak toplanan BOD<sub>5</sub>, COD, DO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, oPO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, EC, SS, TDS, T, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> parametrelerine ait sonuçlar kümeleme analizi (CA), ayrışma analizi (DA) ve faktör analizi / temel bileşenler analizi (FA/ PCA) kullanılarak değerlendirilmiştir.

Kümeleme analizi sonucunda istasyonlar su kalitesindeki benzerliklere göre az kirli alan ve kirli alan olmak üzere iki ayrı kümeye ayrılmışlardır. CA tarafından yapılan dönemselsel gruplandırmada ise kurak ve yağışlı sezonlar iki ayrı dönem olarak belirlenmiştir. Ayrışma analizi sonucunda mekânsal değişimde etkili olan parametreler %92,2 doğruluk oranı ile Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Qanlık, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub> ve SS olarak; dönemselsel değişimde etkili olan parametreler ise %90,2 doğruluk oranı ile SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, DO ve T olarak belirlenmiştir. FA/PCA sonucunda nehirdeki temel kirlilik kaynakları mineral kirliliği, besin kirliliği, tarımsal kirlilik, organik kirlilik olarak belirlenmiştir. Kirliliğe sebep olan temel etmenler erozyon, tarımsal faaliyetler ve evsel ve endüstriyel deşarjlar olarak bulunmuştur. Ek olarak, bölgede yayılı kirliliğin daha etkin olduğu gözlemlenmiş fakat şehir merkezlerine yaklaştıkça antropojenik aktivitelere bağlı kirliliğin arttığı farkedilmiştir.

2017, 86 sayfa

Anahtar Kelimeler : Asi Nehri, Kümeleme Analizi, Ayrışma Analizi, Temel Bileşenler Analizi, Su Kalitesi

## ABSTRACT

### EVALUATION OF WATER QUALITY IN ASI WATERSHED USING MULTIVARIATE STATISTICS

Protection of quality of surface waters is depended on the effective water management politics. Creation of effective water monitoring programs and evaluation of monitoring results are fundamental features of effective management politics. Identification of latent factor causing spatial and temporal change in Asi River is evaluated using 2004-2014 monitoring study results of State of Hydraulic Works of Turkey.

Results of 15 different water quality parameters - BOD<sub>5</sub>, COD, DO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, oPO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, EC, SS, TDS, T, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> - measured in five different stations through Asi river evaluated through using cluster analysis (CA), discriminant analysis (DA) and factor analysis (FA) / principle component analysis (PCA).

According to results of cluster analysis, stations are divided into two clusters namely polluted and less polluted areas. Similarly, CA indicated that seasonal variations can be classified in two clusters as wet and dry seasons. Discriminant analysis showed that water quality parameters responsible for the temporal change in water quality are Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Q, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub> and SS with 92,2% accuracy. Likewise, water quality parameters responsible for spatial change is determined as SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, DO and T with 90,2% accuracy. Main pollution resources in Asi River is determined as mineral pollution, nutrient pollution and organic pollution using FA/PCA. Also, erosion, agricultural activities, domestic and industrial discharges are fundamental causes of water pollution in river. It is found that, even though diffuse pollution is primary concern; anthropogenic factors become significant near urbanized areas.

2017, 86 pages

Keywords : Asi River, Cluster Analysis, Discriminant Analysis, Principle Component Analysis, Water Quality

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın yürütülmesi sırasında beni destekleyen sevgili danışmanım Yrd. Doç. Dr. Nebil YÜCEL'e ve yüksek lisans eğitimim boyunca katkılarını benden hiç esirgemeyen, bana hep destek olan ve bana olan inancını hiç kaybetmeyen değerli hocam Prof. Dr. Mehmet Fatih CAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İstatiksel analizleri yürütürken yardımını gördüğüm hocam Yrd. Doç. Dr. Aydın DEMİRCİ'ye ve yardımlarını benden hiç esirgemeyen Prof. Dr. Ayşe Bahar YILMAZ'a içten teşekkürlerimi borç bilirim. Çalışmalarım sırasında benimle dostluğunu ve tecrübelerini paylaşan arkadaşım Arş. Gör. Alper YANAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Kızı olmakla onur duyduğum, örnek aldığım, tüm hayatını bana destek olmakla tüketmiş olan annem Fatma DOĞRU'ya her daim yanımda olduğu ve nefesini ensemden hiç çekmediği için teşekkür eder, sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım. Her fırsatta yardımına koşan, beni her zaman destekleyen ve her daim yanımda olan biricik kardeşim Gözde ERDAMAR'a yardımları için çok teşekkür ederim. Çalışmalarımı yürütürken sabırla bana destek olan, ihtiyacım olan desteği bana her zaman tanıyan hayat arkadaşım Rıza Kutay KILIÇ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamı bitirmem için gerekli olan teşviki bana sağlayan ve çalışırken sabırla beni bekleyen sevgili kızım Duru KILIÇ'a minnetlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ .....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM .....	14
3.1. Materyal.....	14
3.1.1. <i>Asi Havzası</i> .....	14
3.1.1.1. <i>Asi Havzası'nda iklim</i> .....	15
3.1.1.2. <i>Asi Havzası'nda arazi kullanımı</i> .....	15
3.1.1.3. <i>Asi Havzası'nda suyun kullanım alanları</i> .....	16
3.1.2. İncelenen Su Kalite Parametreleri .....	18
3.3. Yöntem .....	23
3.3.1. <i>Çok değişkenli istatistik teknikleri</i> .....	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	30
4.1 Asi nehrindeki su kalitesinin ön değerlendirilmesi .....	30
4.1.1. Tanımlayıcı İstatistikler .....	30
4.1.2. İki yönlü ANOVA analizi sonuçları .....	36
4.2. Kümeleme Analizi Sonuçları .....	37
4.2.2. Mekansal Benzerlikler ve Site Gruplama .....	37
4.2.3. Geçici Benzerlikler ve Dönemsel Gruplama.....	40
4.3. Ayrışma Analizi Sonuçları .....	42
4.4. Temel Bileşenler Analizi Sonuçları.....	49
4.4.2. Su Kirliliği Kaynaklarının Belirlenmesi .....	50
5. SONUÇ ve ÖNERİLER .....	56
KAYNAKLAR .....	58
ÖZGEÇMİŞ .....	65
EK 1 : Su Kalite Parametrelerinin İstasyonlara Göre Değişiminin Box Ve Whisker Grafikleri .....	66
EK 2 : Su Kalite Parametrelerinin Mevsimlere Göre Değişiminin Box Ve Whisker Grafikleri .....	72



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 : Su Kalite Parametrelerinin Tanımı ve Önemi .....	19
Çizelge 3.2: Hipotez testleri sonucunda ortaya çıkan hatalar .....	24
Çizelge 3.3: KMO Değerleri ve Karşıklık Gelen Değerleri Yorumları (Sharma, 1996)	28
Çizelge 4.1: Değerlendirilen su kalite parametrelerine ait tanımlayıcı istatistikler .....	30
Çizelge 4.2: Mekansal Ayırışma Analizi için yapılan Wilk's lambda ve Chi-square testi sonuçları .....	43
Çizelge 4.3: Sınıflandırma Sonuçları <sup>a</sup> .....	43
Çizelge 4.4: Ayırışma fonksiyonu katsayıları .....	44
Çizelge 4.5: Dönemsel Ayırışma Analizi için yapılan Wilk's lambda ve Chi-square testi sonuçları .....	47
Çizelge 4.6: Sınıflandırma Sonuçları .....	47
Çizelge 4.7: Ayırışma fonksiyonu katsayıları .....	47
Çizelge 4.8: 16 su kalite parametresine ait faktör yükleri ve önemli varyans faktörleri	51
Çizelge 4.9: PCA/FA sonucunda bölgelere göre belirlenmiş önemli latent faktörler.....	55

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1: Asi Havzası'nın konumu ve havzadaki başlıca hidrolojik yapılar (Korkmaz ve Karataş, 2009) .....	15
Şekil 3.2: Asi Havzası arazi kullanım haritası (TUBITAK MAM,2013) .....	17
Şekil 3.3: Çalışma Alanı (I: Eşrefiye İstasyonu, II: Demirköprü İstasyonu, III: Küçük Asi İstasyonu; IV: Antakya İstasyonu; V: Samandağ İstasyonu) .....	23
Şekil 4.1: Grup 1 verilerinin CA sonucunda elde edilen dendrogram .....	38
Şekil 4.2: Grup 2 verilerinin CA sonucunda elde edilen dendrogram .....	38
Şekil 4.3: Mevsimsel benzerlikleri gösteren dendrogram.....	41
Şekil 4.4: Asi Havzası'ndaki yıllık sıcaklık-yağış grafiği (Anonimc, 2016).....	41
Şekil 4.5: DA sonucunda mekansal değişimde önemli olduğu saptanan parametrelere ait box and whisker grafikleri .....	45
Şekil 4.6: DA sonucunda dönemsel değişimde önemli olduğu saptanan parametrelere ait box and whisker grafikleri .....	48
Şekil 4.7: Birinci ve ikinci kümeye ait scree plot grafikleri .....	50

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	: yüzde
$\mu\text{S}$	: mikromhos/cm
0C	: derece
Ag	: Gümüş
Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
Ba	: Baryum
BOD <sub>5</sub>	: 5 günlük biyolojik oksijen ihtiyacı
CA	: Kümeleme analizi
Ca <sup>+2</sup>	: Kalsiyum
CaCO <sub>3</sub>	: Kalsiyum karbonat
Cd	: Kadmiyum
Chl-a	: Klorofil-a
Cl <sup>-</sup>	: Klor
cm	: Santimetre
Co	: Kobalt
COD	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
COD <sub>Mn</sub>	: permanganat endeksi
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
DA	: Ayrışma analizi
DO	: Çözünmüş oksijen
DSİ	: Devlet Su İşleri
E.coli	: Toplam Koliform
EC	: Elektriksel iletkenlik
F <sup>-</sup>	: Flor
F.coli	: Fekal Koliform
FA	: Faktör analizi
Fe	: Demir
Hg	: Civa

İSTE	: İskenderun Teknik Üniversitesi
K	: Potasyum
km	: kilometre
km <sup>2</sup>	: kilometrekare
L	: litre
m <sup>3</sup>	: metreküp
mg	: miligram
Mg <sup>2+</sup>	: Magnezyum
MKÜ	: Mustafa Kemal Üniversitesi
Mn	: Mangan
Na <sup>+</sup>	: Sodyum
NH <sub>3</sub>	: Amonyak azotu
NH <sub>4</sub>	: Amonyum azotu
Ni	: Nikel
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	: Nitrit azotu
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	: Nitrat azotu
oPO <sub>4</sub>	: Çözünmüş organik fosfat (orto-fosfat)
Pb	: Kurşun
PC	: Temel bileşen
PCA	: Temel bileşenler analizi
pH	: Asitlik bazlık dengesi
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	: Fosfat
Q	: Debi
SAR	: Sodyum absorpsiyon oranı
Se	: Selenyum
Si	: Silisyum
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
sn	: saniye
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	: Sülfat
T	: Sıcaklık
TDS	: Toplam çözünmüş katı madde

TH	: Toplam sertlik
TKN	:Toplam Kheldaj azotu
TN	: Toplam Azot
TOC	: Toplam organik karbon
TP	: Toplam fosfor
TS	: Toplam katı madde
TSS	: Toplam askıda katı madde
VF	: Varyans faktörü
YSKYY	: Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği
WQI	: Su Kalitesi Indexi
Zn	: Çinko

## 1. GİRİŞ

Su; yapısında iki hidrojen ve bir oksijen element atomları bulunan basit bir bileşik olmasına rağmen, dünyadaki tüm döngülerin temel direğidir. Su doğada katı, sıvı ve gaz olarak üç fazda bulunurken, bilinen tüm sıvılar içerisinde en yüksek yüzey gerilimine sahip olmasıyla yağmur damlacıklarının oluşumunda, yüksek buharlaşma ısıyla, yüksek erime ısıyla yeryüzündeki iklim farklılıklarında belirleyici unsurdur. Kimyasal anlamdaki su; saf su olup içerisinde başka bir yapı bulundurmazken, yaşamsal su içerisinde çok sayıda bileşiği bulduran su anlamındadır. Doğada en iyi çözgen olarak bilinen su bulunduğu bölgeye, ortama, sıcaklığa, mevsimsel farklılıklara göre de bu mineralleri farklı derişimlerde buldunabilir. İşte su ve yaşamsal suyun içerdiği bu bileşikler canlıların vücudundaki metabolik olaylar için hayati önem taşır.

Canlıların aldıkları besinlerin vücutlarında dolaşması, atıklarının boşaltım sistemi ile uzaklaştırılması, oksijenin dokulara taşınması, dokulardan karbondioksitin akciğere taşınması, dolaşım sisteminin düzgün çalışması, vücutta gerçekleşen biyokimyasal tepkimelerin devamlılığı canlıların vücudundaki suyun varlığına bağlıdır (Akın ve Akın, 2007).

Yeryüzündeki su varlığının yaklaşık olarak %97,6 'sini deniz ve okyanuslarda bulunan tuzlu su oluşturmaktadır. Buna ek olarak, kutuplarda bulunan buzullarda da su varlığının %1,9'u tutulmaktadır. Dolayısı ile yeryüzündeki su varlığının çok büyük bir kısmı insan gereksinimini karşılamak açısından uygun olmayan sudur. Geriye kalan kullanılabilir su varlığını yer altı suları, yüzey suları ve topraktaki nem oluşturmaktadır. Bu kısım toplam su miktarının yalnızca %0,5'ini oluşturur (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Yüzey suları günümüzde içme suyu ihtiyacını karşılayan temel kaynak olması ve varlığının kısıtlı olması itibari ile hayati bir önem taşımaktadır (Harmancıoğlu ve ark., 2002). Buna ek olarak, yüzey suyunun kalitesi çevresindeki canlıların ve ekosistemin sağlığını belirleyen en temel faktördür (Wang ve ark., 2013). Canlıların varlığını sürdürebilmesi temiz su kaynağının olmasına bağlıdır.

Yüzey suları günümüzde canlılığın devamının yanı sıra, gelişmenin devamı için de gereklidir ve çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. İçme suyu temininde, tarımsal sulamada ve endüstrilerde işlem suyu olarak kullanılmak yaygın kullanım alanları arasındadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2011), tarafından yayınlanan rapora göre 2023 yılında ülkemizdeki su bütçesinin %64'ünü tarımsal sulamada kullanım, %16'sını evsel kullanım ve %20'sini sanayide kullanım oluşturacaktır. Ayrıca, yüzey suları endüstriyel ve evsel atık suların, yağmur sularının ve tarımsal faaliyetler sonucu oluşan yüzey akışların taşınmasında ve bertaraf edilmesinde aktif rol oynamaktadırlar (Shrestha ve Kazama, 2007). İnsan kaynaklı olarak yapılan bütün bu faaliyetler yüzey suyunun kalitesinde değişmeye sebep olmaktadır. Bunlara ek olarak, iklime, havzanın litolojisine ve hava kirliliğine bağlı olarak da yüzey suyunun kalitesi değişmektedir (Wang ve ark., 2013).

Yüzey sularında gözlenen kirlilik noktasal ve yayılı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Noktasal kaynaklı kirlilik atıksuyun tek bir noktadan deşarj edilmesi ile oluşur (Turan ve Ülkü, 2012). Endüstriyel ve evsel atıksu deşarjları bu kategoride incelenir. Noktasal kaynaklı kirliliğin ön arıtma uygulanması halinde kontrolü mümkündür. Yayılı kirlilik ise meteorolojik olaylara ve arazinin yapısına bağlı olarak farklı zaman dilimlerinde geniş alanlardan geçerek alıcı ortama ulaşan kirleticilerin oluşturduğu kirlilik türüdür (Alp, 2015). Yayılı kirliliği oluşturan suların yapısı iklime, yüzey şekline, hidrolojiye, arazi kullanımına ve toprağın yapısına bağlı olduğundan yayılı kirliliğin tespiti ve kontrolü çok daha zordur (Heatwaite ve ark., 2005). Ayrıca noktasal kirlilik kaynakları çoğunlukla sürekli kirleticiler olmakla beraber, tarımsal aktivitelere bağlı olarak gerçekleşen yayılı kirlilik genellikle mevsimseldir (Ogwueleka, 2015).

Yağış, yüzey akış ve yer altı suyu akışında meydana gelen mevsimsel değişimler, yüzey suyundaki akışı ve buna bağlı olarak da nehirdeki kirleticilerin konsantrasyonunu etkilemektedir (Khadka and Khanal, 2008). Ayrıca tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı dönemlerde gübre kullanımına bağlı olarak yüzey suyundaki organik madde miktarı artmakta ve su kalitesi kötüye gitmektedir (Easton ve ark., 2007). Su kalitesinde meydana gelen bu mevsimsel değişimlere ek olarak, atıksu deşarjı yapılan noktalara ve arazi kullanımına bağlı olarak da su kalitesinde değişim meydana gelmektedir. Genellikle kentleşmeye bağlı olarak arazi kullanımında

meydana gelen değişimler topraktaki geçirimsiz yüzeyi arttırmakta, buna bağlı olarak fırtınalarda oluşan yüzey akış miktarı artmakta ve su kalitesi azalmaktadır (Pejman ve ark., 2009).

Yüzey sularının korunması ve sürdürülebilir yönetim çalışmaları geliştirilebilmesi için su kalitesine ve kirletici kaynaklarına ait bilgileri elde etmek önem taşımaktadır (Massoud, 2010; Su ve ark. 2011). İzleme çalışmaları sayesinde su kalitesinde meydana gelen mevsimsel ve mekânsal değişiklikler ortaya koyulabilse dahi, karmaşık veri setlerinde buna sebep olan etmenler net olarak belirlenememektedir. Su kalitesinde değişime sebep olan ana etmenleri belirlemek için yaygın olarak çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır (Nie ve ark., 2015). Çok değişkenli istatistiksel yöntemlerin avantajı, karmaşık veri setlerinde değişkenler arasındaki ilişkilerin ve veri dizilimlerin anlaşılmasında diğer istatistiksel yöntemlerden çok daha belirleyici olmasıdır (Oke ve Sangodoyin, 2015).

Kümeleme analizi (CA), temel bileşenler analizi (PCA) ve ayrışma analizi (DA) su kalitesini ve ekolojik statüyü anlamak için kullanılan geniş veri matrislerinin analiz ve yorumlanmasında, doğal ve insan kaynaklı aktiviteler neticesinde oluşan zamansal ve mekânsal değişimlerin belirlenmesinde ve su kalitesini etkileyen temel etmenlerin araştırılmasında yaygın olarak kullanılan etkili araçlardır (Chow ve ark., 2016).

Bu çalışmada Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından yürütölen izleme çalışmaları sonucunda elde edilen veriler kullanılarak, Asi Nehri'ne ait su kalitesi değişimi ve nehirdeki su kalitesinin durumu, çok değişkenli istatistiksel yaklaşımlar kullanılarak değerlendirilmiştir.

Asi Nehri; sularının Lübnan, Suriye ve Türkiye arasında paylaşıldığı sınır aşan bir nehirdir (Comair ve ark., 2015). Lübnan'ın El Bekaa Vadisi'nden doğan nehir, Suriye boyunca kuzeye doğru ilerleyerek Suriye-Türkiye sınırının 50 kilometresini oluşturarak Küçük Asi Nehri ile birleştikten sonra Hatay'ın Samandağ ilçesinde bir delta oluşturur ve Akdeniz'e dökölür (Korkmaz ve Karataş, 2009). Asi Nehri'nin etrafında yoğunluklu olarak tarım arazisi bulunması sebebi ile çoğunlukla tarımsal amaçlı sulamada kullanılmaktadır (UNESCHO-IHE, 2002). Havzada genellikle tarımsal ürünlerin işlenmesi için kurulmuş sayısı 200'e yaklaşan küçük çaplı endüstriyel tesis bulunmaktadır (Yılmaz ve Doğan, 2008; TUBİTAK MAM, 2013).



Asi Nehri'nin kaynağına yakın bölgelerde su kalitesi iyi olmasına rağmen, nehrin ağızına doğru gittikçe artan tarımsal ve endüstriyel faaliyetten dolayı su kalitesi düşmektedir. Tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapılması ve iklim koşullarından dolayı su kalitesinde ve miktarında mevsimsel olarak değişiklikler gözlemlendiği ve besin tuzu yükünün fazla olduğu bildirilmektedir (FAO, 2009). Asi Nehri'nin ülkemizde kalan kısmı ile ilgili literatürde çalışmalar olmasına rağmen (Taşdemir ve Göksu, 2001; Yılmaz ve Doğan, 2007; Ağca ve ark., 2009; Ödemiş ve ark., 2010), bunların hiçbiri mevsimsel ve mekânsal değişimleri çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanarak incelememiş ve kirliliğe sebep olan temel etmenleri ortaya koyamamışlardır.

Bu çalışmanın temel amaçlarını: (1) Türkiye sınırları içerisindeki Asi Nehri'nin su kalitesindeki mekânsal ve zamansal değişimleri ortaya koymak, (2) mekânsal ve zamansal değişime sebep olan temel etmenleri ortaya çıkarmak, (3) bu temel etmenler içerisinde su kirliliğine sebep olan doğal ya da insan kaynaklı faaliyetleri tespit etmek oluşturmaktadır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Asi Nehri'nde yapılan su kalitesi izleme çalışması sınırlı olup aşağıdaki şekilde sıralanmıştır.

Taşdemir ve Göksu (2001), Asi Nehri'ndeki su kalitesin belirlemek için 1 yıllık bir izleme çalışması gerçekleştirmiştir. 1 boyunca her ay asi nehrinin seçilen istasyonlarından DO, pH, T, EC, COD, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>, TSS, TH ve Silisyum (Si) analizleri yapmıştır. Çalışmanın sonucunda Asi Nehri'ndeki su kirliliğinin az olduğu ama artmasının muhtemel olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Yılmaz ve Doğan (2008), Asi Nehri'nde suda bulunan ağır metal miktarını incelemişlerdir. Suda bulunan Ag, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn konsantrasyonlarını inceleyen Yılmaz, suda bulunan Cd, Ni, Cu, Pb değerlerinin Çevre ve Şehircilik Bakanlığının düzenlediği kriterlerden daha yüksek olduğunu ve suda ağır metal kirliliğinin bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Odemiş ve ark. (2007), Asi Nehri'nde su kalitesinin 1999-2001 yılları arasındaki değişimini incelemişler, çalışma sonucunda suda bulunan COD değerinin hızla arttığı gözlemlenirken, BOD değerlerinde genel bir azalış olduğu sonucuna varmışlardır.

Ağca ve ark. (2009), Asi Nehri'nden 12 farklı istasyondan 6 farklı zaman diliminde aldıkları su örneklerini EC, pH, TDS, Na, K, Ca, Mg, Al, baryum (Ba), Cd, kobalt (Co), Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, PO<sub>4</sub>, Pb, Zn, HCO<sub>3</sub>, ve Cl bakımından incelemiş ve karşılaştırmışlardır. Çalışma sonunda yağışlı dönemlerde EC ve TDS değerlerinin arttığını, havzada ağır metal yönünden önemli bir kirlilik olmadığını, Antakya civarında önemli ölçüde bir PO<sub>4</sub> kirliliği olduğunu belirlemişlerdir.

Dünya'nın çeşitli bölgelerinde yapılmış yüzey suyun kalitesi belirlemek için çok değişkenli istatistiksel yöntemleri kullanan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Singh ve ark. (2005), 3 yıllık su kalitesi izleme çalışmaları sonrasında elde edilen verileri çok değişkenli istatistiksel metotlara tabi tutarak, Gomti Nehri'nde gözlemlenen zamansal ve mekânsal değişimleri ve buna sebep olabilecek potansiyel etkileri araştırmışlardır. Ocak 1999- Aralık 2001 döneminde 8 farklı istasyondan ve her istasyonda 3 farklı derinlikten elde edilen veriler 33 parametre için (sıcaklık (T), pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam alkalinite, kalsiyum sertliği, toplam sertlik (TH),

toplam katı (TS), toplam askıda katı (TSS), toplam çözünmüş katı (TDS), çözünmüş oksijen (DO), 5 günlük biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD<sub>5</sub>), kimyasal oksijen ihtiyacı (COD), amonyak (NH<sub>4</sub>), nitrat (NO<sub>3</sub>), toplam Kjeldahl azotu (TKN), klor (Cl<sup>-</sup>), flor (F<sup>-</sup>), sülfat (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>), fosfat (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>), sodyum (Na<sup>+</sup>), potasyum (K), kalsiyum (Ca<sup>+2</sup>), magnezyum (Mg<sup>+2</sup>), toplam coliform (E.coli), fecal coliform (F.coli), kadmiyum (Cd), krom (Cr), demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu), kurşun (Pb), çinko (Zn), nikel (Ni) değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler CA, DA, PCA teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda, kümeleme analizi kullanarak örnekleme istasyonlarını 3 farklı kümeye indirgemişler, PCA ile su kalitesini etkileyen temel faktörlerin, topraktan ve endüstriyel atık sahalarından sızan iz metaller ile antropojenik kaynaklı aktivitelerden gelen organik kirlilik yükü olduğunu ortaya koymuşlardır. DA sonuçları ise zamansal kaynaklı değişimi takip etmek için %94 doğruluk payı ile 5 parametrenin yeterli olacağını (T, toplam alkalinite, Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup> ve K), mekânsal değişim için ise %97 doğruluk oranı ile 10 parametrenin (debi (Q), pH, BOD<sub>5</sub>, Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, TKN, Zn) yeterli olduğunu saptamışlardır.

Zhou ve ark. (2007), Hong Kong'da bulunan yüzey sularında 2000-2004 yılları arasında 23 farklı istasyonda 48 farklı su kalite parametresi için yapılan izleme çalışmalarının sonuçlarını; bölgedeki benzerlik ve farklılıkları ortaya koymak için CA ve DA kullanarak; mekânsal ve zamansal değişimden sorumlu parametreleri belirlemek içinse PCA kullanarak incelemişlerdir. Örnekleme sıklığına ve verilerin dağılımına bakarak çalışmayı 23 ana parametre üzerinde yoğunlaştırmışlardır (EC, pH, DO, T, COD, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub>, TKN, NO<sub>3</sub>, toplam fosfat (TP), E.coli, F.coli, TS, TSS, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, F, Arsenik (As), alüminyum (Al), Fe, Cu, krom (Cr), Mn, Pb, Ni, Zn). Kümeleme analizi yardımı ile su kalitesindeki benzerlikleri inceleyen araştırmacılar 12 aylık sezonu iki farklı grupta, 23 farklı istasyonu da 3 farklı grupta toplamışlardır. Araştırmacılar, ayırma analizi kullanarak su kalitesindeki geçici değişimlerin izlenmesinde %84 doğruluk oranı ile 6 parametrenin (pH, T, BOD<sub>5</sub>, F.coli, Fe, Ni), mekânsal değişimlerin izlenmesinde ise %90 doğruluk payı ile 7 parametrenin (pH, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, F.coli, Fe, Ni, Zn) yeterli olduğunu ortaya koymuşlardır.

Shrestha ve Kazama (2007), Fuji Nehri'nin su kalitesindeki değişimi ve bunu etkileyen faktörleri anlayabilmek amacıyla çok değişkenli istatistiksel metotları kullanmışlardır. 1995-2002 yılları arasında 13 farklı istasyonda yapılan izleme

çalışmaları sonucunda elde edilen verileri (Q, T, DO, BOD, COD, pH, TSS, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>, EC, E.coli (toplam koliform) parametreleri) CA, DA ve PCA kullanarak irdelenmişlerdir. Hiyerarşik kümeleme analizi sonucu mevcut olan 13 istasyonu benzer su kalitesine sahip 3 farklı grupta toplayabilmişlerdir. Bununla beraber PCA veri setinin boyutlarının azaltılmasında gözle görülür bir değişiklik sağlayamasa da su kalitesinde değişimlere sebep olan ana olayları tarımsal aktiviteler ve nehre yapılan atık su girişleri sonucu nehirde oluşan organik kirlilik yükü olarak belirlemişlerdir. Mekânsal ve zamansal değişimin açıklanması için ayrıştırma analizi kullanan araştırmacılar, mekânsal değişimi yansıtan parametreleri %85 doğruluk oranı ile Q, T, DO, BOD, EC, NO<sub>3</sub> ve zamansal değişimi yansıtan parametreleri %81 doğruluk oranı ile debi, T, BOD<sub>5</sub>, pH, EC, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub> olarak belirlemişlerdir.

Zhang ve ark. (2009), Dalio Nehri havzasındaki su kalitesinin zamansal ve mekânsal değişimini ve su kalitesini etkileyen muhtemel kirlilik kaynaklarını belirleyebilmek için CA, DA ve PCA metodlarından faydalanmışlardır. 2003-2005 yılları arasında 18 farklı istasyondan alınan su örneklerini, standart metodları izleyerek 13 farklı su kalite parametresi ( T, pH, DO, EC, COD, BOD<sub>5</sub>, petrol hidrokarbon, uçucu fenol, NH<sub>4</sub>, TP, civa (Hg), Pb ve F.coli) için analiz etmişlerdir. Araştırmacılar, CA ile istasyonları üç farklı kirlilik derecesine göre ayırmışlar, 12 aylık periyodu ise 3 farklı kümede toplamışlardır. DA ile ise mevsimsel değişimi etkileyen parametreleri T, pH, DO, BOD<sub>5</sub>, uçucu fenol ve F.coli olarak %84,5 doğruluk oranı ve mekânsal değişimi tayin eden parametreleri DO, NH<sub>4</sub>, Hg, uçucu fenol ve F.coli olarak %73,61 doğruluk oranı ile tayin etmişlerdir. PCA analizi ile nehirdeki kirlilik kaynaklarını 5 farklı ana kirlilik kaynağı olarak belirlemiş ve yayılı kirliliğin bölgede ön planda olduğunu bildirmişlerdir.

Fan ve ark. (2010), Pearl Nehri deltasındaki fiziko-kimyasal su kalitesi parametrelerinin çok değişkenli istatistik metodları (CA, PCA) kullanarak değerlendirmiştir. 2005 yılında kurak sezonda üç ana bölgede bulunan 49 farklı istasyondan toplanan su kalite numunelerini DO, COD, BOD<sub>5</sub>, TP, NH<sub>3</sub>, Hg ve yağ parametreleri bakımından analiz edilmiştir. CA sonucunda istasyonları kirlilik düzeyine göre 3 ana grupta toplamışlar, PCA sonucunda ise havzanın kuzeyinde organik (DO, COD), inorganik (NH<sub>3</sub>, TP) ve ağır metal (Hg) kirlilik yükünün öncelikli olduğunu, doğu ve batısında ise sırasıyla organik (BOD<sub>5</sub>, COD) ve inorganik (NH<sub>3</sub>\_N, TP) kirlilik yüklerinin ağırlıklı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Wang ve ark. (2013), Songhua Nehri havzasındaki su kalite parametrelerinin zamansal ve mekânsal değişimlerini ve bu değişimlere neden olan potansiyel etkileri anlayabilmek için çok değişkenli istatistik metotları (CA, PCA) kullanmışlardır. Çalışmada 2005-2009 yılları arasında aylık olarak 6 farklı istasyonda yürütülen izleme çalışmalarının sonuçlarını kullanmışlardır. Yapılan ön değerlendirmeler sonucunda kümeleme ve temel bileşenler analizlerinde kullanılacak parametreleri pH, COD, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, Cu, Cr<sup>+6</sup>, TP, yağ, SO<sub>4</sub>, T, As, selenyum (Se), Zn ve Pb olarak belirlemişlerdir. Hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda 6 farklı izleme istasyonunu 3 ana gruba ayırmışlar, 12 aylık sezonu ise 3 dönemlik gruplara indirgemişlerdir. CA sonucunda oluşan bölgeleri PCA ile inceleyerek ilk bölgedeki organik ve besin yükü kirliliğinin tarımsal aktivitelerden, ağır metal kirliliğinin endüstrilerden, toksik kirliliğin ise ilaç sanayisinden kaynaklandığını; ikinci bölgedeki oksijen tüketen organik kirliliğin ve ağır metal kirliliğinin endüstrilerden, besin miktarındaki yükün ise tarımsal aktiviteler ve organik ve jeolojik ayrışmadan kaynaklandığını; üçüncü bölgede ise oksijen tüketen organik kirliliğin bölgedeki çamur ve atık su arıtma tesislerinden, besin yükünün tarımsal, yağ ve petrokimyasal dağılımın ise endüstrilerden kaynaklandığını ortaya koymuşlardır.

Wang ve ark. (2014), Tamsui Nehri havzasındaki 38 istasyonda yürütülen izleme çalışmalarında nehrin su kalitesini koruyarak, daha az parametre ile bir izleme çalışması yapıp yapılamayacağını test etmişlerdir. 2011 yılında aylık olarak incelenen T, pH, EC, DO, BOD<sub>5</sub>, COD, SS, NH<sub>3</sub>, E.coli parametrelerinin yanı sıra mevsimsel olarak incelenen toplam organik karbon (TOC), TP, nitrit (NO<sub>2</sub>), NO<sub>3</sub>, Cd, Pb, Cr, Cu, Zn, Hg, As, Se, Mn, gümüş (Ag) verilerini de kullanmışlardır. Kümeleme analizi sonucunda kirlilik derecesine göre istasyonları üç ana gruba indirgemişlerdir. DA sonucunda su kalitesindeki mekana bağlı değişimi en iyi şekilde ifade eden parametreler TOC, TP, As, Cu ve NO<sub>3</sub> olarak belirlemişlerdir. PCA ile kirliliğe sebep olan temel faktörleri; insan kaynaklı aktiviteler, nitrifikasyon, deniz suyu karışımı ve jeolojik ayrışma olarak belirlemişlerdir.

Moyel (2014), Shatt Al-arab Nehri'ndeki önemli su kalite parametrelerini anlamak için kümeleme ve temel bileşenler analizini kullanmıştır. Aralık 2012- Ekim 2013 zaman dilimi boyunca 7 farklı istasyondan alınan örnekler 17 farklı parametre (T, pH, tuzluluk, EC, bulanıklık, DO, BOD<sub>5</sub>, Alkalinite, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>) için analiz edilmiştir. Temel bileşenler analizi sonucunda veri setindeki

değişimin %78,64'ünden sorumlu olan dört temel faktörü su mineralizasyonu, sıcaklık ve organik kirliliğin mevsimsel etkisi, besin tuzu miktarı ve su görünürlüğü olarak belirlemişlerdir. Kümeleme analizi sonucunda ise mevcut olan 7 istasyonu benzer fiziko-kimyasal özelliklerine göre dört farklı grupta toplamışlardır.

González ve ark. (2014), Petrero de los Funes Nehri'ndeki organik kirliliğin zamansal ve mekânsal değişimi ile kendini temizleme kapasitesini araştırmışlardır. Nehrin kendini temizleme kapasitesini belirlemek için Streerer-Phelps modelini kullanmışlardır. 2010-2012 yılları arasında takip edilen 22 fiziko-kimyasal parametreyi temel bileşenler analizi, kümeleme analizi ve ANOVA testine tabii tutarak zamansal ve mekânsal değişimi irdelenmişlerdir. Temel bileşenler analizi sonucunda nehirde kirliliğe sebep olan temel faktörleri insan kaynaklı ve mineral kaynaklı olarak ikiye bölmüşlerdir. ANOVA testi sonucunda ise organik kirliliğin başlıca kaynaklarının atıksu deşarjı nedeni ile nehre gelen atıksu akışı olduğunu tespit etmişlerdir.

Azhar ve ark. (2015), Muda Nehri'ndeki su kalitesinin sınıflandırılması için çok değişkenli istatistik metotları (CA, PCA ve CA) kullanmışlardır. 9 farklı istasyonda gerçekleşen 1998-2007 yıllarına ait ölçüm sonuçlarını incelemişlerdir. İncelenen parametreleri DO, BOD, COD, TSS, pH ve NH<sub>3</sub> oluşturmaktadır. CA ve PCA sonuçlarını değerlendirerek bölgedeki su kalitesini iki farklı sınıfta toplamışlardır. Bununla beraber yapılan DA sonucunda nehirdeki kirlilik sınıflarındaki farklılığı sudaki amonyak miktarının oluşturduğunu tespit etmişlerdir.

Ogwueleka (2015), Kaduna Nehri'ndeki su kalitesinin değişimini incelemek için CA, PCA ve Mann-Whitney U testi kullanmıştır. Nehirde 8 farklı istasyonda 2008-2012 yılları arasında aylık bazda yürütülen izleme çalışmalarının sonuçlarını veri seti olarak kullanmıştır. Kümeleme analizi zamansal değişimi kurak ve yağışlı dönem olmak üzere iki ana gruba ayırırken, mekânsal değişimi kirlilik düzeyine göre iki ana kümede toplamıştır. PCA az kirli olan bölgelerdeki su kalitesindeki değişimi etkileyen faktörleri doğal nedenlerle oluşan organik, mineral, mikrobiyal besin yükü olarak belirlemiştir. Mann-Whitney U testi kullanılarak belirlenen mevsimsel değişikliği gösteren öncelikli parametreleri pH, TDS, T, EC, bulanıklık, TH, Mg, Ca, T. Coli, NO<sub>3</sub>, COD, BOD; mekânsal değişimi gösteren öncelikli parametreleri ise TDS, EC ve T. Coli olarak belirlemiştir.

Xu ve ark. (2015), 1990-2004 yılları arasında Yuqiao havzasında yapılan izleme çalışmalarının sonuçlarını kullanarak havzadaki su kalitesinin değişimini çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanarak incelemişlerdir. 7 farklı istasyonda incelenen su kalite parametrelerini T, pH, SS, TH, Cl<sup>-</sup>, DO, COD, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, TN, TP, klorofil-*a* (Chl-*a*) oluşturmaktadır. Hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda mevsimlerin üç farklı zamana diliminde (az akış, orta akış, çok akış) ve istasyonların da iki ayrı grup olarak incelenebildiğini görmüşlerdir. DA sonucunda su kalitesindeki değişimi bölgelere bağlı olarak en iyi yansıtan parametreler T, pH, SS, TH, DO, NO<sub>3</sub>, ve TP olarak; zamana bağlı değişimi en iyi yansıtan parametreler ise T, pH, NO<sub>2</sub> olarak tespit etmişlerdir. PCA sonucunda ise temel kirlilik kaynaklarını besin tuzlarının, organik ve inorganik kirlilik yüklerinin oluşturduğunu belirlemişlerdir.

Nie ve ark. (2015), yüzey sularındaki besin miktarının değişimini ve kirliliğe sebep olan potansiyel kaynakları belirlemek için kümeleme ve temel bileşenler analizini kullanmışlardır. Havzadaki 16 büyük kanaldan aylık bazda 2 yıl boyunca (2011-2012) alınan su numunelerini havzadaki tarımsal gübre kullanımı ve havzasının jeolojik özelliklerini de dikkate alarak incelemişlerdir. Kümeleme analizi sonucunda su kalitesinin Haziran ayında en kötü düzeyde, Ekim-Mayıs arasında orta düzeyde ve Haziran-Ekim arasında göreceli iyi düzeyde olduğunu ortaya koymuşlardır. Benzer şekilde arazi kullanımına bağlı olarak 2 istasyondaki suyun çok kirli olduğunu, 6 istasyondaki suyun orta düzeyde olduğunu ve 8 istasyondaki suyun iyi düzeyde olduğunu tespit etmişlerdir. Temel bileşenler analizi sonucunda ise çay ekimi ve hasatı zamanında oluşan yüzey akışı ile kentlerden gelen yüzey akışın nehirdeki kirliliğe katkı sağlayan temel olaylar olduğunu ve nehirdeki temel kirleticinin azot olduğunu saptamışlardır.

Oke ve Sangodayin (2015), Ogun havzasında kirliliğe sebep olan ana etmenleri belirleyebilmek için temel bileşenler analizini kullanmışlardır. 10 farklı istasyonda 1 yıl boyunca yaptıkları izleme çalışmalarında 26 su kalite parametresini takip etmişlerdir. Temel bileşenler analizi sonucunda 26 parametreden 20 sinin bölgedeki izleme çalışmaları için kritik olduğunu saptamışlar ve 20 parametrenin bölgedeki su kalitesi değişimini %90 doğrulukla yansıttığını saptamışlardır. PCA sonucunda bölgedeki yayılı kirliliğin yoğun olduğunu saptamışlar ve bunun için acil önlem alınması gerektiğini vurgulamışlardır.

Ruždjak ve Ruždjak (2015), Sava Nehri'nin savaş sonrasındaki kirlilik derecesini belirlemek ve AB standartlarına uygun yasal temelleri oluşturmak için gerekli bilgiyi sağlamak için çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden faydalanmışlardır. Sava Nehri'nin Hırvatistan içinde kalan kısmında yapılan çalışmada, 2000-2006 yılları arasında 18 farklı istasyonda ayda iki defa ölçülen 18 fiziko-kimyasal parametre (hava ve su sıcaklığı, pH, EC, TSS, Alkalinite, DO, oksijen doygunluğu (%), COD<sub>Mn</sub>, COD, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, TKN, TP, toplam yağ, mineral yağ) incelenmiştir. PCA sonucunda veri setindeki değişimin %75 inin 7 parametre ile belirlenebileceğini saptamışlardır. Kümeleme analizi sonucunda ise 18 istasyon kirlilik derecesine göre 4 farklı istasyonda toplamışlardır.

Wang ve ark. (2015), Fuxian Gölü'ndeki su kalitesi değişimini anlamak için Daniel trend testi, ayrışma analizi ve kümeleme analizi kullanmışlar, nehirdeki temel kirleticiyi bulmak için ise su kirliliği endeksinden yararlanmışlardır. Mart-Ekim 2013 ayları arasında yapılan 7 saha çalışmasında 14 farklı istasyonda su numuneleri toplamışlar ve toplam azot (TN), TP, COD ve NH<sub>4</sub> için gerekli analizleri standart metotlara göre uygulamışlardır. Hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda zamana bağlı değişimi hidrolojik özelliklerine göre iki farklı grupta (düşük ve yüksek debi) toplamışlar ve farklılaşmaya neden olan parametreleri TP ve TN olarak belirlemişlerdir. Ek olarak, 14 farklı istasyonu kirlilik derecesine göre 3 küme halinde gruplamışlar ve TN ile NH<sub>4</sub>'ün bu farkı yaratan öncelikli parametreler olduğunu tespit etmişlerdir. Daniel trend testi sonucunda kirliliğin kuru sezondan yağışlı sezona ve nehrin üst kısmından alt kısmına doğru biriktiğini bulmuşlardır. Su kirlilik indeksi (WQI) sonuçlarına göre bölgedeki ana kirlilik kaynağı TN çıkarken, COD en düşük endeksli kirleticisi olarak bulunmuştur. Son olarak, PCA sonuçları kirliliğe sebep olan temel etkeni tarımsal aktivitelerden kaynaklı yayılı kirlilik olduğunu göstermiştir.

Bhatrai ve ark. (2015), Doam Gölü havzasındaki su kalitesinin yağışa bağlı olarak değişimini incelemek için temel bileşenler analizi kullanmışlardır. 2010-2013 yılları arasında 8 farklı istasyonda yapılan izleme çalışmalarında elde edilen veri setleri yağışlı ve yağışsız mevsimler olarak ikiye ayrılmış ve PCA kullanılarak karşılaştırmaları yapılmıştır. Çalışma sonucunda yağışsız mevsimlerdeki kirliliği oluşturan en öncelikli parametrelerin TP ve çözünmüş inorganik fosfat (oPO<sub>4</sub>) olduğunu saptamışlar ve bunun sebebinin tarımsal aktivitelere ve noktasal değarjlara bağlı yayılı ve evsel kirlilik olduğunu saptamışlardır. Yağışlı mevsimlerde ise bulanıklık, TSS, NO<sub>3</sub> ve oPO<sub>4</sub>



parametrelerini öncelikli parametre olarak belirlemiş ve toprak erozyonu ve yağışa bağlı olarak kirliliğin güçlendiğini saptamışlardır.

Muangthong ve Shrestha (2015), Namphong ve Songkhram Nehir'lerindeki izleme çalışmaları sonucunda elde edilen 10 yıllık veri setini CA, PCA ve DA kullanarak incelemişlerdir. Temel bileşenler analizi sonucunda Nampong Nehrindeki su kalitesi değişimini %69,80 oranla açıklayan 5 ana etmen ve Songkhram Nehri'ndeki değişimi ise %80 oranla açıklayan 6 ana etmen belirlemişlerdir.

Kaveh ve ark. (2015), Talar Havzası'ndaki mevsimsel ve bölgesel değişimi anlamak ve kirlilik önceliklendirmesi yapabilmek için 2003-2011 yılında 6 istasyonda izlenen 12 su kalite parametresini (TDS, EC, pH, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl, SO<sub>4</sub>, Ca, Mg, Na, K, sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), TH) tek-yönlü ANOVA, PCA, CA kullanarak incelemişlerdir. Tek yönlü ANOVA testi sonucunda mevsimsel ve bölgesel değişimlerin su kalitesi üzerinde etkili olduğunu bulmuşlardır. CA sonucunda ise istasyonları 4 ana grupta birleştirmişlerdir. PCA ise havzadaki en çok ve en az kirliliğe sebep olan faaliyetleri sırasıyla litoloji ve nehir yatağında yapılan madencilik olarak göstermiştir.

Jung ve ark. (2016), Nahdong nehri havzasındaki değişimleri incelemek ve daha rasyonel bir izleme çalışması yürütülebilmesini sağlamak için çok değişkenli istatistiksel metotları kullanmışlardır. İzleme çalışmaları 2008-2012 yılları arasında 20 farklı istasyonda gerçekleştirmişler ve standart metotları uygulayarak BOD, COD, TOC, TN, TP, klorofil-*a*, T, pH, DO, EC, SS konsantrasyonlarını ve debiyi hesaplamışlardır. CA sonucunda nehir boyunca iki farklı kirlilik seviyesi olduğunu ortaya koymuşlardır. PCA sonucunda nehirdeki kirliliği etkileyen birincil faktörlerin besin tuzları (TP, TN) ve organik kirlilik (TOC, COD) olduğu, ikincil faktörlerin debi ve katı madde miktarı olduğu, üçüncül faktörlerin ise klorofil-*a*, BOD, pH olduğunu ortaya koymuşlardır.

Monica ve Choi (2016), Saemangeum Havzası'ndaki su kalitesinin zamansal ve mekânsal değişimini anlamak amacıyla çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanmışlardır. 2001-2013 yılları arasında DO, BOD, COD, SS, TN, TP parametrelerinin aylık ve 8 günlük bazda incelendiği iki farklı veri setini CA, DA ve PCA kullanarak incelemişlerdir. Korelasyon analizi, parametrelerin mevsimler ile direk bir korelasyon içinde olduğunu ortaya koyarken, iki yönlü ANOVA testi her iki veri setinin de mevsimler arasındaki değişikliğin belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmacılar,

PCA kullanarak havzadaki su kalitesinin değişimini gösteren temel parametrelerin DO, BOD ve COD olduğunu tespit etmişlerdir.

Chow ve ark. (2016), Fei-Tsui Havzası'ndaki su kalitesi izleme çalışmalarının verimini anlamak için çok değişkenli istatistiksel çalışmalardan faydalanmışlardır. 14 farklı istasyonda ölçülen T, DO, BOD<sub>5</sub>, pH, TSS, EC, NO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, TP, Fe, Mg, Ca, SO<sub>4</sub>, bulanıklık, toplam alkalinite, TH, TDS, TOC ölçümlerini kümeleme ve temel bileşenler analizine tabi tutmuşlardır. Hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda kirlilik derecesine göre var olan 14 istasyon 3 farklı gruba indirgenmiştir. Bununla beraber, PCA sonucunda veri setinin boyutlarında büyük bir azaltma meydana gelmemiş, fakat bölgede kirliliğe sebep olan temel bileşenleri minerallerden kaynaklı bileşenler, yayılı kirlilikten gelen besin tuzları ve antropogenik aktivitelerden kaynaklanan organik kirlilik yükleri olarak belirlemişlerdir.

Zheng ve ark. (2016), ikinci Songhua Nehri Havzası'ndaki su kalitesini belirlemek için CA, PCA ve DA kullanmışlardır. 2012-2013 yılları arasında 15 farklı istasyondan elde edilen T, pH, F, DO, NH<sub>3</sub>, COD, COD<sub>Mn</sub>, BOD<sub>5</sub>, uçucu fenoller, E.coli parametrelerini incelemişlerdir. Kümeleme analizi sonucunda nehirdeki istasyonları kirlilik derecesine göre az, orta ve çok kirli olarak üç ana grupta toplamışlardır. DA sonucunda nehirdeki kirliliği gözlemlenmede en önemli parametreleri pH, F, DO, NH<sub>3</sub>, COD ve uçucu fenoller olarak belirlemişlerdir. Temel bileşenler analizini ise az kirli, orta kirli ve çok kirli alanlarda su kalitesinde gözlemlenen değişimin sırasıyla %70'ine, %62'sine ve %71'ne sebep olan ana parametreleri belirlemekte kullanmışlardır.

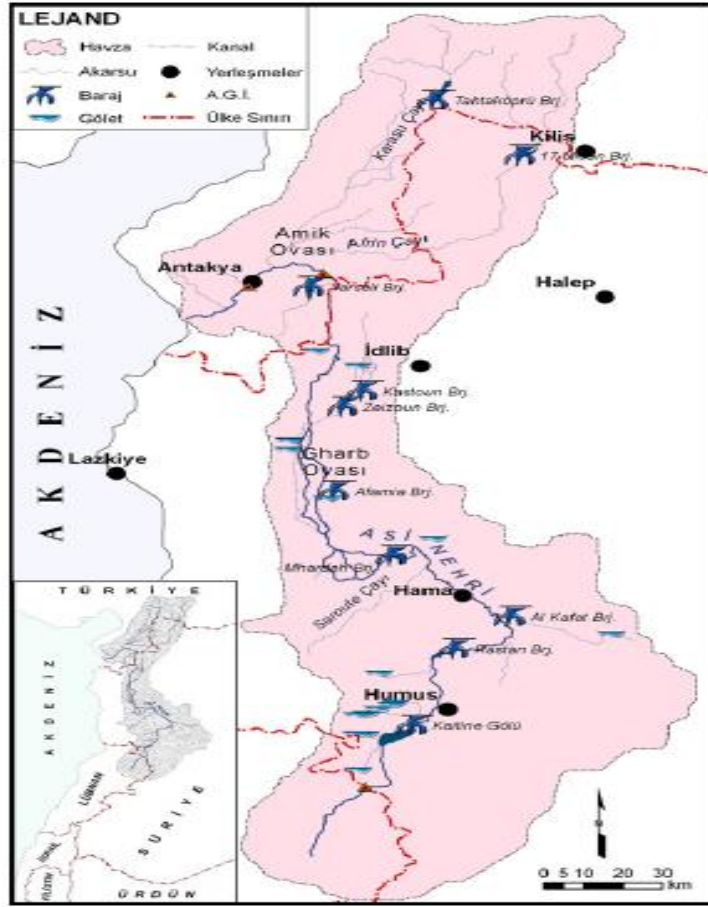
### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Uluslararası bir havza olan Asi Havzası'nın ülkemiz içerisinde kalan kısmındaki su kalitesi, havzanın iklimi, arazi yapısı, arazi kullanımı, suyun kullanım alanları dikkate alınarak çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden faydalanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma alanı olarak da Devlet Su İşlerine bağlı beş istasyon (I: Eşrefiye İstasyonu, II: Demirköprü İstasyonu, III: Küçük Asi İstasyonu; IV: Antakya İstasyonu; V: Samandağ İstasyonu) seçilmiş, bu istasyonlardaki 10 yıllık su kalite parametreleri kullanılarak mevsimsel ve mekânsal değişimleri yorumlanmıştır.

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Asi Havzası

Asi Nehri, Lübnan'ın Elbekaa Vadisi'nden çıkıp Suriye'yi geçtikten sonra Etun yöresinde Türkiye'ye gelir. Afrin ve Karasu çayları ile birleşerek Amik Ovası'na ulaşır, geniş bir yayla Antakya'yı geçer ve güneybatı yönünde ilerleyerek Samandağ'dan Akdeniz'e dökülür. Asi Nehri'nin toplam uzunluğu 556 km olup, bunun 40 km'si Lübnan, 366 km'si Suriye ve 98 km'si Türkiye toprakları arasında yer alır. 52 km'lik kısmı ise Türkiye-Suriye sınırını oluşturur. Nehrin yüzeysel besleme alanı 21.743 km<sup>2</sup> olup, 5.548 km<sup>2</sup> 'si ülkemiz sınırları içinde yer alır (Korkmaz ve Karataş, 2009)(Şekil 3.1). Asi Havzası'nın ülkemizde kalan kısmı kuzeyde Amanos Dağları, Doğu ve Güneyden Suriye sınırı ve batıdan Kösürük ve Kartal Dağları ile Akdeniz tarafından kuşatılmıştır (Hatay Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2011).



Şekil 3.1: Asi Havzası'nın konumu ve havzadaki başlıca hidrolojik yapılar (Korkmaz ve Karataş, 2009)

### 3.1.1.1. Asi Havzası'nda iklim

Araştırılan Asi Havzası yazların sıcak ve kurak, kışların ise ılık ve yağışlı geçtiği Akdeniz iklim kuşağında bulunmaktadır. Bununla beraber iklim havzada iç kesimlere doğru gidildikçe sertleşir. Havzanın yıllık ortalama yağış miktarı 816 mm, ortalama sıcaklık miktarı 16,8°C, yıllık toplam akışı 1,17 km<sup>3</sup>/yıl, ortalama havza verimi 2,60 L/sn/km<sup>2</sup>'dir (TUBİTAK MAM, 2013). Havzanın yıllık 2,8 milyar m<sup>3</sup> olan su potansiyelinin 0,3 milyar m<sup>3</sup>'ü Lübnan'dan, 1,2 milyar m<sup>3</sup>'ü Suriye'den, 1,3 milyar m<sup>3</sup>'ü ise Türkiye'den gelmektedir (TUBİTAK MAM, 2013).

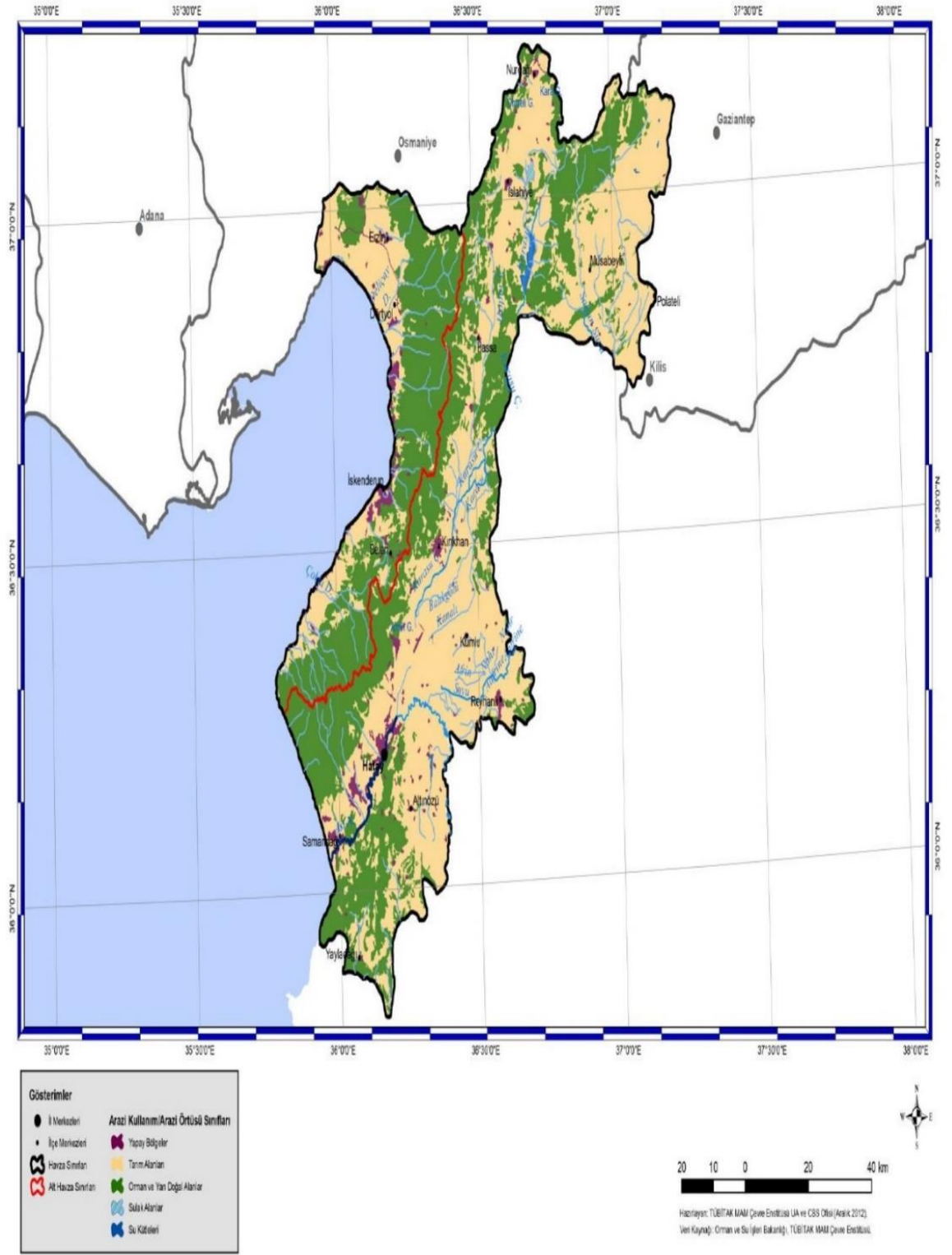
### 3.1.1.2. Asi Havzası'nda arazi kullanımı

Asi Havzası'nın ülkemizdeki sınırları içinde Hatay ilinin tamamı, Kilis, Gaziantep, Adana ve Osmaniye illerinin ise bir kısmı yer almaktadır. Asi Havzası'nda gerçekleştirilen insan kaynaklı aktiviteleri tarım, hayvancılık ve tarıma dayalı sanayi oluşturmaktadır. Bölgede zeytin yetiştiriciliği, meyvecilik, sebzeçilik ve pamuk üretimi

yoğunluklu olarak yapılmaktadır. Ek olarak, bölgedeki başlıca sanayi kollarını pamuk işleme tesisleri, un, irmik, pamuk yağı, zeytinyağı üretimi ve bakliyat tasnifleme oluşturmaktadır. İskenderun Körfezi alt havzasında ise İskenderun demir çelik fabrikasının varlığından dolayı, demir-çelik üretimi ve işlemesine dayalı bir sanayi gelişmiştir. Ayrıca, bu bölgede çok sayıda haddahane, çimento sanayi ve termik santral mevcuttur. Asi Nehri Havzası'nda çok sayıda yerleşim merkezi olup, Hatay ilinin merkez ilçesi Antakya, nehrin iki yakasına yerleşmiştir. Bütün bu faaliyetler sonucunda, Asi Havzası drenaj alanına giren arazinin kullanım durumu incelendiğinde, arazinin %53'ünün tarımsal alan, %43'ünün orman ve yarı doğal alan, %3'ünün şehir vb. gibi insan etkisi ile oluşmuş alanlar oluşturmaktadır (TUBİTAK MAM, 2013). Havzadaki arazi kullanımına ait harita Şekil 3.2'de verilmiştir.

#### *3.1.1.3.. Asi Havzası'nda suyun kullanım alanları*

Ülkemizde Asi Nehrinden yoğunluklu olarak tarımsal sulamada kullanılmakta ve yaz aylarında nehir kuruma noktasına gelmektedir (UNESCO-IHE, 2002). Ayrıca, nehrin etrafında ve kıyısında konumlanmış olan sanayi tesisleri hem nehirden faydalanmakta hem de ürettikleri atıksuları nehre deşarj etmektedirler (Yılmaz ve Doğan, 2008). Bütün bunlara bağılı olarak Asi Nehri'ndeki su kalitesinde mevsimsel ve mekânsal olarak değışmeler olduğu ve bilinçsiz gübre kullanımına bağılı azot ve fosfat kirliliğinin fazla olduğu bilinmektedir (FAO,2009).



Şekil 3.2: Asi Havzası arazi kullanım haritası (TUBITAK MAM,2013)

### 3.1.2. İncelenen Su Kalite Parametreleri

Kentleşme ve endüstrileşmeye bağlı olarak artan çevre kirliliği zaman içerisinde yüzey sularındaki kaliteyi tehdit eder bir hal almıştır. Bu durum günden güne artan su ihtiyacını karşılamayı zorlaştırmıştır (Akın ve Akın, 2007). Bu nedenle yüzey sularındaki kaliteyi korumak ve düzeltmek için yönetmelikler oluşturulmuş (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) ve Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği (YSKYY)) ve izlenmesi gereken su kalitesi parametreleri belirlenmiştir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı,2012; Çevre ve Orman Bakanlığı,2004).

Bu çalışmada DSİ tarafından Asi havzasında 5 farklı istasyonda 2004-2014 yılları arasında yapılan mevsimsel su kalitesi izleme çalışmalarının sonuçları kullanılmıştır. DSİ'den elde edilen veri setinde otuzdan fazla parametrenin ölçüm sonuçları olmasına rağmen, bu parametrelerin hepsinin ölçümü düzenli bir şekilde yapılmamıştır. Bu nedenle çalışmada faydalanılması planlanan su kalite parametrelerini 5 günlük biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD<sub>5</sub>), kimyasal oksijen ihtiyacı (COD), çözünmüş oksijen (DO), nitrit azotu (NO<sub>2</sub><sup>1-</sup>), nitrat azotu (NO<sub>3</sub><sup>1-</sup>), amonyak azotu (NH<sub>3</sub>), orto-fosfat (oPO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), sülfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), elektriksel iletkenlik (EC), askıda katı madde (SS), toplam çözünmüş katı (TDS), toplam sertlik (TH), sıcaklık (T), sodyum (Na<sup>+</sup>), magnezyum (Mg<sup>2+</sup>), kalsiyum (Ca<sup>2+</sup>), pH, potansiyum (K<sup>+</sup>) ve klor (Cl<sup>-</sup>) oluşturmuştur. Bununla beraber K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, TH ve pH parametreleri çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile değerlendirilmeye uygun olmadığından veri setinden çıkarılmıştır.

İncelenen parametrelerin yüzeysel su kalitesi açısından önemi aşağıdaki Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Su Kalite Parametrelerinin Tanımı ve Önemi

Parametre	Birim	Tanımı	Önemi
<b>BOD<sub>5</sub></b>	mg/L	Bir su veya atık sudaki organik maddelerin biyokimyasal süreçlerle tam ayrışmaları için bu işlemi yapan mikroorganizmaların, suyun birim hacimi basına gereksinim duydukları oksijen miktarıdır (Gündüz, 2016).	.BOD <sub>5</sub> sudaki organik kısmın bakteriler tarafından tüketilebilen kısmını gösterir (Hur ve Cho, 2012). Aynı zamanda sudaki çözülmüş oksijen miktarının azalmasında direk etkisi vardır (Oke ve Sangdoyin, 2015).
<b>COD</b>	mg/L	Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) sudaki yükseltgenebilir maddelerin kimyasal yolla oksitlenmeleri için gerekli oksijen miktarıdır (Anonima, 2012).	BOD <sub>5</sub> ' den farklı olarak COD, sudaki organik kısmın tamamını kapsar (Hur ve Cho, 2012).
<b>DO</b>	mg/L	Su veya atık su içinde çözülmüş halde bulunan oksijen miktarıdır (Gündüz,2016).	Suda azalan çözülmüş oksijen miktarı yüksek mikrobiyolojik aktiviteyi gösterir ve çoğunlukla yüksek BOD <sub>5</sub> ile beraber gözlemlenir (Oram, 2014).
<b>Sıcaklık</b>	°C	Suyun sıcaklığını ya da soğukluğunu ifade etmek için kullanılan fiziksel bir parametredir.	Suyun sıcaklığı suda bulunan çözülmüş oksijen miktarını etkilemesi, suda gerçekleşen kimyasal ve biyolojik tepkimeleri ve akuatik sistemdeki tür çeşitliliğini etkilemesi sebebi ile önemlidir (Anonymousa, 2016).



Çizelge 3.1 : Su Kalite Parametrelerinin Tanımı ve Önemi (Devam)

Parametre	Birim	Tanımı	Önemi
<b>pH</b>	-	Bir çözeltinin asitlik ya da bazlık derecesini gösteren ölçü birimidir.	Suyun pH'ı suda gerçekleşen kimyasal ve biyolojik tepkimeleri etkilemesi sebebi ile önemlidir (Anonymousb, 2016).
<b>TDS</b>	mg/L	TDS, suda çözülmüş olan toplam katı madde miktarının bir ölçüsüdür.	Numuneden suyun buharlaştırılmasının ardından geride kalan sodyum, kalsiyum, magnezyum, bikarbonat, klorür ve diğer çözünen maddeleri içerir (Anonymousb, 2016).
<b>EC</b>	µS/cm	Suyun elektrik akımını iletme yeteneğini ölçen bir parametredir.	Suda bulunan iyon miktarı arttıkça, özellikle çözülmüş tuzlar, EC değeri artar (Anonymousb, 2016).
<b>SS</b>	mg/L	Suyun akışı ile beraber hareket eden, akış azaldığı zamanda çökmeyen suda askıda asılı halde kalan yarıçapı genellikle 0.1 mm'den az olan katı maddelerin ölçüsüdür.	Suda bulanıklığa sebep olur (Anonymousb,2016).
<b>TH</b>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Suyun sertliği suda bulunan minerallerin miktarını gösteren parametredir.	Suyun sertliği suda bulunan başlıca kalsiyum ve magnezyum iyonlarının varlığından kaynaklanır (WHO, 2011). Suyun kireç taşı ve tebeşir birikintilerinden süzülmesi sonucunda suyun sertliği artar (Anonimb, 2016).

Çizelge 3.1 : Su Kalite Parametrelerinin Tanımı ve Önemi (Devam)

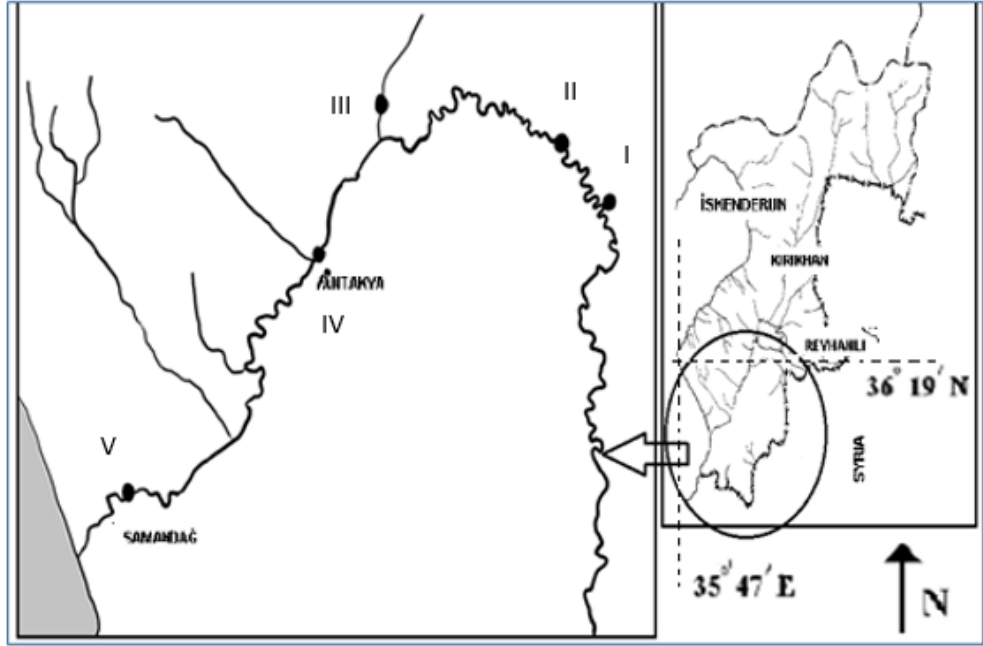
Parametre	Birim	Tanımı	Önemi
<b>Besin Tuzları:</b> <b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup>,</b> <b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup>,</b> <b>NH<sub>3</sub>,</b> <b>oPO<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	mg/L	Bir litre suda bulunan nitrit, nitrat, amonyum ve orto-fosfat miktarını mg cinsinden ifade eden parametrelerdir.	<p>Akuatik sistemlerde azot ve fosfat mikrobiyolojik çeşitliliğe de bağlı olarak çeşitli formlarda bulunabilir. Bazı mavi-yeşil alg türleri havada bulunan azot gazını organik azota çevirirken, bazı bakteriler, fungi ve bitkiler amonyumu, bazıları da nitratı enerji kaynağı olarak kullanırlar. Fİtoplankton ve bazı bitki türleri de ortofosfatı kullanırlar.</p> <p>Bu besin tuzları sudaki birincil verimliliği azaltması ve alglerin aşırı büyümesine sebep olması nedeni ile önemlidir. Özellikle sudaki azot miktarının fazla olması ötrifikasyona sebep olabilir. (Aksoy ve ark.,2006).</p> <p>Yüzey sularındaki besin tuzlarının ana kaynağını ise tarımda kullanılan gübreler ve deşarj edilen evsel ve endüstriyel atıksular oluşturmaktadır. (Anonymouse, 2016)</p>
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	mg/L	Bir litre suda bulunan sülfat miktarını mg cinsinden ifade eden parametredir.	Sülfat sedimentte bulunan besin tuzlarının yüzey sularına çözünmesini hızlandırır, akuatik ekosistem için toksik etki barındır ve metal iyonlarının toprağa bağlanmasını sağlar. (Orem, 2011)

Çizelge 3.1 : Su Kalite Parametrelerinin Tanımı ve Önemi (Devam)

Parametre	Birim	Tanımı	Önemi
<b>Alkali Metaller:</b> <b>Ca<sup>2+</sup></b> <b>Mg<sup>2+</sup></b> <b>Na<sup>+</sup></b>	mg/L	Bir litre suda bulunan kalsiyum, magnezyum ve sodyum miktarını mg cinsinden ifade eden parametrelerdir.	Kalsiyum, magnezyum ve sodyum yüzey sularında en sık rastlanan alkali metalleri oluşturmaktadır (Grochowska ve Tandyrak 2009). Genellikle havzanın yapısında bulunan kayaların yıkanması sonucunda yüzey suyuna karışırlar (Gałczyńska et al. 2013).
<b>Q<sub>anlık</sub></b>	m <sup>3</sup> /s	Ölçümlerin yapıldığı sırada akarsu yatağının birim kesitinden saniyede geçen su miktarıdır (Usul, 2009).	Nehirden akan yüzey suyunun hızını ifade eder.

### 3.3. Yöntem

Çalışma alanı aşağı Asî Havzası'nda yer alan ve nehrin ana kolunu oluşturan kısımdır (Şekil 3.3). Bu çalışmada bölgedeki Devlet Su İşlerine bağlı 5 farklı istasyondan mevsimsel olarak alınan 10 yıllık su kalite parametreleri mevsimsel ve mekânsal değişimleri tespit etmek ve kirliliğe sebep olan latent faktörleri belirlemek için kullanılmıştır.



Şekil 3.3: Çalışma Alanı (I: Eşrefiye İstasyonu, II: Demirköprü İstasyonu, III: Küçük Asî İstasyonu; IV: Antakya İstasyonu; V: Samandağ İstasyonu)

#### 3.3.1. Çok değişkenli istatistik teknikleri

Çok değişkenli istatistik teknikleri geniş su kalitesi veri setlerinin analizinde, zamansal ve mekânsal değişimlerin belirlenmesinde, bölgedeki temel kirlenici kaynaklarının tanımlanmasında, su kalitesini etkileyen ana etmenlerin ayrıştırılmasında çok sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir (Yerel, 2011). Ayrıca, Faktör Analizi/ Temel bileşenler analizi, kümeleme analizi ve ayrışma analizi bu amaçla en çok kullanılan yöntemlerdir (Shrestha ve Kazama,2007; Kaveh ve ark., 2015; Kumarasamy ve ark. 2014; Kumari ve Tripathi, 2014; Ogwueleka, 2015).

Çok değişkenli istatistiksel yöntemlerin uygulanabilirliği ve çıkan sonuçların anlamlılığı belli varsayımlara bağlıdır. PCA, DA, CA gibi yöntemlerin kullanılabilmesi için sağlanması gereken ön şartlar 5 ana başlık altında incelenebilir (Kalaycı, 2016):

1. Çoklu Normal Dağılım: Her bir değişkenin tek değişkenli normal dağılıma uyduğunu ve ilgili değişkenlerin kombinasyonlarının da normal olduğunu varsaymaktadır. Bu varsayımı test etmek için bütün değişkenlerin ayrı ayrı normal dağılıma uyup uymadığı test edilir. Bütün değişkenler normal dağılımı sağladığı takdirde, kombinasyonlarının da normal dağılıma uyacağı varsayılabilir (Sharma, 1996). Veri setinin normal dağılıma uyup uymadığını anlamak için Kolmogorov-Smirrov (K-S) Z ve ya Shapiro-Wilks (W istatistiği) testleri kullanılmaktadır.

2. Kovaryans Matrislerinin Eşitliği Varsayımı: Kovaryans matrislerinin eşitliğinden sapmalar alfa ve beta hatalarını etkilemekte özellikle  $\alpha$  hatası üzerinde etkili olmaktadır. Kovaryans matrislerinin eşitliğini test edebilmek için Box-M istatistiği kullanılır. Alfa ve beta hatalarına dair bilgiler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2: Hipotez testleri sonucunda ortaya çıkan hatalar

<b>Karar</b>	<b>H<sub>0</sub> doğru</b>	<b>H<sub>0</sub> yanlış</b>
<b>H<sub>0</sub> kabul</b>	Doğru Kabul ( $1-\alpha$ )	2. tip hata ( $\beta$ )
<b>H<sub>0</sub> red</b>	1.Tip hata ( $\alpha$ )	Doğru Red ( $1-\beta$ )

3. Doğrusallık Varsayımı: Ayrışma ve faktör analizinin temelinde yatan varsayımlardan biri olup bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olduğunu kabul eder.

4. Çoklu Doğrusal Bağlantı: Bağımlı değişkenler arasında anlamlı doğrusal bir ilişki olmadığını kabul eder.

5. Bağımsızlık ve otokorelasyonun olmaması: Değişken birim değerlerinin birbirinden bağımsız olduğunu kabul eder.

Yukarıda bahsedilen normallik, eşkovaryans ve doğrusallık varsayımları faktör analizi ve kümeleme analizinin temel varsayımlarını oluşturmaktadır. Bu nedenle veri setinin bu kabulleri sağlamaması durumunda bu koşulları sağlamak amacı ile belli dönüşümler kullanılır. Bu dönüşümler varsayımlardan herhangi birini sağlamak için kullanılabileceği gibi bazen üçünün birden sağlanmasını da sağlayabilir.

Varsayımları sağlamak için kullanılan başlıca dönüşümler

- Logaritmik Dönüşüm
- Karekök Dönüşüm
- Hiperbolik Dönüşüm
- Kare Dönüşümü
- Arcsin Dönüşümü
- Logit Dönüşümü
- Fisher Z Dönüşümü (Kalaycı, 2016) olarak sıralanabilir.

#### 3.3.1.1. Veri setinin hazırlanması

Veri setinin çalışmaya uygunluğunun test edilmesi ve uygun hale getirilmesi için ön hazırlıklar yapılması gerekmektedir. Veri setindeki olağan dışı değerler veri setinden çıkarıldıktan sonra, eksik veriler o seneye ait ortalama değerler ile tamamlanmıştır. Ardından veri setindeki parametrelerin normal dağılıma uygun olup olmadığını anlamak için Kolmogorov-Smirnov (K-S) Z testi uygulanmıştır.

Veri setindeki parametrelerin normal dağılıma uygun olmadığı belirlenmiş ve normallik varsayımının sağlanabilmesi için BOD<sub>5</sub>, COD, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, oPO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, EC, SS, TDS, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> parametrelerine logaritmik dönüşüm; DO ve T parametrelerine kare dönüşümü ve Na<sup>+</sup> parametresine karekök dönüşümü uygulanmıştır. TH, pH, K<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> parametreleri normal dağılıma uygunluk göstermediği için veri setinden çıkarılmıştır.

#### 3.3.1.2. Kümeleme Analizi

Kümeleme analizi gruplanmamış verileri benzerliklerine göre gruplandırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Kümeleme analizi her bir parametreyi diğerine benzerliğini dikkate alarak gruplandırır. Bunun sonucunda oluşan kümelerin kendi içlerinde homojenliği ve kümeler arasında heterojenliği yüksek olmaktadır (Shresta ve Kazama, 2007). Kümeleme analizinde ayırma analizinden farklı olarak veri matrisi önceden tahmin edilmez ve kriterler alt setlere bölüştürülmez (Kalaycı, 2016).

Kümeleme analizi hiyerarşik kümeleme ve hiyerarşik olmayan kümeleme olmak üzere iki farklı şekilde yapılabilmektedir. Hiyerarşik kümeleme yöntemleri, birimleri benzerlikleri doğrultusunda küme uzaklık ölçülerini dikkate alarak birleştirmeyi amaçlamaktadır. Hiyerarşik olmayan kümelemede ise ayırma belli bir önceliği dikkate

almadan, gelişigüzel, önceden belirlenen grup sayısına göre yapılabilmektedir (Özdamar, 1999).

Hiyerarşik kümeleme yığmacı ve bölücü hiyerarşik kümeleme olmak üzere ikiye ayrılır ve hiyerarşik yığmacı yöntem bilimsel çalışmalarda en fazla tercih edilen yöntemdir (Fan ve ark. 2010; Kalaycı, 2016). Öklidiyen mesafesi bu yöntemde en çok kullanılan uzaklık katsayısı olup, iki değişken arasındaki benzerliği analitik sonuçların arasındaki mesafe cinsinden ifade eder (Otto, 1998). Hiyerarşik yığmacı kümeleme analizinin sonuçları genellikle dendrogram adı verilen grafiklerle verilir. Dendrogramlar kümeler arasındaki benzerlikleri ve yığma işleminin özetini görsel olarak ifade ederler (Shresta ve Kazama., 2007).

Çalışmada hiyerarşik kümeleme analizi veri setindeki benzerlikleri ve farklılıkları ortaya çıkarmak için kullanılmıştır (Lattin ve ark., 2003; McKenna, 2003). Wards yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen analizde uzaklık katsayısı olarak kare Öklidiyen mesafesi kullanılmıştır. İncelenen parametrelerin birimlerinin farklı olmasından dolayı ortaya çıkabilecek karışıklıkları önlemek için normalize edilmiş veri seti z dağılımına göre standartlaştırılmıştır (Moyel,2014).

### 3.3.1.3. Ayırma Analizi

Ayırma analizindeki temel amaç gruplar arasındaki farklılıkları ortaya çıkaran ana parametreleri belirlemektir (Xu ve ark., 2015). Bununla beraber DA, bağımlı değişkeninin varyansınının hangi değişkenler tarafından açıklanabildiğini anlamak, grupları ayırmada etkili olan ve olmayan değişkenleri ayırmayı sağlamak, verilerin tahmin edildiği gibi sınıflandırılıp, sınıflandırılmadığını test etmek ve ayırma fonksiyonu eşitliğini kullanarak verilerin gruplara ayrılmasını sağlamak amaçlarıyla da kullanılabilir (Kalaycı, 2016).

Ayırma fonksiyonu eşzamanlı (simultaneous) ya da kademeli (stepwise) metot kullanılarak elde edilebilir. Eş zamanlı yöntemde bütün değişkenler aynı anda dikkate alınırken, kademeli yöntemde sırasıyla dikkate alınır. Eşzamanlı yöntem araştırmacının bütün değişkenleri dikkate almak istediğinde ve ara çıktılar ile ilgilenmediği zaman kullanılır. Kademeli metot, ileri kademeli ya da geri kademeli olarak uygulanabilir. İleri kademeli metotta bütün değişkenler ayırıştırma gruplarına en iyi ayırıştırıldan başlayarak sırasıyla ayrılırken, geri kademeli metotta ise en az önem taşıyan değişkeni

sırasıyla eleyerek ayırıştırmaya devam eder (Bierman ve ark.,2011; Wolfgang ve Leopold, 2012).

Ham veriye uygulanan ayırma fonksiyonu aşıağıda denklemde verilmiştir.

$$f(G_i) = k_i + \sum_{j=1}^n w_{ij}p_{ij} \quad (3.1)$$

Burada i grup sayısını (G),  $k_i$  her bir gruba ait sabit değeri, n veri setini ayırmada kullanılan parametre sayısını,  $w_j$  DA tarafından parametreye ( $p_j$ ) atanan ağırlık katsayısını ifade etmektedir (Sing ve ark., 2004).

Normalize edilmiş olan veri seti kümeleme analizi sonucunda elde edilen gruplara göre ayrıldıktan sonra ayırışma analizine tabi tutulmuştur (Wang ve ark., 2014). Ayırma analizinde istasyonlar ve mevsimler bağımlı değişkenleri oluştururken, parametreler bağımsız değişkenleri oluşturmuştur.

#### 3.3.1.4. Temel Bileşenler Analizi / Faktör Analizi

Faktör analizinin temel amacı çok sayıda değişken arasında kovaryans ilişkilerini faktör adı verilen en az sayıdaki rastgele değişken yardımı ile açıklamaktır (Johnson ve Wichern, 2007). Faktörlerin elde edilmesinde en yaygın olarak kullanılan yöntem temel bileşenler analizidir (Kalaycı, 2016). Temel bileşenler analizi orijinal değişkenlerin dağılımı için kovaryans matrisi oluşturulması ile başlar. Arkasından özdeğerler (eigenvalues) ve özvektörler (eigenvectors) belirlenir. Özvektörler, temel bileşen adı verilen korelasyon içermeyen, yeni, ortogonal vektörler oluşturmak için korelasyon içeren orijinal değişkenleri çarptığımız katsayılardır. Temel bileşenler, orijinal değişkenlerin lineer kombinasyonu sonucu oluşur ve veri kaybetmeden veri setindeki en anlamlı değişkenleri belirlememizi sağlar (Zheng ve ark., 2016). Temel bileşenleri ifade eden denklem aşıağıda verilmiştir.

$$z_{ij} = a_{i1}x_{1j} + a_{i2}x_{2j} + a_{i3}x_{3j} + \dots + a_{im}x_{mj} \quad (3.2)$$

Burada z bileşen puanını, a bileşen yükünü, x değişken ölçüm sonucunu, i bileşen sırasını, j örnek sayısını ve n toplam örnek sayısını ifade etmektedir (Wang ve ark., 2013).

Temel bileşenler analizini takiben etkisi az olan parametreleri daha fazla azaltmak için faktör analizi kullanılır. Faktör analizini ifade eden denklem aşıağıda verilmiştir.

$$z_{fi} = a_{f1}f_{1i} + a_{f2}f_{2i} + a_{f3}f_{3i} + \dots + a_{fm}f_{mi} + e_{fi} \quad (3.3)$$



Burada z ölçümü gerçekleştirilmiş değişkeni, a faktör yükünü, f faktör puanını, e hata terimini, i örnek sayısını ve m toplam faktör sayısını ifade etmektedir (Lei, 2013).

Temel bileşenler analizinin ve faktör analizinin denklemleri benzer gibi gözüktüğü de fark temelde yatmaktadır. Temel bileşenler ölçülen parametrelerin lineer kombinasyonu şeklinde ifade edilirken, faktör analizinde ölçülen parametreler elde edilen faktörlerin bir kombinasyonu olarak ifade edilir ve faktör analizinde hata terimi de bulunmaktadır (Sing ve ark., 2005).

Veri setinin faktör analizi için uygun olup olmadığını değerlendirmek amacıyla 3 yöntem kullanılmaktadır.

➤ Korelasyon matrisinin oluşturulması: Değişkenler arasındaki korelasyon ne kadar yüksek ise, değişkenlerin ortak faktörler oluşturma olasılıkları o kadar yüksektir (Kalaycı, 2016).

➤ Berlett Testi (Barlett test of Sphericity): Korelasyon matrisinde değişkenlerin en azından bir kısmı arasında yüksek oranlı korelasyonlar olduğu olasılığını test eder. Faktör analizi uygulanabilmesi için, test varsayımı olan ‘Korelasyon matrisi birim matrisdir’ hipotezinin red edilmesi gerekmektedir (Kalaycı, 2016).

➤ Kaiser- Meyer- Olkin (KMO) örneklem yeterliliği ölçütü: Gözlenen korelasyon katsayıları büyüklüğü ile kısmi korelasyon katsayılarının büyüklüğünü karşılaştıran bir indextir. Faktör analizinin uygulanabilmesi için KMO oranının en az 0,5’in üzerinde olması gerekmektedir (Çizelge 3.3) (Kalaycı, 2016).

Çizelge 3.3: KMO Değerleri ve Karşılık Gelen Değerleri Yorumları (Sharma, 1996)

<b>KMO Oranı</b>	<b>Sonuç</b>
<b>0,9</b>	Mükemmel
<b>0,8</b>	Çok iyi
<b>0,7</b>	İyi
<b>0,6</b>	Orta
<b>0,5</b>	Zayıf
<b>0,5 altı</b>	Kabul Edilemez

Çalışmada veri setinin temel bileşenler analizine uygunluğunu anlamak için Barlet ve KMO testleri uygulanmıştır. Kümleme analizinde olduğu gibi normalize edilmiş veri seti z dönüşümü uygulandıktan sonra temel bileşenler analizine tabi tutulmuştur (Zhang ve ark., 2007; Xu ve ark., 2015; Monica ve Choi, 2016). Özdeğerleri gösteren scree grafikleri temel bileşen (PC) sayısını belirlemek için kullanılmıştır (Oke ve Sangdoyin,2015).

Çalışma sırasında geręekleřtirilen hesaplamalarda SPSS 24 ve Microsoft Excell programları kullanılmıştır.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Asi Havzası'nda seçilen beş istasyondaki su kalite parametreleri ölçüm sonuçlarına genel bir bilgi edinmek amacı ile önce tanımlayıcı istatistikler uygulanmış, ardından kümeleme analizi, ayrışma analizi, temel bileşenler / faktör analizi kullanılarak incelenmiş ve sonuçlar tartışılmıştır.

##### 4.1 Asi nehrindeki su kalitesinin ön değerlendirilmesi

Asi Nehri üzerindeki su kalitesinin ön değerlendirilmesi için veri seti tanımlayıcı istatistik tekniklerine ve iki yönlü ANOVA analizine tabi tutulmuştur.

##### 4.1.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Asi nehri üzerinde beş farklı istasyonda yapılan su kalitesi izleme çalışmaları sonuçları DSI'den temin edilmiştir. Çalışma kapsamında Eşrefiye, Demirköprü, Küçük Asi, Antakya ve Samandağ istasyonlarında  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Q}_{\text{anlık}}$ ,  $\text{BOD}_5$ ,  $\text{COD}$ ,  $\text{DO}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{oPO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{TDS}$ ,  $\text{TH}$ ,  $\text{EC}$  ve  $\text{pH}$  parametrelerine ait ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir.

Ölçüm yapılan zaman aralıkları içerisinde su kalite parametrelerine ait tanımlayıcı istatistikler aşağıdaki Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1: Değerlendirilen su kalite parametrelerine ait tanımlayıcı istatistikler

Parametre (Birim)		İstasyon				
		Eşrefiye	Demirköprü	Küçük Asi	Antakya	Samandağ
<b>BOD<sub>5</sub></b> (mg/L)	Minimum	2.00	1.00	1.00	1.70	2.00
	Maksimum	8.00	8.00	15.00	22.00	24.00
	Ortalama	4.14	3.45	4.12	7.05	7.92
	Standart Sapma	1.49	1.48	2.90	5.04	5.39
<b>COD</b> (mg/L)	Minimum	3.00	4.00	4.00	3.00	8.00
	Maksimum	12.00	80.00	125.00	45.00	73.00
	Ortalama	7.83	16.02	26.02	18.99	23.50
	Standart Sapma	2.90	16.80	30.65	12.22	15.70
<b>DO</b> (mg O <sub>2</sub> /L)	Minimum	2.10	2.10	2.30	2.20	3.40
	Maksimum	10.30	10.00	10.40	9.80	10.60
	Ortalama	7.00	7.51	7.22	6.95	7.85
	Standart Sapma	2.34	1.51	1.71	1.78	1.45

Çizelge 4.1: Değerlendirilen su kalite parametrelerine ait tanımlayıcı istatistikler (Devam)

Parametre (Birim)		İstasyon				
		Eşrefiye	Demirköprü	Küçük Asi	Antakya	Samandağ
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> (mg/L)	Minimum	0.10	0.10	0.12	0.19	0.10
	Maksimum	1.09	3.60	5.00	10.00	2.80
	Ortalama	0.46	1.05	1.36	2.69	1.01
	Standart Sapma	0.27	0.92	1.19	2.35	0.71
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b> (mg/L)	Minimum	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
	Maksimum	0.14	0.33	0.60	0.31	0.63
	Ortalama	0.06	0.06	0.11	0.10	0.15
	Standart Sapma	0.03	0.06	0.13	0.08	0.14
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> (mg/L)	Minimum	0.30	0.60	1.00	0.90	0.47
	Maksimum	7.00	6.70	4.20	7.50	6.90
	Ortalama	2.38	2.77	2.46	3.00	2.32
	Standart Sapma	1.69	1.60	0.80	1.52	1.46
<b>oPO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b> (mg/L)	Minimum	0.64	0.11	0.07	0.07	0.08
	Maksimum	2.54	3.13	0.64	5.00	4.05
	Ortalama	1.41	0.63	0.30	1.09	0.65
	Standart Sapma	0.67	0.64	0.16	1.17	0.70
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b> (mg/L)	Minimum	82.60	67.20	63.80	18.24	60.30
	Maksimum	198.00	339.30	315.90	286.50	301.92
	Ortalama	136.03	160.74	169.53	135.82	135.82
	Standart Sapma	42.17	72.26	62.56	74.95	58.28
<b>SS</b> (mg/L)	Minimum	36.00	12.00	31.00	15.00	8.00
	Maksimum	213.00	148.00	241.00	186.00	193.67
	Ortalama	118.33	55.20	101.46	89.70	86.45
	Standart Sapma	67.80	35.66	49.37	42.34	50.29
<b>TDS</b> (mg/L)	Minimum	506.00	486.00	487.00	458.00	314.00
	Maksimum	979.00	1530.00	1364.00	1102.00	862.00
	Ortalama	687.92	732.70	782.05	668.26	587.80
	Standart Sapma	154.55	207.46	204.33	151.37	126.81
<b>TH</b> (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Minimum	323.20	33.50	33.00	27.50	25.00
	Maksimum	659.50	826.40	620.00	593.70	536.10
	Ortalama	455.24	277.95	273.43	245.19	230.56
	Standart Sapma	102.52	234.19	225.41	197.82	184.76

Çizelge 4.1: Değerlendirilen su kalite parametrelerine ait tanımlayıcı istatistikler (Devam)

Parametre (Devam)		İstasyon				
		Eşrefiye	Demirköprü	Küçük Asi	Antakya	Samandağ
EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	Minimum	862.00	760.00	391.00	691.00	564.00
	Maksimum	1497.00	2040.00	2130.00	1630.00	1320.00
	Ortalama	1045.50	1135.00	1198.35	1048.35	936.97
	Standart Sapma	198.58	279.89	310.23	216.94	175.20
T ( $^{\circ}\text{C}$ )	Minimum	12.00	8.00	4.00	6.00	6.00
	Maksimum	29.00	31.00	28.00	32.00	34.00
	Ortalama	21.50	20.51	18.66	20.60	20.89
	Standart Sapma	5.77	6.27	6.90	6.91	7.40
pH	Minimum	7.80	7.30	7.20	7.20	3.60
	Maksimum	8.00	8.50	9.00	8.40	8.70
	Ortalama	7.93	7.94	8.12	7.93	8.05
	Standart Sapma	0.07	0.24	0.32	0.26	0.81
$\text{Na}^+$ (mg/L)	Minimum	12.88	9.20	13.11	11.73	7.82
	Maksimum	72.92	95.45	126.96	89.73	97.33
	Ortalama	42.04	42.76	51.07	44.63	40.12
	Standart Sapma	14.50	17.23	23.55	17.29	17.51
$\text{Mg}^{+2}$ (mg/L)	Minimum	33.40	31.20	20.90	32.83	34.10
	Maksimum	73.10	98.50	109.40	105.79	72.96
	Ortalama	47.35	53.68	75.45	57.46	54.52
	Standart Sapma	11.96	14.88	18.42	16.65	10.60
$\text{K}^+$ (mg/L)	Minimum	1.95	1.56	1.95	0.45	1.56
	Maksimum	5.61	9.36	8.37	13.73	10.15
	Ortalama	4.01	3.59	3.51	4.02	3.27
	Standart Sapma	1.23	1.63	1.35	2.61	1.64
$\text{Cl}^-$ (mg/L)	Minimum	43.65	40.50	28.36	14.18	15.37
	Maksimum	113.44	319.05	283.60	170.16	106.36
	Ortalama	71.05	89.44	110.40	75.54	60.98
	Standart Sapma	21.75	49.99	62.11	32.98	21.19
$\text{Ca}^{+2}$ (mg/L)	Minimum	64.25	36.10	29.17	42.10	35.20
	Maksimum	148.30	132.30	108.00	112.00	110.00
	Ortalama	104.39	90.07	66.86	73.39	72.69
	Standart Sapma	22.89	18.70	17.81	14.32	14.13

Çizelge 4.1: Değerlendirilen su kalite parametrelerine ait tanımlayıcı istatistikler (Devam)

Parametre		İstasyon				
		Eşrefiye	Demirköprü	Küçük Asi	Antakya	Samandağ
Q <sub>anlık</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Minimum	0.86	0.34	0.75	0.27	0.34
	Maksimum	135.20	155.07	53.00	486.40	798.45
	Ortalama	69.94	19.77	13.45	56.37	235.10
	Standart Sapma	52.01	28.42	11.56	107.45	221.83

Çizelge 4.1 incelendiğinde, çoğu parametrenin yüksek standart sapmaya ve yüksek değişim genişliğine sahip olduğu gözlenmektedir. Hem doğal hem de insan kaynaklı faaliyetler sonucu oluşabilecek bu durum, Asi havzasındaki su kalitesinin zamana bağlı olarak değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır (González ve ark.,2014). İstasyonlar arasında ortalama değerlerde gözlemlenen farklılıklar dikkate alındığında, su kalitesinin mekâna bağlı olarak değişim gösterdiği de gözlemlenmektedir.

SKKY ve YSKYY ülkemizdeki yüzey sularının kalitesini 4 temel kategoride toplamıştır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı,2012; Çevre ve Orman Bakanlığı,2004). Kıta içi su kaynakları kalitelerine göre 4 farklı sınıfa ayrılmış ve bu kalite sınıflarını oluşturan kriterler yönetmelikçe belirlenmiştir.

Asi Nehri'nde takip edilen istasyonların BOD<sub>5</sub> konsantrasyonu 1,00 mg/L ile 24,00 mg/L arasında değişim göstermektedir. İstasyon bazındaki ortalama BOD<sub>5</sub> konsantrasyonları ise 3,45 mg/L ile 7,92 mg/L arasında değişmektedir. SKKY ve YSKYY kapsamında değerlendirildiğinde Asi Nehri'nin BOD<sub>5</sub> parametresi için olan su kalitesi genel olarak 2. sınıf yüzey suyu kalitesi olarak gözükmesine rağmen, nehir boyunca su kalitesinin 1. sınıf ile 4. sınıf arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Nehrin akış yönünde ilerledikçe ortalama BOD<sub>5</sub> konsantrasyonunun arttığı, bunun nedeninin insan kaynaklı aktivitelere bağlı olarak nehre deşarj edilen ya da yüzey akış ile nehre ulaşan organik kirleticilerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Nehirdeki COD konsantrasyonu ise 3,00 mg/L ile 125,00 mg/L arasında değişmektedir. Yönetmelikler kapsamında değerlendirildiğinde nehirdeki su kalitesi bu parametre bazında 1. sınıf ile 4. sınıf arasında değişmekte iken, ortalamalar dikkate alındığında su kalitesinin genellikle 1. sınıf olduğu belirlenmiştir.

Asi Nehri'ndeki DO konsantrasyonu 2,10 mg/L ile 10,60 mg/L arasında değişmektedir. İstasyonlar bazındaki ortalamalar dikkate alındığında nehirdeki su kalitesi DO için 2. sınıf olarak belirlenmişken; nehir genelindeki su kalitesi de zamana ve mekâna bağlı olarak 1. sınıf ile 4. sınıf arasında değişim göstermektedir.

Asi Nehri'ndeki en belirleyici kirlilik kaynakları azot temelli parametreler olarak belirlenmiştir. Nehirdeki  $\text{NH}_4$  ve  $\text{NO}_2^-$  konsantrasyonları sırasıyla 0,10-10 mg/L, 0,01-0,63 mg/L arasında değişim göstermektedir. Ortalama değerler göz önüne alındığında, yönetmeliklere göre su kalitesi 3. ve 4. sınıf olarak çıkmaktadır. Nehrin genelindeki su kalitesi ise 2. ve 4. sınıf arasında değişim göstermektedir. Yüzey sularındaki azot yüklerinin organik kirliliği belirten göstergeler olduğu bilindiğinden (Yang ve ark., 2007), Asi Nehri'ndeki su kalitesinin organik kirleticiler yönünden zengin olduğu ve bu yönde bir kirlilik olduğunu söylemek mümkündür. Nehirdeki nitrat azotu konsantrasyonu 0,30 mg/L ile 7,50 mg/L arasında değişmektedir. Dolayısı ile nehirdeki su kalitesinin  $\text{NO}_3$  bakımından 1. ve 2. sınıf yüzey suyu olarak sınıflandırmak mümkündür. Antakya istasyonundaki ortalama  $\text{NH}_4^+$  ve  $\text{NO}_3^-$  konsantrasyonları diğer istasyonlardan yüksektir. Sözü edilen istasyon Antakya kent merkezinin kanalizasyon çıkışına yakın olduğu da düşünüldüğünde, bölgedeki organik kirliliğin nehre yapılan evsel kaynaklı noktasal deşarjlar sebebi ile gerçekleştiği söylenebilir (Taşdemir ve Göksu, 2001).

Nehirdeki ortalama  $\text{SO}_4^{2-}$  ve TDS konsantrasyonları istasyonlar bazında bir düzenlilik göstermekte ve nehir bu kategoriler bakımından sırasıyla 1. sınıf ve 2. sınıf olarak değerlendirilmektedir. Bu parametrelere benzer olarak nehir genelindeki fiziko-kimyasal parametreler -sıcaklık ve pH gibi- istasyonlara bağlı olarak fazla değişim göstermemekte ve tekdüzelik oluşturmaktadır. Benzer durum Ağca ve ark.'nın (2009) yaptıkları çalışmada da gözlemlenmiştir. Bu parametreler bakımından da nehir suyu kalitesinin 1. sınıf olduğunu söylemek mümkündür.

Asi Nehri boyunca gözlemlenen  $\text{oPO}_4^{3-}$  derişimlerinin 0,08 ile 5,00 mg/L arasında değiştiği gözlemlenmektedir. Bu değerler ölkemizde yönetmeliklerce belirlenmiş olan sınırların çok üstünde olup, Asi Nehrinin bu parametre bakımında 4. Sınıf bir yüzey suyu olduğu ve kirliliğin çok kiritik olduğu düşünölmektedir.

$\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  iyonları bakımından nehirdeki su kalitesi yönetmelikler kapsamında değerlendirildiğinde, ortalamalar bakımından sırasıyla 1. ve 2. sınıf olduğu görölmüştür. Bununla beraber bu parametrelerin en yüksek olduğu istasyon Amik ovası çıkışında bulunan Küçük Asi istasyonudur. Amik ovası düşük su tabakasına sahip olduğu için, ova genelinde bulunan tuzlar yüzey akış ile birlikte Asi nehrine ulaşmaktadır (Ağca ve ark., 2009). Dolayısı ile bu istasyonda gözlemlenen yüksek  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  ve  $\text{Cl}^-$  konsantrasyonlarının yağışa bağlı olarak oluşan yüzey akış nedeni ile olduğu düşünölmektedir.

Asi Nehri'ndeki  $\text{oPO}_4^{3-}$  ve SS değerleri ise sırası ile 0,07-7,50 mg/L ile 8,00-241,00 mg/L arasında değişim göstermektedir. Eşrefiye istasyonu bu parametreler bakımından diğer istasyonlardan daha yüksek ortalamalara sahiptir. Yang ve ark. (2007), Huangpu nehrinde benzer bir durumla karşılaşmış ve SS miktarındaki bu azalmanın nehrin debisine bağlı olarak meydana gelen seyrelmeden kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir. Yüzey sularındaki P kirliliğinin ana kaynağının tarımsal ve evsel kaynaklı kirleticiler olduğu düşünöldüğünde, Asi Nehri girişinden önce yapılan noktasal deşarjların da bu durumda rolü olduğu (Wu, 2005 ; Álvarez-Rogel ve ark., 2006), yağışlarla beraber nehrin kalanında konsantrasyonların seyrelmeye uğradığı söylenebilir.

Sonuç olarak, yukarıda Çizelge 4.1'de verilen ortalama konsantrasyonlar yönetmelikler kapsamında değerlendirildiğinde, Asi Nehri'nin su kalitesinin hem incelenen parametreye, hem de istasyona ve zamana bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir.

Elde edilen bulgular Taşdemir ve Göksu'nun (2001) çalışmasında elde edilen verilerle karşılaştırıldığında; DO ve  $\text{NO}_3^-$  değerlerinin paralellik gösterdiği fakat SS,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  konsantrasyonlarının bu çalışmadaki ortalamadan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum Asi Nehri'ndeki su kirliliğinin özellikle bu parametreler açısından artış göstermekte olduğunu teyid etmektedir.



#### 4.1.2. İki yönlü ANOVA analizi sonuçları

Normalleştirilmiş veri seti varyans analizi (iki yönlü ANOVA) uygulanarak (Gonzalez ve ark. 2014) nehirdeki mekânsal ve mevsimsel değişikliklerin su kalitesi üzerine etkisi olup olmadığı test edilmiştir. İncelenen parametrelerdeki varyansların eşitliği Levene testi kullanılarak test edilmiştir.  $Ca^{+2}$  ve  $Q_{anlık}$  dışındaki bütün parametrelerin ortak varyansa sahip olduğu tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ). İstasyonların ya da mevsimlerin su kalitesi üzerine olan etkileri arasındaki farklılıkları gözlemlemek için Post-Hoc testlerinden faydalanılmıştır. Varyansın eşitliğinin sağlandığı parametreler için Tukey, sağlanmadığı parametreler ( $Ca^{+}$  ve  $Q$  parametreleri) için ise Tamhane's T2 testi kullanılmıştır (Kalaycı,2016).

Analiz sonucunda su kalitesi parametrelerinin mevsime ve/veya istasyona bağlı olarak anlamlı oranda değişiklik gösterdiği bulunmuştur. İncelenen parametreler içerisinde TDS,  $SO_4^{2-}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Q$  parametreleri hem istasyona hem de mevsime bağlı olarak değişim gösterirken ( $p<0.05$ );  $BOD_5$ , COD,  $NH_4$ ,  $NO_2^-$ ,  $oPO_4^{3-}$ , SS, EC,  $Mg^{+2}$  ve  $Na^{+}$  sadece istasyonlara bağlı olarak;  $NO_3^-$  ve DO konsantrasyonları ise sadece mevsime bağlı olarak değişim göstermiştir ( $p<0.05$ ). Bu durum EK-1 ve EK-2'de yer alan Box and Whisker grafikleri ile de paralellik göstermektedir.

Post-Hoc testi sonucunda parametrelerin istasyonlar bazında gösterdiği farklılıklar gruplandırıldığında genel itibari ile 2 ya da 3 homojen grup oluşturulabildiği, mevsim bazında ise iki temel grup oluşturduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, Asi Nehri'ndeki su kalitesinin istasyonlara ve/ve ya mevsimlere bağlı olarak değişim gösterdiği ve benzer istasyonların, parametrelerin varyansı dikkate alınarak gruplandırılabilceği tespit edilmiştir. Bununla beraber, yukarıda faydalanılan tek değişkenli istatistiksel teknikler; parametreler arasında korelasyonlar bulunan çok değişkenli veri setleri için yetersiz kalmaktadır (Vega ve ark.,1998). Bu nedenle Asi Nehri'ndeki su kalitesinin incelenmesinde çok değişkenli istatistiksel yöntemler (CA, PCA ve DA) kullanılmış; tek değişkenli istatistiklerden araştırmaya yol göstermesi ve ön değerlendirme yapılması için faydalanılmıştır.

#### 4.2. Kümeleme Analizi Sonuçları

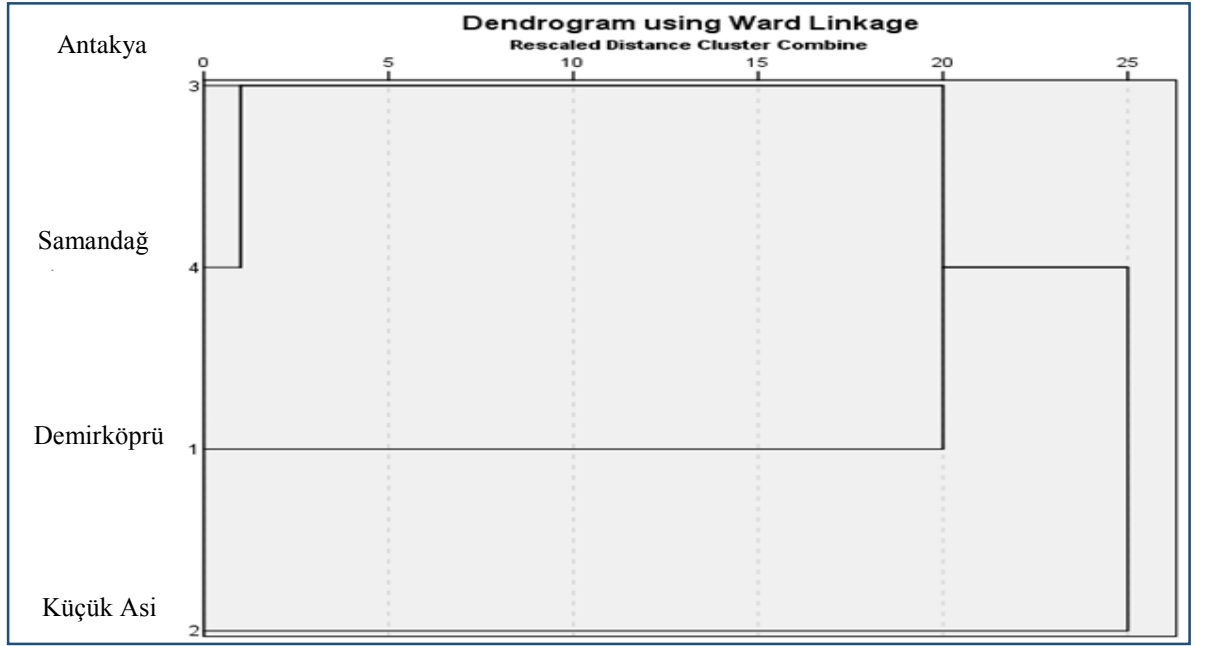
Asi Havzası'ndaki zamansal ve mekânsal değişimlerdeki benzerlikleri ve farklılıkları anlamak için hiyerarşik kümeleme analizi kullanılmıştır (Lattin ve ark. 2003; McKenna 2003). Wards yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen analizde uzaklık katsayısı olarak kare Öklidyen mesafesi kullanılmıştır. İncelenen parametrelerin birimlerinin farklı olmasından dolayı ortaya çıkabilecek karışıklıkları önlemek için normalize edilmiş veri seti z dönüşümü uygulanarak standartlaştırılmıştır (Moyel,2014).

##### 4.2.2. Mekansal Benzerlikler ve Site Gruplama

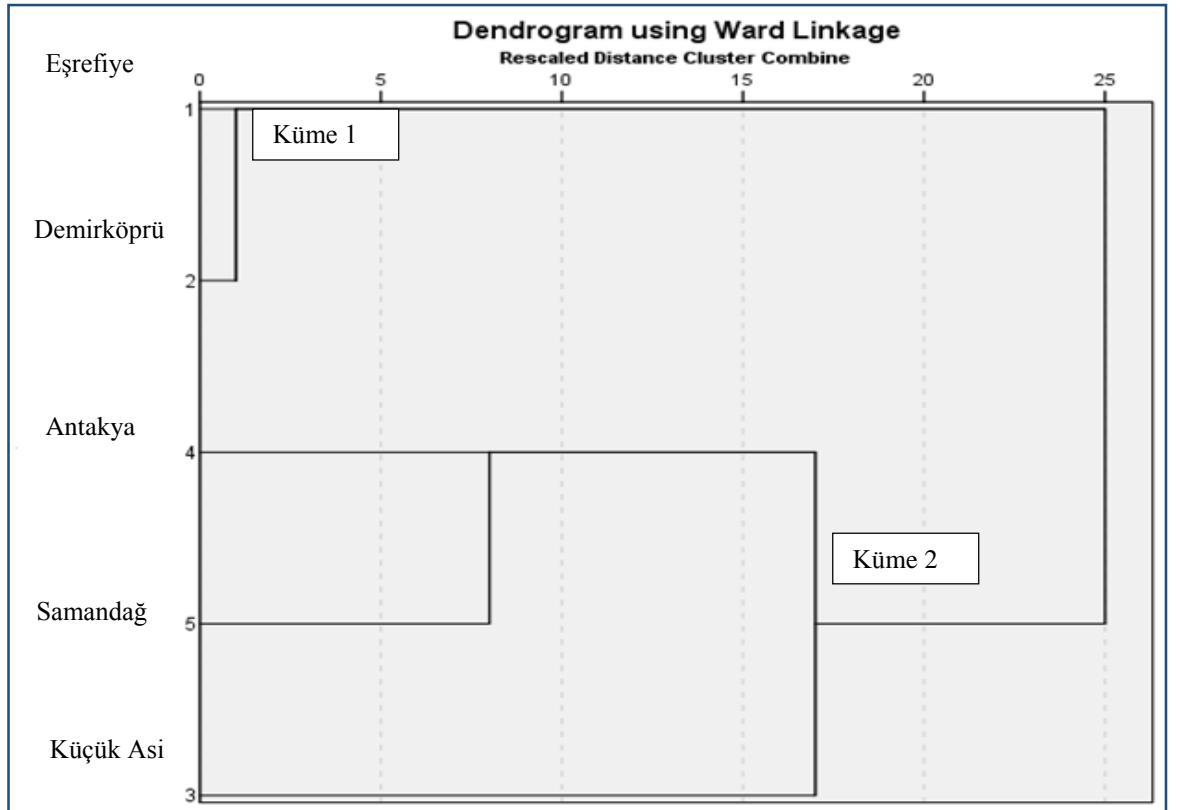
DSİ tarafından elde edilmiş olan veri setinde istasyonlarda ölçüm yapılan zaman aralıkları farklılık göstermektedir. Antakya, Küçük Asi ve Demirköprü istasyonlarındaki veriler 2004-2014 yılları arasına ait iken, Eşrefiye istasyonundaki veriler yalnızca 2010-2012 yılları arasını ve Samandağ istasyonundaki ölçümler 2006-2014 yılları arasını kapsamaktadır. Bu nedenle çalışma sonuçlarının daha doğru bir şekilde yorumlanabilmesi için istasyon bazında iki farklı kümeleme analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen dendrogram sonuçları bölgede yapılan insan kaynaklı aktiviteleri (arazi kullanımı, su kaynaklarının kullanımı, atıksu arıtma tesislerinin varlığı vb.) de dikkate alarak incelenmiş ve yorumlanmıştır (Shresta ve Kazama,2007; Muangthong ve Shresta, 2015).

Grup 1: 2006-2014 yılları arasındaki Demirköprü, Küçük Asi, Antakya ve Samandağ istasyonlarına ait olan veriler kullanılarak bir dendrogram oluşturulmuştur (Şekil 4.1).

Grup 2: 2010-2012 yılları arasındaki tüm istasyonlara ait veriler kullanılarak dendrogram oluşturulmuştur (Şekil 4.2).



Şekil 4.1: Grup 1 verilerinin CA sonucunda elde edilen dendrogram



Şekil 4.2: Grup 2 verilerinin CA sonucunda elde edilen dendrogram

Şekil 4.1 ile şekil 4.2 incelendiğinde oluşturulan dendrogramlar arasında benzerlik olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle, analiz sonuçlarını en net olarak ifade eden dendrogramın ikinci gruba ait olduğu düşünülmüştür. İkinci dendrogram nehir boyunca gözlemlenen doğal benzerlikler ve yapılan antropojenik aktiviteler dikkate alınarak incelendiğinde, su kirliliği tipi ve derecesi benzer olan iki farklı küme oluşturduğu görülmüştür. İlk kümeyi Eşrefiye ve Demirköprü istasyonları oluştururken, ikinci kümeyi Antakya, Samandağ ve Küçük Asi istasyonları oluşturmaktadır.

Arazi kullanımını dikkate alındığında Eşrefiye ve Demirköprü istasyonları tarımsal arazilerin yoğun olarak bulunduğu alanlarda bulunurken, Küçük Asi, Antakya ve Samandağ istasyonları kentleşmenin yoğun olarak gözlemlendiği alanlarda bulunmaktadır. Dolayısı ile ilk kümedeki istasyonlar tarımsal aktivitelere bağlı olarak oluşan yayılı su kirliliği ile karşı karşıya iken, Antakya ve Samandağ istasyonları evsel ve endüstriyel atık su deşarjları ile karşılaşmaktadır. Dolayısı ile Boyacıoğlu ve Boyacıoğlu (2008)'nin çalışmasında olduğu gibi nehirdeki su kalitesinin benzerliğine göre oluşturulan kümeler, aynı zamanda arazi kullanımı ile de benzerlik göstermektedir.

Kümeleme analizi sonuçları su kalitesi ön değerlendirmesi sonuçları ile de uygunluk göstermektedir. Tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde Eşrefiye ve Demirköprü istasyonları ile oluşan birinci küme, su kalitesi bakımından Antakya, Samandağ ve Küçük Asi istasyonlarından daha iyi durumdadır. Bu nedenle ilk kümenin az kirli alanlardan, ikinci kümenin ise orta ve ya çok kirli alanlardan oluştuğu söylenebilir. Ayrıca elde edilen küme sayısı iki yönlü ANOVA analizi sonuçları ile de uyum göstermektedir.

Şekil 4.2'den de görülebileceği gibi kümeler içerisindeki en uzun bağlantı mesafesi Küçük Asi istasyonu ile Antakya ve Samandağ istasyonları arasında bulunmaktadır. Küçük asi istasyonu özellikle Amik Ovası'ndan gelen yüzey akışlarla kirlenmektedir ve bölgede bundan kaynaklı olarak inorganik kirlilik fazladır. Yoğun yapılan tarım faaliyetlerine ve gübre kullanımına bağlı olarak da yüzey akışla birlikte organik kirlilik kaynakları yayılı olarak nehre ulaşmaktadır. Bu sebeple, Küçük Asi istasyonunun Antakya ve Samandağ istasyonları ile farklı etmenlerin etkisinde ama aynı tarz kirlilik ile karşılaştığı düşünülmektedir. Başka bir deyişle Antakya ve Samandağ istasyonlarındaki kirliliğin büyük bir kısmı noktasal kaynaklı iken, Küçük Asi istasyonu

çevresinde kirlilik yayılı kaynaklıdır. Ogwueleka (2015), Kaduna Nehri'nde yaptığı kümeleme analizinde benzer bir durum ile karşılaşmış ve bunun nehrin morfolojisine, havzanın yapısına ve insan kaynaklı faaliyetlere bağlı olarak gerçekleştiğini bildirmiştir.

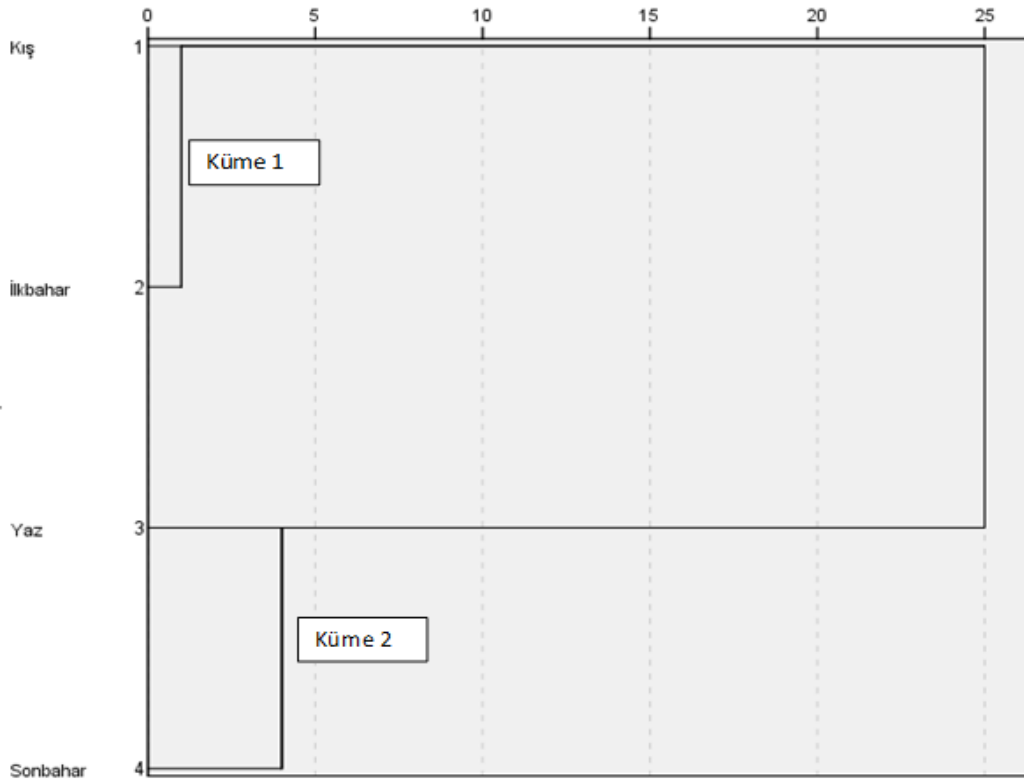
TUBİTAK MAM (2013), tarafından hazırlanan "Asi Havzası Koruma Eylem Planı" raporunda Asi nehrindeki su kalitesi ölçüm yapılan istasyonlara göre incelenmiştir. Kümeleme analizin sonuçlarına paralel olarak nehir üzerindeki organik ve inorganik kirlilik yüklerinin Küçük Asi istasyonundan itibaren arttığını bildirmişlerdir. Bu durum yapılan kümeleme analizi çalışmamız ile paralellik gösterdiğinden metodumuzun doğruluğunu desteklemektedir.

Wang ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada nehrin akış yönüne paralel olarak ilerledikçe nehirdeki kirlilik yüklerinin azaldığını gözlemlemişlerdir. Çalışmamızda ise bu durumun aksine nehrin akış yönünde ilerledikçe su kalitesinde düşüş gözlemlenmektedir. Bu durum nehrin kendini temizleme kapasitesinin yetersiz olduğunu ve nehrin yapılan deşarjları tolere edemediğini göstermektedir. Bu sebeple arıtmaya tabii tutulmadan nehre yapılan noktasal kaynaklı deşarjların önlenmesinin nehrin kendini toparlaması için çok önemli olduğu vurgulanmalıdır. Literatürde bu duruma benzerlik gösteren örnekler bulunmaktadır (Pejman ve ark., 2009).

Sonuçlar kümeleme analizinin su kalitesi veri setine uygulanabildiğini ve analiz sonucunda güvenilir sonuçlara ulaşılabildiğini göstermektedir. Kümeleme analizi havzadaki su kalitesinde bölgesel benzerlikleri anlamak için kullanılabileceği gibi (Zhou ve ark.,2007; Muangthong ve Shrestha, 2015; Zheng ve ark., 2016), izleme çalışmalarının verdiği sonuçları değerlendirmek ya da izleme çalışmalarının yapılması gereken optimum lokasyonları ve sayılarını belirleyebilmek için kullanılabileceğini ortaya koymaktadır (Sing ve ark.,2005; Shresta ve Kazama,2007; Wang ve ark.,2013).

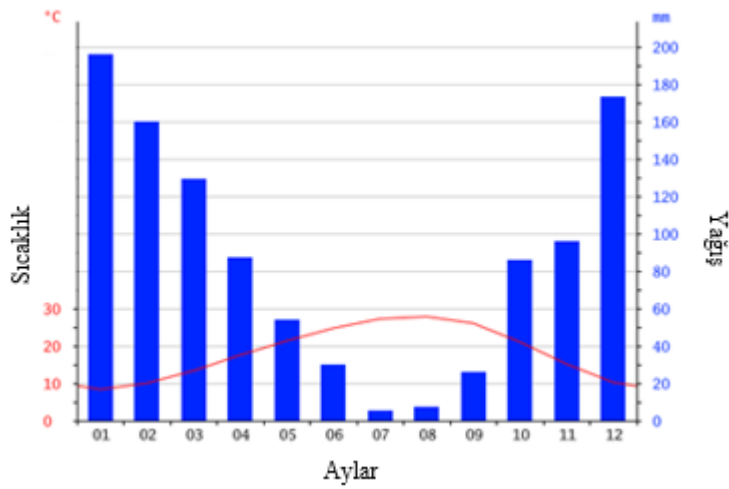
#### 4.2.3. Geçici Benzerlikler ve Dönemsel Gruplama

Zamana bağlı olarak su kalitesi parametrelerindeki benzerlikleri saptamak için yine kümeleme analizinden faydalanılmıştır. Kümeleme analizi sonucunda su kalitesindeki benzerliklere bağlı olarak 2 farklı dönem kümesi oluşturulmuştur. Bu durumu bildiren dendrogram grafiği Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3: Mevsimsel benzerlikleri gösteren dendrogram

Havzada bulunan meteoroloji istasyonlarında uzun yıllar boyunca ölçülen sıcaklık değerleri incelendiğinde en yüksek sıcaklıkların Ağustos ayında en düşük sıcaklıkların da Ocak ayında gerçekleştiği; yağışların ise buna karşıt bir eğilim izlediği ve sıcak dönemin kurak, soğuk dönemin yağışlı geçtiği gözlemlenmektedir (Şekil 4.4)(TUBITAK MAM,2013).



Şekil 4.4: Asi Havzası'ndaki yıllık sıcaklık-yağış grafiği (Anonimc, 2016)

Bölgenin iklimine paralel olarak hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda kış ve ilkbahar aylarının bir kümede, yaz ve sonbahar aylarının diğer kümede toplandığı saptanmıştır. Dolayısı ile küme-1 (yağışlı sezon) yüksek yağış ve düşük sıcaklık dönemine ait ayları toplarken; küme 2-de (kurak sezon) sıcak ve kurak aylar yer almaktadır. Bu durum Asi Havzası'ndaki su kalitesinin zamana bağlı değişiminde sıcaklık ve yağış parametrelerinin belirleyici meteorolojik unsurlar olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmamıza benzer olarak, Xu ve ark. (2015), Ogwueleka (2015) ve Zhang ve ark. (2007), yaptıkları çalışmalarda havzadaki mevsimsel değişimin bölgesel iklime ve hidrolojik koşullara bağlı olarak değiştiğini bildirmişlerdir. Diğer yandan Zhou ve ark. (2007), Hong Kong kıyı şeridinde yaptıkları çalışmada mevsimsel benzerliklerin yağışla ve mevsimlerle bire bir uyuma göstermediğini bulmuşlardır. Bu durum hiyerarşik kümeleme yönteminin su kalitesindeki zamansal benzerlikleri belirlemede farklı sonuçlar ortaya çıkarabildiğinin, sonuçların çalışma alanına göre değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Kümeleme analizi sonucunda havzada meydana gelen geçici değişiklerin büyük oranda iklime bağlı olduğu saptanmıştır. İklim değişikliğinin etkisi ile gelecekte Asi Havzası'ndaki sıcaklıkların artış göstermesi yağışların ise azalması beklenmektedir (Demircan ve ark., 2014). Buna bağlı olarak, havzadaki su kalitesinin zamana bağlı olarak değişiminin gelecekte daha keskin olması kaçınılmazdır.

Sonuçlar kümeleme analizinin su kalitesindeki geçici değişimleri sınıflandırmak amacı ile kullanılabileceğini ve veri setindeki benzerlikleri ve farklılıkları ortaya koymakta başarılı olduğunu göstermektedir (Monica ve Choi, 2016; Pejman ve ark. 2009; Muangthong ve Shrestha, 2015)

#### 4.3. Ayırışma Analizi Sonuçları

Ayrışma analizi, ayrışma fonksiyonları elde etmek ve bu fonksiyonlar yardımı ile nehrin su kalitesindeki farklılıkları oluşturan öncelikli parametreleri ayırt etmeyi amaçlar (Zhang ve ark.,2009). Normalize edilmiş veriler kümeleme analizi sonuçlarına göre gruplandırılarak ayrışma analizine tabi tutulmuştur (Wang ve ark.,2014).

Çalışmada hem mekânsal hem de dönemsal değişimler, ileri kademeli ayrışma analizi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İleri kademeli ayrışma analizinde, değişkenler sırasıyla en çok değişime sebep olan değişkenden başlayarak incelenir ve bu işlem önemli

bir değişiklik gözlemlenmeyene kadar devam eder (Zhou ve ark., 2010). Ayrışma analizinde istasyonlar ve mevsimler bağımlı değişkenleri oluştururken, parametreler bağımsız değişkenleri oluşturmuştur.

#### 4.3.2. Su Kalitesindeki Mekânsal Değişimler

Ayrışma analizinin sonuçlarının doğru olabilmesi için kovaryansların eşitliği hipotezinin sağlanması gerekmektedir (Kalaycı, 2016). Veri setinin bu hipotezi sağlayıp sağlamadığını test etmek için Box's M testi uygulanmıştır. Testin anlamlılık düzeyi 0,078 olarak bulunduğundan hipotez reddedilememiş ve kovaryansların eşit olduğunu sonucuna ulaşılmıştır ( $p>0.05$ ).

Ayrışma analizi sırasında yapılan sınıflandırmadaki doğruluk, gruplar içindeki kovaryans yöntemine göre bildirilmiştir. Wilks' lambda ve chi-square istatistiği, elde edilen ayrışma fonksiyonu için sırasıyla 0,392 ve 103,561 olarak bulunmuştur ( $p<0.01$ )(Çizelge 4.2). Bu durum elde edilen sonuçların güvenilir ve etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Ayrışma analizi sonucunda elde edilen ayrışma fonksiyonu 7 parametre kullanılarak oluşturulmuştur (Çizelge 4.4). Elde edilen fonksiyon sonucunda veri setindeki verilerin %92.2 si doğru sınıflandırılmıştır (Tablo 4.3). Dolayısı ile Asi Nehri'nde mekânsal değişikliğe sebep olan temel parametreler  $Na^+$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Q_{anlık}$ , BOD,  $NH_4$  ve SS olarak belirlenmiştir. Bununla beraber ayrışma fonksiyonu katsayıları incelendiğinde  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  ve SS parametrelerinin daha etkili olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2: Mekansal Ayrışma Analizi için yapılan Wilk's lambda ve Chi-square testi sonuçları

Test Fonksiyonu	Wilks' Lambda	Chi-square	Anlamlılık
1	0,392	103,561	0,000

Çizelge 4.3: Sınıflandırma Sonuçları<sup>a</sup>

İstasyon	DA sonucunda atanan bölgeler		Toplam
	Küme 1	Küme 2	
Küme 1	27	6	33
Küme 2	3	80	83

<sup>a</sup> Orjinal veri setinin %92,2'si ayrışma analizine göre doğru sınıflandırılmıştır.



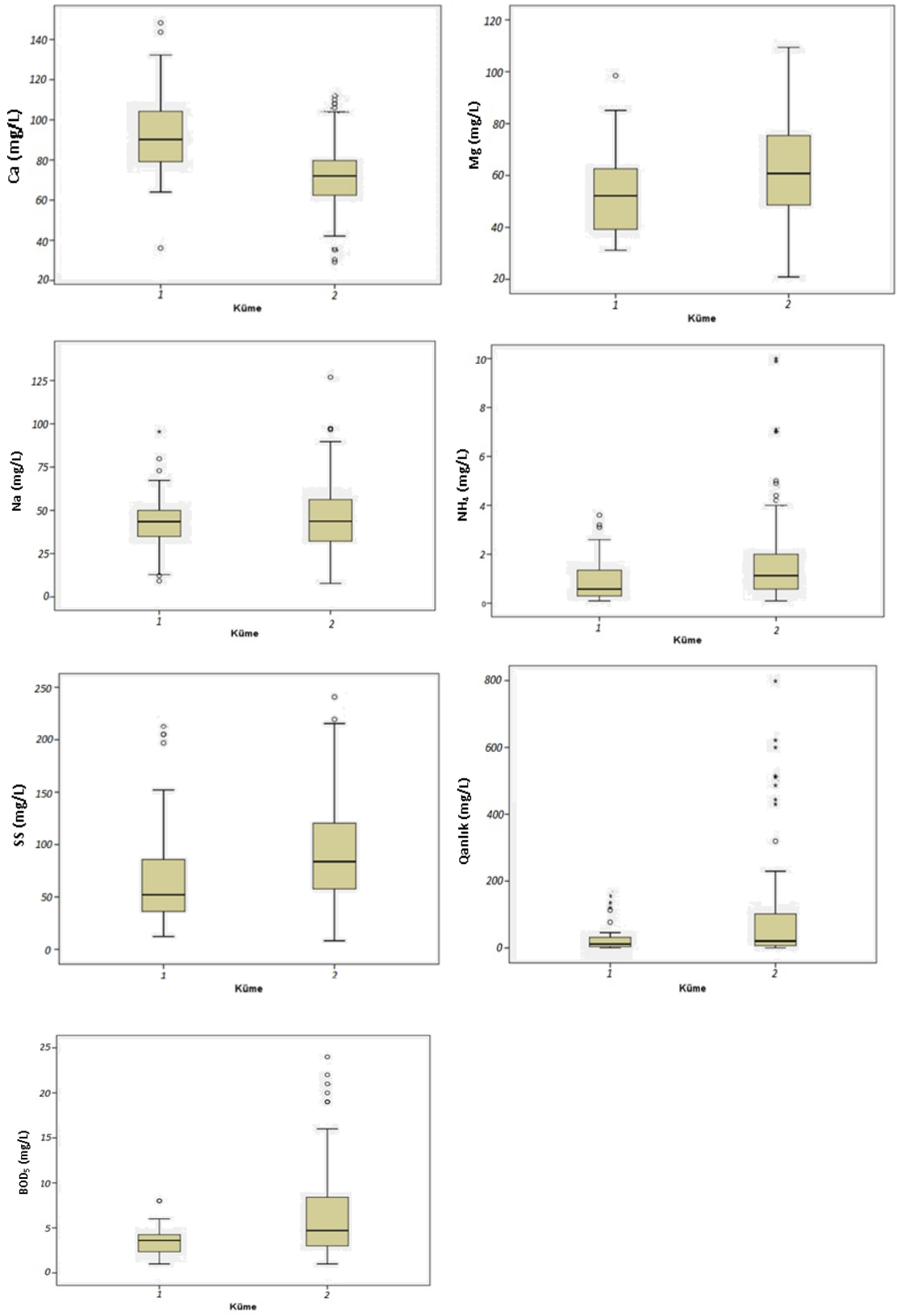
Çizelge 4.4: Ayrışma fonksiyonu katsayıları

Parametre	Küme 1	Küme 2
Na	-2,651	-1,891
Mg	78,413	89,618
Ca	187,997	163,354
Q <sub>anlık</sub>	-4,683	-2,772
BOD	14,062	17,854
NH <sub>4</sub>	-3,344	,166
SS	45,251	50,401
(Sabit)	-286,694	-276,921

Ayrışma analizi sonucunda belirlenen önemli parametrelerin kümeler arasındaki dağılımını gösteren box and whisker grafikleri Şekil 4.5'te verilmiştir. İkinci kümedeki istasyonlarda ortalama  $Mg^{+2}$  konsantrasyonlarının ilk kümeden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bilindiği üzere ikinci kümedeki istasyonlar Amik ovasının çıkışından itibaren yer almaktadır ve Amik Ovası'ndan gelen yüksek tuz konsantrasyonu içeren yüzey akış Küçük Asi istasyonundan itibaren Asi Nehri'ne karışmaktadır (Agca ve ark., 2009). Dolayısı ile ikinci kümeye ait istasyonlarda gözlenen yüksek ortalamanın sebebinin Amik Ovası'ndan gelen yüksek tuz konsantrasyonu olduğu düşünülmektedir.

SS konsantrasyonu da  $Mg^{+2}$  konsantrasyonuna benzer bir eğilim göstermektedir. Asi Havzası'na ait yükseklik haritası incelendiğinde, nehrin çukurda kaldığı gözükmemektedir (Korkmaz ve ark., 2012). Bu sebep ile bahar ve kış aylarında gözlemlenen şaganak yağışlara yoğun bir erozyona sebep olmaktadır (Özşahin, 2010). Havzada tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak gerçekleşmesi ve erozyona bağlı olarak SS konsantrasyonu yüzey akış ile beraber giderek arttığı, bu nedenle ikinci kümedeki ortalama konsantrasyonun daha yüksek olduğu düşünülmektedir.

Nehirdeki  $Ca^{2+}$  konsantrasyonu ise birinci kümedeki istasyonlarda daha yüksektir (Şekil 4.5). Asi Havzası'nın Suriye ve Lübnan'da kalan topraklarının karstik arazi yapısı ile bilinmektedir (Zwahlen ve ark., 2014). Yağışlara bağlı olarak toprak yapısında bulunan kireç çözünmekte ve yüzey akış ile beraber nehre ulaşmaktadır (Özşahin ve Atasoy, 2015). Buna bağlı olarak nehrin ülkemize ulaşan sularındaki  $Ca^{+2}$  konsantrasyonun fazla olması beklenilebilir bir durumdur.



Şekil 4.5: DA sonucunda mekansal değişimde önemli olduğu saptanan parametrelere ait box and whisker grafikleri

Nehirdeki  $\text{Na}^+$  konsantrasyonu ikinci kümeye bağılı istasyonlarda artmakla birlikte, iki küme arasındaki fark diğer parametreler kadar keskin değildir. İkinci kümeye bağılı istasyonlarda debinin ve SS konsantrasyonunun ortak olarak arttığı düşünöldüğünde; bu durumun bu istasyonların inorganik kirlilik taşıdığını göstermektedir. Benzer bir durum Yuan ve ark.'nın (2015) Yuqiao Havzası'nda yaptıkları çalışmada da gözlemlenmiştir.

Asi Nehri'ndeki  $\text{BOD}_5$  ve  $\text{NH}_4$  konsantrasyonlarının mekânsal değişimleri benzer karakteristik özellikler taşımaktadır. Nehrin akış yönüne paralel olarak ikinci kümeye bağılı istasyonlarda sudaki konsantrasyonlarının arttığı gözlemlenmiştir ve bu durum nehirdeki çözünmüş organik madde miktarının yükseldiğini işaret etmektedir. Zira, organik madde miktarı arttıkça, anaerobik koşullar oluşmakta ve bu da amonyak ve organik asit oluşumunun artmasına sebep olmaktadır (Sing ve ark.,2004). Ek olarak, havzanın bu kısmında evsel ve endüstriyel atıksuların deşarjlarının yapıldığı bilinmektedir. Dolayısı ile bu durum noktasal kirlilik kaynaklarının su kalitesini etkilediğini de göstermektedir. Çalışmalarında Sing ve ark. (2005), Zhang ve ark. (2007), Shresta ve Kazama (2007), Zheng ve ark. (2016) benzer sonuçlara ulaşmışlardır.

Nehirdeki akış hızının ikinci kümeye bağılı istasyonlarda artmasının iki temel sebebi vardır. Daha önce belirtildiği gibi Küçük Asi istasyonu Amik Ovası'ndan gelen yüzey akış ile beslenmektedir ve bu durum debide artışa sebep olmaktadır. Ek olarak, bu bölgelerde yapılan noktasal deşarjlar da yüzey akış hızında artış meydana getirmektedir. Shresta ve Kazama (2007), Fuji Nehri Havzası'nda yaptığı çalışmada çalışmamıza benzer sonuçlar elde etmiştir.

Sonuç olarak, mekânsal değişimde en çok etkili olan parametreler, yapılan ayrışma analizi sonucunda  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $Q_{\text{anlık}}$ , BOD,  $\text{NH}_4$  ve SS olarak belirlenmiştir. Ayrışma analizi veri setindeki en etkili parametreleri belirlemede başarılı ve etkili olmuş; kümeleme analizi sonucunda elde edilen verilerin de doğruluğunu göstermiştir.

#### 4.3.3. Su Kalitesindeki Dönemsel Değişimler

Asi Havzası'ndaki su kalitesinin mevsimlere bağılı değişimini etkileyen en önemli parametrelerin belirlenmesi için yine ayrıştırma analizinden faydalanılmıştır. Box's M testi kullanılarak veri setinin kovaryansların eşitliği hipotezini sağladığı tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ). Arkasından yapılan Wilks' lambda ve chi-square testleri sırası ile 0,389 ve

106,341 olarak bulunmuş ve ayrışma analizinin sonuçlarının güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5: Dönemsel Ayrışma Analizi için yapılan Wilk's lambda ve Chi-square testi sonuçları

Test Fonksiyonu	Wilks' Lambda	Chi-square	Anlamlılık
1	0,389	106,341	0,000

Test fonksiyonu 3 temel parametreyi kullanarak grupları %90,2 doğruluk oranı ile ayırtmıştır (Çizelge 4.6)(Çizelge 4.7). Ayrışma analizi sonucunda suyun kalitesinde meydana gelen dönemsel değişiklikleri en iyi ifade eden parametreler DO, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ve T olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.6: Sınıflandırma Sonuçları

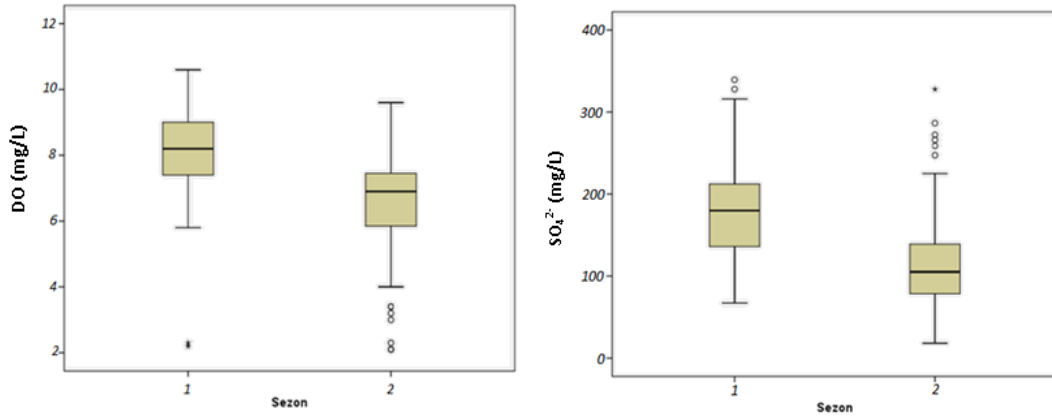
İstasyon	DA sonucunda atanan bölgeler		Toplam
	Dönem 1	Dönem 2	
Dönem 1	82	8	90
Dönem 2	9	75	84

a Orjinal veri setinin %90,2'si ayrışma analizine göre doğru sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4.7: Ayrışma fonksiyonu katsayıları

Parametre	Dönem 1	Dönem 2
DO	0,088	0,015
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	61,527	58,068
T	0,021	0,031
Sabit	-74,804	-67,971

Çizelge 4.7'den de görüleceği üzere dönemsel değişikliklere en çok etki eden parametre SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>'dir. Bunu T ve DO parametreleri takip etmektedir. Ayrışma analizi sonucunda belirlenen önemli parametrelerin dönemler arasındaki dağılımını gösteren box and whisker grafikleri Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6: DA sonucunda dönemsel değişimde önemli olduğu saptanan parametrelere ait box and whisker grafikleri

Yüzey sularında bulunan sülfatın başlıca kaynaklarını mineral içeren topraklardan gelen yüzey akışlar, atmosferik birikim ve noktasal deşarjlar oluşturmaktadır (Anonymousd, 2016). Yağış ve sıcaklık durumuna göre toprağın yapısı fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından değişiklik gösterir ve yağışın çok olduğu bölgelerde suda bulunan mineraller çözünerek yüzey akışa karışıp nehlere taşınır (Efe, 1999). Önceki çalışmalarda bu duruma paralel olarak, yağışın bol olduğu dönemlerde sülfat ve kalsiyum topraktan çözülmüş ve yüzey akış ile beraber nehre ulaşmıştır (Özşahin ve Atasoy, 2015). Bu durum çalışmamızda sudaki sülfat miktarının kurak sezonda azalış göstermesine sebep olmaktadır (Şekil 4.6).

Sudaki çözülmüş oksijen konsantrasyonu zamana bağlı olarak ciddi bir şekilde değişim göstermektedir (Şekil 4.6). Kış aylarında sudaki çözülmüş oksijen miktarı yüksek iken, yaz aylarında ciddi bir düşüş gözlemlenmektedir. Oksijenin sudaki çözünürlüğünün sıcaklık ile ters orantılı olduğu düşünüldüğünde (Shresta and Kazama, 2007), bölgedeki yüksek sıcaklığın bulunduğu aylarda sudaki DO miktarının azalması beklenen bir sonuçtur. Taşdemir ve Göksu (2001), Ası Havzası'ndaki su kalitesini inceledikleri çalışmalarında benzer sonuçlara ulaşmışlar ve kış aylarında çözülmüş oksijen miktarının arttığını tespit etmişlerdir.

Zhang ve ark. (2007), Daliao Nehri Havzasındaki dönemsel değişikliklere en çok etki eden faktörleri T, pH, DO, BOD<sub>5</sub>, uçucu fenol, E.coli olarak belirlemişlerdir. Shresta ve Kazama (2007) ise Fuji Nehri Havzası'ndaki dönemsel değişikliklere en çok katkı yapan parametreleri Q, T, DO, BOD, EC ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup> olarak bulmuştur. Varol ve Sen (2009), Behrimaz Nehri'nde yaptıkları çalışmada dönemsel değişimlerde etkili olan parametreleri

T, DO, toplam alkalinite, toplam sertlik, NO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, TP, Cl<sup>-</sup> ve Ca<sup>2+</sup> olarak bildirmişlerdir. Benzer şekilde Chow ve ark.(2016), Fei-Tsui Havzası'ndaki dönemsel farklılıklarda etkili olan parametreleri T, DO, Ca<sup>2+</sup> ve TDS olarak belirlemişlerdir. Bütün bu çalışmalarda ortak olarak gözlemlenen nehrin su kalitesinin öncelikli olarak sıcaklığa ardından da çözülmüş oksijene bağlı olarak değişiklik göstermesidir. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar da incelendiğinde, sıcaklık ve çözülmüş oksijen parametrelerinin su kalitesinde mevsimsel değişime neden olan temel parametreler olduğu söylenebilir. Ek olarak, bizim çalışmamızda mevsimsel değişimde en çok etkili olan parametre SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> olarak gözükmektedir. Bu durumun yağışa ve havzanın toprak yapısına bağlı olduğu dolayısı ile Asi Havzası'na özgü bir durum olduğu görülmektedir.

Ayrıştırma analizi sonucunda dönemsel değişikliklerde en çok etkili olan parametreler SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, T ve DO olarak bulunmuştur. Sonuçlar ayrıştırma analizinin etkili parametreleri bulmakta başarılı olduğunu göstermiştir. Ek olarak, Zheng ve ark. (2016), aksine ayrıştırma analizi sayesinde etkili olan parametreler 16 parametreden 3 parametreye indirgenmiş ve veri setinde önemli bir küçülme kaydetmişlerdir.

#### 4.4. Temel Bileşenler Analizi Sonuçları

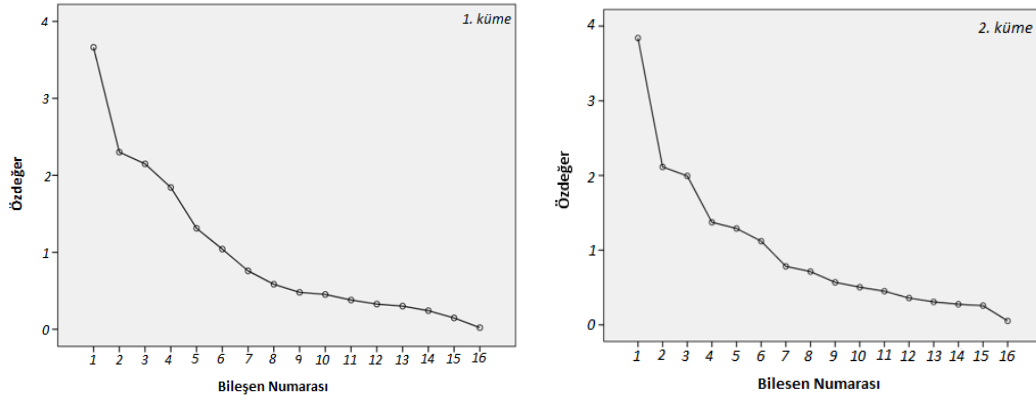
Yüzey sularının kalitesini belirleyen kirlilik kaynaklarının belirlenmesi parametrelerin birbirleri ile olan ilişkisinin karmaşık olması nedeni ile oldukça zordur (Moyel, 2014). Bu nedenle temel bileşenler analizi gruplar arasındaki farklılıkları incelemek ve aralarındaki latent faktörleri belirlemek amacı ile kullanılmıştır (Sing ve ark., 2004; Shresta ve Kazama, 2007).

Veri seti temel bileşenler analizine tabi tutulmadan önce kümeleme analizi sonuçlarına göre ayrılmış, normalize edilmiş ve standartlaştırılmıştır (Zhang ve ark. 2007; Xu ve ark. 2015; Ogwueleka 2015; Monica ve Choi, 2016). Elde edilen veri setlerinin temel bileşenler analizine uygunluğunu anlamak için Barlet ve KMO testleri uygulanmıştır. Eşrefiye ve Demirköprü istasyonlarından oluşan 1. küme için Barlet ve KMO testleri sırasıyla 0,599 ve 0,00 olarak bulunmuştur. Küçük Asi, Antakya ve Samandağ istasyonlarından oluşan ikinci küme için ise 0,595 ve 0,00 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar ışığında veri setinin temel bileşenler analizinin varsayımlarına uygun olduğu ve analiz sonucunda veri setinin boyutlarının azaltılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Özdeğerleri gösteren scree grafikleri, temel bileşen (PC) sayısını belirlemek için kullanılmıştır (Oke ve Sangdoyin,2015). Özdeğer, faktörün önemini belirtir ve özdeğerin değeri yükseldikçe önemi artar (Shresta ve Kazama,2007). Sayısal değeri 1.0 dan büyük olan özdeğerler önemli olarak düşünülmektedir (Kim ve Mueller, 1987). Orijinal değişkenlerin alt uzaydaki yansımalarına faktör yükleri denir ve faktör yükleri PCA tarafından tanımlanan eksen dönmesi sonucunda elde edilir (Sing ve ark.,2004).

#### 4.4.2. Su Kirliliği Kaynaklarının Belirlenmesi

Asi Havzası'ndaki su kirliliğini oluşturan temel baskı unsurlarının belirlenebilmesi için PCA / FA yararlanılmıştır. PCA/FA kümeleme analizi sonucunda elde edilen kümelere ayrı ayrı uygulanmıştır.



Şekil 4.7: Birinci ve ikinci kümeye ait scree plot grafikleri

Scree grafiklerinden faydalanılarak her iki küme içinde özdeğeri 1 den büyük olan 6 temel bileşen olduğu bulunmuştur (Şekil 4.7). Elde edilen 6 temel bileşen birinci küme için toplam varyansın %77'sini açıklarken; ikinci küme için %73'ünü açıklamıştır. Elde edilen temel bileşenler varimax dönüşümüne tabi tutulmuş ve her iki küme için de 6 farklı faktörün elde edilmesi sağlanmıştır. Faktör analizi sonucunda her iki küme için de elde edilen varyans faktörlerine (VF) ait faktör yükleri ile her varyans faktörünün toplam varyansa olan katkısı Çizelge 4.8'de belirtilmiştir. Liu ve ark. (2003), 0,75'den büyük faktör yüklerini güçlü, 0,50 ile 0,75 arasındaki faktör yüklerini orta ve 0,5'den küçük olan faktör yüklerini zayıf olarak sınıflandırmışlardır.

Çizelge 4.8: 16 su kalite parametresine ait faktör yükleri ve önemli varyans faktörleri

Parametre	VF1	VF2	VF3	VF4	VF5	VF6
<b><u>Küme 1</u></b>						
Na	0.392	0.432	-0.034	0.077	-0.459	-0.273
Mg	<b>0.672</b>	-0.279	0.127	-0.169	-0.043	0.022
Ca	0.369	<b>0.675</b>	-0.109	-0.041	0.427	0.029
Qanlık	0.010	0.065	-0.016	-0.038	<b>0.825</b>	-0.114
BOD <sub>5</sub>	0.104	0.158	0.069	<b>0.861</b>	-0.008	-0.058
COD	-0.137	-0.061	<b>0.851</b>	0.214	-0.008	-0.241
DO	0.316	0.025	-0.030	-0.678	0.311	0.004
NH <sub>4</sub>	0.190	-0.131	<b>0.779</b>	-0.153	0.080	0.396
NO <sub>2</sub>	-0.062	0.445	<b>0.553</b>	0.154	-0.122	-0.402
NO <sub>3</sub>	-0.166	<b>0.608</b>	<b>0.496</b>	-0.334	-0.141	0.025
o-PO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	-0.330	<b>0.753</b>	-0.115	0.304	0.083	0.099
SO <sub>4</sub>	<b>0.712</b>	0.226	0.008	-0.332	0.194	-0.261
SS	-0.027	0.072	-0.045	-0.024	-0.071	<b>0.947</b>
TDS	<b>0.935</b>	0.019	-0.135	0.044	0.033	0.075
EC	<b>0.942</b>	-0.035	-0.039	0.074	0.002	0.032
T	-0.115	-0.091	-0.008	<b>0.512</b>	<b>-0.648</b>	-0.062
Özdeğer	3.664	2.302	2.149	1.843	1.311	1.041
% toplam varyans	20.81	12.32	12.21	11.97	10.53	9.08
Kümülatif % varyans	20.81	33.13	45.34	57.32	67.85	76.93
<b><u>Küme 2</u></b>						
Na	<b>0.669</b>	-0.361	0.146	0.011	0.170	0.271
Mg	<b>0.856</b>	0.091	0.000	-0.044	-0.173	-0.135
Ca	0.341	0.324	-0.060	-0.023	0.391	0.404
Qanlık	0.022	<b>0.690</b>	0.425	-0.111	0.042	-0.007
BOD <sub>5</sub>	-0.136	-0.184	-0.018	<b>0.775</b>	0.315	0.059
COD	-0.036	0.015	0.110	<b>0.892</b>	-0.114	0.114



Çizelge 4.8: 16 su kalite parametresine ait faktör yükleri ve önemli varyans faktörleri (Devam)

Parametre	VF1	VF2	VF3	VF4	VF5	VF6
DO	0.038	<b>0.733</b>	-0.277	0.075	0.164	-0.256
NH <sub>4</sub>	0.041	-0.119	<b>-0.582</b>	-0.333	0.081	0.412
NO <sub>2</sub>	-0.027	0.002	<b>0.828</b>	0.041	0.075	0.229
NO <sub>3</sub>	0.016	0.018	0.096	0.189	-0.013	<b>0.814</b>
o-PO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	-0.249	-0.163	<b>0.510</b>	-0.100	<b>0.577</b>	-0.089
SO <sub>4</sub>	<b>0.706</b>	0.474	0.171	-0.053	0.007	-0.032
SS	-0.001	-0.092	-0.002	-0.122	<b>-0.829</b>	-0.030
TDS	<b>0.860</b>	0.079	-0.192	-0.061	-0.086	0.050
EC	<b>0.930</b>	0.008	-0.141	-0.082	0.081	0.104
T	-0.095	<b>-0.787</b>	-0.005	0.120	0.087	-0.325
Özdeğer	3.840	2.114	1.994	1.374	1.290	1.120
% toplam varyans	21.84	13.69	10.47	10.10	8.79	8.43
Kümülatif % varyans	21.84	35.53	45.99	56.10	64.89	73.33

Tabloda kalın ve italik biçimlendirilen değerler güçlü yükleri, kalın gösterilenler orta yükleri göstermektedir.

Birinci küme:

Elde edilen 6 varyans faktörü (VF) içerisinde, VF1 toplam varyansın %20,81'ini karşılamaktadır ve pozitif güçlü TDS ve EC yükleri ile pozitif orta Mg<sup>+2</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> yüklerine sahiptir. TDS ve EC mevsimsel yağışlar sonucunda oluşan toprak erozyonunu gösteren, doğal yayılı kirliliğin sonucu oluşan indekslerdir (Muangthong ve Shresta, 2015; Kowalkowskia ve ark. 2006). Mg<sup>+2</sup> tarımsal drenaj sularında yoğunlukla bulunan ve yine yüzey akışla yüzey suyuna ulaşan bir elementtir (Boyacıoğlu, 2006). SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> ise yine mevsimsel yağışlar sonucunda toprakta bulunan kirecin yıkanması ve nehre taşınması sonucunda oluşmaktadır (Vega ve ark., 1998). Sonuç olarak bu faktör, mevsimsel yağışlar sonucunda oluşan doğal mineral kirliliğini göstermektedir.

İkinci varyans faktörü toplam varyansın %12,32 sini karşılamaktadır. Faktör pozitif orta  $Ca^{+2}$ ,  $NO_3$  ve  $oPO_4$  yükleri içermektedir.  $NO_3$  ve  $oPO_4$  tarımsal kaynaklı aktiviteler sonucunda oluşan yayılı kirliliği gösteren parametrelerdir (Ogwueleka, 2015).  $Ca^{+2}$  ise toprak su ara yüzü içerisinde oluşan iyon değişimi veya kalsiyum içeren minerallerin suda çözünmesi sonucunda oluşabilmektedir (Guo ve Wang, 2004; Akbulut ve ark., 2009). Dolayısı ile VF2, hem doğal hem antropogenik aktiviteler sonucu oluşan besin kirliliğini göstermektedir.

VF3, toplam varyansın %12,21'ini açıklamaktadır ve pozitif güçlü  $NH_4$  ve COD yükleri ile pozitif orta  $NO_2$  ve  $NO_3$  yüklerine sahiptir. Yüzey sularında bulunan azotlu bileşiklerin varlığı tarımda azotlu gübre kullanılmasından kaynaklanmaktadır (Ogwueleka, 2015). Bu sebeple bu faktör insan kaynaklı, yayılı tarımsal kirliliği göstermektedir.

Dördüncü faktör pozitif güçlü  $BOD_5$  yükü ile pozitif orta sıcaklık yüklerini içermekte ve toplam varyansın %11,97'sini açıklamaktadır.  $BOD_5$  genellikle evsel atıksu arıtma tesisi deşarjları ya da endüstriyel deşarjlar gibi noktasal kirlilik kaynakları sonucu oluşan organik kirliliği belirten bir indekstir (Kazi ve ark., 2009; Juahir ve ark., 2011). Dolayısıyla VF4 insan kaynaklı organik kirliliği ortaya koymaktadır.

Beşinci varyans faktörü toplam varyansın %10,53'ünü kapsamaktadır ve pozitif güçlü Q yükü ile negatif orta T yükünü kapsamaktadır. Sıcaklık ve debi arasındaki bu ters orantılı ilişki mevsimsel değişikliklere bağlı oluşan doğal bir sonuçtur. Bölgeye yaz aylarında yağışın gelmediği göz önüne alındığında, sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma da artmakta ve debi miktarında azalma meydana gelmektedir. Dolayısı ile VF5, mevsimsel değişimlerin yüzey suyuna olan etkisini ortaya koymaktadır.

Birinci kümeye ait son varyans faktörü olan VF6, toplam varyansın %9,08'ini açıklamaktadır ve pozitif güçlü SS yükü içermektedir. Bu faktör mevsimsel yağışlar sonucunda oluşan erozyonu ve ormanlık alanlardan gelen yayılı kirliliği temsil etmektedir (Muangthong ve Shresta, 2015; Chow ve ark. 2016).

#### İkinci küme:

VF1 toplam varyansın %21,842 ünü karşılamaktadır ve pozitif güçlü  $Mg^{+2}$ , TDS ve EC yükleri ile pozitif orta  $Na^+$  ve  $SO_4^{-2}$  yüklerine sahiptir. Mevsimsel yağışlar

sonucunda topraktaki minerallerin yüzey akışla taşınması sonucunda oluşurlar. Sonuç olarak, VF1 mineral kirliliğini gösteren indikatörleri içermektedir.

İkinci varyans faktörü toplam varyansın %13,69'unu açıklamaktadır ve pozitif orta Q ve DO yükleri ile negatif orta T yükü içermektedir. Daha önce de belirtildiği gibi debi ve sıcaklık arasında buharlaşmadan kaynaklanan bir negatif korelasyon vardır. Buna ek olarak, suyun sıcaklığı arttıkça oksijenin sudaki çözünürlüğü azalmaktadır (Wang ve ark., 2013; Zheng ve ark., 2016). Sonuç olarak, parametreler arasındaki korelasyonlar mevsimsel değişikliklerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır ve doğal sebeplere dayanmaktadır.

Üçüncü varyans faktörü toplam varyansın %10,47'sini, kapsamaktadır ve pozitif yüksek NO<sub>2</sub> yükü, pozitif orta oPO<sub>4</sub> yükü ve negatif orta NH<sub>4</sub> yükü içermektedir. Faktör, tarım arazilerinde kullanılan gübrelerin yayılı olarak yüzey sularına ulaşması sonucu oluşan besin tuzu kirliliğini açıklamaktadır (Sing ve ark., 2005). Ek olarak, yüzey suyundaki nitrit konsantrasyonu sudaki organik madde miktarının artması sonucu da artış göstermektedir. Dolayısı ile bu faktörün aynı zamanda evsel kaynaklı kirliliği de gösterdiği düşünülmektedir.

Dördüncü varyans faktörü toplam varyansın %10,10'unu açıklamaktadır pozitif yüksek BOD<sub>5</sub> ve COD yükü içermektedir. BOD<sub>5</sub> ve COD organik kirlilik yükünü belirten faktörler olarak düşünülmektedir (Kazi ve ark., 2009). İnsan kaynaklı aktiviteler sonucunda oluşan kirlilik ile direk olarak ilişkilidir. Evsel atıksular veya endüstriyel deşarjlar sonucunda yüzey suyundaki miktarı artar ve noktasal kaynaklıdır ( Wang ve ark. 2007).

Beşinci varyans faktörünü pozitif orta o-PO<sub>4</sub> ve negatif güçlü SS yükleri oluşturmakta ve toplam varyansın %8,97'sini oluşturmaktadır. Faktör içindeki fosfatın varlığı hem doğal hem de insan kaynaklı aktivitelere işaret etse de (Devlin ve ark., 2000), o-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ile SS arasındaki ters orantılı ilişki, bölgedeki kirliliğin insan kaynaklı aktiviteler sonucunda oluştuğunu göstermektedir.

Altıncı varyans faktörü toplam varyansın %8,43'ünü kapsamaktadır ve pozitif yüksek NO<sub>3</sub> yükü içerir. Daha önce de belirtildiği gibi sudaki nitrat varlığı tarımda kullanılan gübrelerin yüzey akışla nehre ulaşması sonucu oluşur (Ogwueleka, 2015;

Muangthong ve Shrestha, 2015). Dolayısı ile VF6, tarımsal aktivitelere bağlı olan kirliliği yansıtmaktadır.

Sonuç olarak, faktör analizi sonucunda bölgede kirliliğe sebep olan latent faktörler belirlenmiştir. Birinci kümedeki latent kirlilik faktörleri mineral kirliliği, besin kirliliği, tarımsal kirlilik ve erozyon olarak belirlenmiş olup; hem doğal hem de insan kaynaklı aktiviteler sonucunda oluşmaktadır. İkinci kümeyi oluşturan bölgelerdeki latent kirlilik faktörleri ise mineral kirliliği, tarımsal kirlilik, insan kaynaklı oluşan organik kirlilik olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9: PCA/FA sonucunda bölgelere göre belirlenmiş önemli latent faktörler

	<b>VF1</b>	<b>VF2</b>	<b>VF3</b>	<b>VF4</b>	<b>VF5</b>	<b>VF6</b>
<b>Küme 1</b>	Mineral kirliliği, Erozyon	Tarımsal kaynaklı kirlilik	Tarımsal kaynaklı kirlilik	Evsel ve endüstriyel deşarjlar	Mevsimsel Etki	Erozyon
<b>Küme 2</b>	Mineral kirliliği, Erozyon	Mevsimsel Etki	Tarımsal kaynaklı kirlilik	Evsel ve endüstriyel deşarjlar	İnsan kaynaklı kirlilik	Tarımsal kaynaklı kirlilik

PCA / FA sonucunda su kalitesine etki eden önemli parametreler azot ve fosfor kaynaklı bileşikler, BOD<sub>5</sub>, COD ve mineral tuzları olarak belirlenmiştir. Bununla beraber ayrışma analizinde olduğu gibi veri setindeki parametre sayısında önemli bir alçalma sağlanamamıştır. Aynı durum Sing ve ark. (2004) ile Nie ve ark. (2015) çalışmalarında da gözlemlenmektedir. Bununla beraber, PCA bölgede kirliliğe sebep olan noktasal ve yayılı kirlilik kaynakların belirlenmesinde etkin rol oynamıştır. Bölgede kirliliğe sebep olan temel stress faktörleri, mevsimsel yağışlara bağlı olarak oluşan noktasal kirlilik, tarımsal kirlilik ve evsel ve endüstriyel deşarjlar olarak belirlenmiştir. Bununla beraber nehirde baskın olan kirlilik tiplerinin bölgelere göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiş ve bunun nedeninin bölgelerde yapılan insan kaynaklı aktivitelere ve havzanın yapısına bağlı olarak nehirdeki fiziksel ve kimyasal karakterin değişmesi olduğu düşünülmüştür. (Ogwueleka 2015).

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Asi Nehri'ndeki su kalitesinin zamana ve mekâna bağlı değişimini ve buna neden olan temel etmenleri belirlemek için çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden faydalanılmıştır.

Öncelikle Asi Nehri'ndeki su kalitesi tanımlayıcı istatistikler ve iki yönlü ANOVA testi kullanılarak değerlendirilmiş ve nehirdeki su kalitesinin parametreye, mevsime ve mekâna göre değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Kümeleme analizi kullanılarak hem mekânlar hem de mevsimler benzerliklerine göre gruplandırılmıştır. CA sonucunda mevcut olan 5 istasyon, kirlilik derecesine göre iki ana kümeye ayrılmıştır. Nehrin ülkemiz sınırlarına giriş yaptığı kısımda bulunan Eşrefiye ve Demirköprü istasyonları birinci kümeyi oluştururken; Küçük Asi, Antakya ve Samandağ istasyonları ikinci kümeyi oluşturmuştur. Havzadaki arazi kullanımı dikkate alındığında ilk kümenin kirlilik yükünün nispeten daha az olduğu kısımları gösterdiği, ikinci kümenin ise noktasal ve yayılı kirleticilerin daha yoğun olduğu bölgelerden oluştuğu bulunmuştur. Benzer şekilde, mevsimsel dönemler CA tarafında iki grupta toplanmıştır. Yağışın az olduğu ilkbahar ve yaz mevsimleri birinci dönemi oluştururken, yağışın fazla olduğu sonbahar ve kış mevsimleri ikinci dönemi oluşturmuştur. Sonuçlar, dönemsel gruplandırmada iklimin çok etkili olduğunu göstermiştir.

Nehrin su kalitesindeki değişiklikleri yansıtan temel parametreleri bulmak için hem mevsimsel hem mekânsal ayrışma analizi uygulanmıştır. Ayrışma analizi sonucunda nehirdeki mekânsal değişimleri yansıtan parametreler %92,2 doğruluk oranı ile  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Q_{anlık}$ ,  $BOD_5$ ,  $NH_4$  ve SS olarak belirlenmiştir. DA sonucunda mevsimsel değişimde etkili olan parametreler ise %90,2 doğruluk oranı ile  $SO_4^{2-}$ , DO ve T olarak bulunmuştur. Sonuçlar, ayrışma analizinin veri setinin küçültülmesinde etkili bir araç olduğunu göstermiştir.

Asi Nehri'ndeki su kalitesinde değişime sebep olan latent faktörlerin belirlenmesinde FA/PCA faydalanılmıştır. Kirliliğin nispeten daha az olduğu birinci kümedeki varyans faktörleri dikkate alındığında kirliliği gösteren temel parametreler TDS, EC,  $SO_4^{2-}$ , COD,  $BOD_5$ , SS olarak belirlenmiştir. Dolayısı ile bölgede gözlemlenen temel kirlilik çeşitleri mineral kirliliği, besin kirliliği, tarımsal kirlilik ve erozyon olarak

belirlenmiştir. Kirliliğe sebep olan temel olayların ise mevsimsel yağışlara bağlı yayılı kirlilik olduğu düşünülmektedir. İkinci kümedeki varyans faktörleri incelendiğinde ise kirliliği gösteren temel parametreler TDS, EC,  $Mg^{2+}$ ,  $NO_2^{1-}$  ve  $NO_3^{1-}$  olarak belirlenmiştir. Kirliliğe neden olan latent faktörler ise erozyon, tarımsal faaliyetler, noktasal deşarjlar ve mineral kirliliği olarak belirlenmiştir. İkinci kümeyi oluşturan bölgelerde kirlilik üzerinde insan kaynaklı aktivitelerin daha aktif olduğu belirlenmiştir.

FA/PCA sonucunda erozyonun önemli bir kirletici olduğu saptanmıştır. Buna ek olarak, tarımsal aktivitelere bağlı olan yayılı kirliliğin de nehrin kirlenmesinde önemli bir rol oynadığı belirlenmiştir. Şehir merkezlerine yaklaşılması ile noktasal deşarjların arttığı ve organik kirlilik yükünün arttığı gözlemlenmiştir. Dolayısı ile bölgede yapılacak kirliliği izleme ve önleme çalışmalarının bu durumu dikkate alınarak yapılması gerekmektedir.

Son olarak, çalışma çok değişkenli istatistiksel yöntemlerin izleme çalışmalarının incelenmesinde etkili bir araç olduğunu ortaya koymuştur.

## KAYNAKLAR

- Ağca, N., Ödemiş, B., and Yalçın, M., 2009. Spatial and temporal variations of water quality parameters in Orontes river (Hatay, Turkey). **Fresenius Environmental Bulletin**, 18 (4):456-460
- Akbulut N.E., Bayari S., Akbulut A., and Sahin Y., 2009. Rivers of Turkey. (Tockner K, Robinson CT, Uehlinger U, Editors) In: **Rivers of Europa**. Academic Press, New York, pp 643–672
- Akın, M. ve Akın, G., 2007. Suyun önemi, Türkiye’de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği. **Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi**, 47 (2):105-118
- Aksoy, A., Bulut, E. and Yenilmez, F., 2006. **Uluabat Gölü Ötrofikasyon Kontrolü için Maksimum Alıcı Ortam Fosfor Yüklerinin Belirlenmesi**. TÜBİTAK Deniz Bilimleri ve Çevre Araştırmaları Grubu Projesi, 105 s, Ankara, Türkiye.
- Alp E., 2015. Teorik ve Uygulamalı Havza Modellemesi Eğitimi. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara. (Yayınlanmamış)
- Álvarez-Rogel, J.O., Jiménez-Cárceles, F.J. and Nicolás, C.E., 2006. Phosphorus and nitrogen content in the water of a coastal wetland in the Mar Menor lagoon : relationships with effluents from urban and agricultural areas. **Water Air and Soil Pollution**. 173(1-4): 21-38.
- Anonima. 2012. <http://cevre.erciyes.edu.tr/dosyalar/dokumanlar/2.%20D%C3%B6nem%20Deneysel%20F%C3%B6yleri/KO%C4%B0.pdf> (Erişim: 10.10.2016)
- Anonimb. [https://en.wikipedia.org/wiki/Hard\\_water](https://en.wikipedia.org/wiki/Hard_water) (Erişim: 01.10.2016)
- Anonimc., 2016. Antakya : Sıcaklık ve yağış grafiği. <http://tr.climate-data.org/location/243/>
- Anonymousa., 2016. Water Quality Indicators: Temperature and Dissolved Oxygen. <http://www.ramp-alberta.org/river/water+sediment+quality/chemical/temperature+and+dissolved+oxygen.aspx> (Erişim: 08.07.2016)
- Anonymusb., 2016. Water Quality Indicators: Conventional Variables. <http://www.ramp-alberta.org/river/water+sediment+quality/chemical/conventional.aspx> (Erişim: 08.07.2016)
- Anonymusc., 2016. Water Quality Indicators: Nutrients. <http://www.ramp-alberta.org/river/water+sediment+quality/chemical/nutrient.aspx> (Erişim: 08.07.2016)
- Anonymousd. 2016. Sulfate and Water Quality. From <http://ky.gov/nrepc/water/ramp/rms04.htm> (Erişim: 29.09.2016)
- Azhar, S.C., Aris, A.Z., Yusoff, M.K., Ramli, M.F., and Juahir, H., 2015. Classification of river water quality using multivariate analysis. **Procedia Environmental Sciences**, 30: 79-84.
- Bhattra, B.D., Kwak, S. and Heo, W., 2015. Assessment of water quality variations under non-rainy and rainy conditions by principal component analysis techniques in Lake Doam watershed, Korea. **J.Ecol.Environ**.38(2):145-156

Bierman P., Lewis M., Ostendorf B. and Tanner J., 2011. A review of methods for analysing spatial and temporal patterns in coastal water quality. **Ecological Indicators**, 11: 103–114.

Boyacioglu, H. and Boyacioglu, H., 2008. Water pollution sources assessment by multivariate statistical methods in the Tahtali Basin. Turkey. **Environmental Geology**, 54(2): 275-282.

Boyacioglu, H., 2006. Surface water quality assessment using factor analysis. **Water SA**, 32(3): 389-393.

Chow, M. F., Shiah, F. K., Lai, C. C., Kuo, H. Y., Wang, K. W., Lin, C. H., Chen T.Y., Kobayashi Y. and Ko, C. Y., 2016. Evaluation of surface water quality using multivariate statistical techniques: a case study of Fei-Tsui Reservoir basin, Taiwan. **Environmental Earth Sciences**, 75(1): 1-15.

Comair G., Eaton D., and McKinney D., 2015. Water resources and security challenges in the Orontes River Basin. ( F.G. Comair, M. Scalet, R. Ballabio and M. Scoullos, Editörs). In: **Science Diplomacy and Transboundary Water Management: the Orontes River Case**. UNESCO, 125-137 , Venice-Italy.

Çevre ve Orman Bakanlığı.,2004. **Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği**. Resmi Gazete. Sayı: 25687

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. 2011. **Türkiye Çevre Durum Raporu**. Ankara

Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Yazıcı, B., Gürkan, H., Tuvan A., ve Akçakaya, A., 2014. Yeni Senaryolara Göre Türkiye Akarsu Havzalarında İklim Değişikliği Projeksiyonları. TÜCAUM - VIII. COĞRAFYA SEMPOZYUMU. 23-24 EKİM 2014. Ankara

Devlin D.L., Whitney D.A., and McWay K.A., 2000. Phosphorus and water quality in Kansas, Kansas State University. <https://www.bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/MF2463.pdf> (Erişim Tarihi: 05.10.2016)

Easton, Z. M., Gerard-marchant, P., Walter, M. T., Petrovic, A. M. and Steenhuis, T. S., 2007. Identifying dissolved phosphorus source areas and predicting transport from an urban watershed using distributed hydrologic modeling. **Water Resour. Res.**, 43 (11): 1-16.

Efe, R., 1999. Güney marmara bölümü batısında toprak oluşumunu etkileyen coğrafi faktörler ve toprakların özellikleri. **Türk Coğrafya Dergisi**, 34:193-209.

Fan, X., Cui, B., Zhao, H., Zhang, Z., and Zhang, H., 2010. Assessment of river water quality in Pearl River Delta using multivariate statistical techniques. **Procedia Environmental Sciences**, 2: 1220-1234.

FAO. 2009. Aquastat. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/basins/asi-orontes/index.stm> (Erişim: 27.06.2016)

Gałczyńska M., Gamrat R., Burczyk P., Horak A. and Kot M., 2013. The influence of human impact and water surface stability on the concentration of selected mineral macroelements in mid-field ponds. **Water-Environment-Rural Areas**, 3(3/43): 41-54.

González, S.O., Almeida, C.A., Calderón, M., Mallea, M.A. and González, P., 2014. Assessment of the water self-purification capacity on a river affected by organic pollution: application of chemometrics in spatial and temporal variations. **Environmental Science and Pollution Research**, 21(18): 10583-10593.

Grochowska J. and Tandyrak R., 2009. The influence of the use of land on the content of calcium, magnesium, iron and manganese in water exemplified in three lakes in Olsztyn vicinity. **Limnol. Rev**, 9(1): 9-16..



Guo, H. and Wang, Y., 2004. Hydro geochemical processes in shallow quaternary aquifers from the northern part of the Datong Basin, China. **Appl Geochem**,19:19–27

Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1997. **Su kalitesi**. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 43, 10 s,Ankara.

Gündüz. 2016. [http://kisi.deu.edu.tr/orhan.gunduz/english/courses/Turkce-Ingilizce\\_teknik\\_terimler\\_sozlugu.pdf](http://kisi.deu.edu.tr/orhan.gunduz/english/courses/Turkce-Ingilizce_teknik_terimler_sozlugu.pdf) (Erişim: 08.08.2016)

Harmancıoğlu, N.B., Gül A. Ve Fıstıkoğlu O., 2002. Entegre Su Kaynakları Yönetimi, **TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri**, 419 (3): 29-39

Hatay Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2011.Hatay İl Çevre Durum Raporu.Hatay

Heathwaite, A.L., Quinn, P.F. and Hewett, C.J.M., 2005. Modelling and managing critical source areas of diffuse pollution from agricultural land using flow connectivity simulation. **Journal of Hydrology**, 304(1): 446-461

Hur, J., and Cho, J. (2012). Prediction of BOD, COD, and total nitrogen concentrations in a typical urban river using a fluorescence excitation-emission matrix with PARAFAC and UV absorption indices. **Sensors**, 12(1): 972-986.

Johnson A.R. and Wichern D.W.,2007. **Applied Multivariate Statistical Analysis**.6<sup>th</sup> Edition. Pearson Prentice Hall. New Jersey

Juahir, H., Zain, S.M., Yusoff, M.K., Hanidza, T.I.T., Armi, A.S.M., Toriman, M.E. and Mokhtar, M., 2011. Spatial water quality assessment of Langat River Basin (Malaysia) using environmetric techniques. **Environmental Monitoring and Assessment**, 173(1): 625–641.

Jung, K.Y., Lee, K.L., Im, T.H., Lee, I.J., Kim, S., Cheon, S.U., and Ahn, J.M., 2016. Evaluation of water quality for the Nakdong River watershed using multivariate analysis. **Environmental Technology and Innovation**, 5:67-82

Kalaycı, Ş., 2016. **SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri**, 7. Baskı. Asil Yayın Dağıtım. ANKARA

Kaveh, A.R., Shahedi, K., Habibnejad Roshan, M. and Ghorbani, J., 2015. Assessment of spatio-temporal variations of surface water quality and prioritization of pollution Sources (case Study: Talar Watershed, Mazandaran province). **Environmental Resources Research**, 3(1): 27-45.

Kazi T.G., Arain M.B., Jamali M.K., Jalbani N., Afridi H.I., Sarfraz R.A., Baig J.A. and Shah A.Q., 2009. Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: a case study. **Ecotox Environ Safe**, 72(2):301–309

Khadka, R.B. and Khanal, A.B., 2008. Environmental Management Plan (EMP) for Melamchi water supply project, Nepal. **Environ. Monitor. Assess.**, 146 (1-3): 225-234

Kim, J.O. and Mueller, C.W., 1987. **Introduction to factor analysis: What it is and how to do it**. Quantitative applications in the social sciences series. Newbury Park: Sage University Press.

Korkmaz, H. ve Karataş, A., 2009. Asi Nehri'nde Su Yönetimi ve Ortaya Çıkan Sorunlar. **Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 6(12): 18-40

Korkmaz, H., Cetin, B., Kuscu, V., Ege, I., Bom, A., Ozsahin, E. ve Karatas, A., 2012. Temporal changes of land use in Asi river delta (Hatay, Southern Turkey). **J. Environ. Biol**, 33: 463-473

- Kowalkowska, T., Zbytniewska, R., Szpejnab, J. and Buszewki, B., 2006. Application of chemometrics in river water classification. **Water Research**, 40(40): 744–752.
- Kumarasamy, P., James, R.A., Dahms, H., Byeon, C.W. and Ramesh, R., 2014. Multivariate water quality assessment from the Tamiraparani river basin, Southern India. **Environmental Earth Sciences**, 71: 2441–2451
- Kumari, M. and Tripathi, B.D., 2014. Source apportionment of wastewater pollutants using multivariate analyses. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, 93(1): 19–24
- Lattin, J., Carroll, D. and Green P., 2003. **Analyzing Multivariate Data**. New York: Duxbury
- Lei L., 2013. Assessment of Water Quality Using Multivariate Statistical Techniques in the Ying River Basin, China. PhD Thesis of University of Michigan.
- Liu, C. W., Lin, K. H. and Kuo, Y. M., 2003. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. **Science of the Total Environment**, 313(1): 77-89.
- Massoud, M.A., 2010. Assessment of water quality along a recreational section of the Damour River in Lebanon using the water quality index. **Environ. Monit. Assess.** 184 (7): 4151-4160
- McKenna, J. E., 2003. An enhanced cluster analysis program with bootstrap significance testing for ecological community analysis. **Environmental Modelling and Software**, 18(3): 205-220.
- Monica, N. and Choi, K., 2016. Temporal and spatial analysis of water quality in Saemangeum watershed using multivariate statistical techniques. **Paddy and Water Environment**, 14(1): 3-17.
- Moyel, M.S., 2014. Assessment of water quality of the Shatt Al-Arab River, using multivariate statistical technique. **Mesopotamia Environmental Journal (MEJ)**, 1(1): 39-46.
- Muangthong, S. and Shrestha, S., 2015. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: case study of the Nampong River and Songkhram River, Thailand. **Environmental monitoring and assessment**, 187(9): 1-12.
- Nie, X.F., Li, H.P., Jiang, J.H., Diao, Y.Q. and Li, P.C., 2015. Spatiotemporal variation of riverine nutrients in a typical hilly watershed in southeast China using multivariate statistics tools. **Journal of Mountain Science**, 12(4): 983-998.
- Odemis, B., Sangun, M.K., and Buyuktas, D., 2007. Temporal variations in water quantity and quality of Orontes River, Turkey. **Asian Journal of Chemistry**, 19(1): 711-723
- Odemis, B., Sangun, M.K., and Evrendilek, F., 2010. Quantifying long-term changes in water quality and quantity of Euphrates and Tigris rivers, Turkey. **Environmental monitoring and assessment**, 170(1-4): 475-490.
- Ogwueleka, T.C., 2015. Use of multivariate statistical techniques for the evaluation of temporal and spatial variations in water quality of the Kaduna River, Nigeria. **Environmental monitoring and assessment**, 187(3): 1-17.
- Oke, A.O. and Sangodoyin, A.Y., 2015. Evaluation of surface water quality characteristics in Ogun watershed of south western Nigeria using principal component analysis. **Journal of Science and Technology (Ghana)**, 35(1): 89-101.
- Oram M.B., 2014. Dissolved Oxygen in Water. <https://www.water-research.net/index.php/dissolved-oxygen-in-water> (Erişim tarihi: 11.07.2016)

Orem W.H., 2011. Sulfate as a Contaminant in Freshwater Ecosystems: Sources, Impacts and Mitigation. [http://conference.ifas.ufl.edu/ncer2011/Presentations/Wednesday/Waterview%20C-D/am/0850\\_Orem.pdf](http://conference.ifas.ufl.edu/ncer2011/Presentations/Wednesday/Waterview%20C-D/am/0850_Orem.pdf) (Erişim tarihi: 11.07.2016)

Orman ve Su İşleri Bakanlığı., 2012. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği. **Resmi Gazete**. Sayı: 28483 [2016 yılında güncellenmiştir]

Otto, M., 1998. **Multivariate methods**. (Kellner, R., Mermet, J.M., Otto, M., Widmer, H.M. Eds). In: Analytical Chemistry. WileyVCH, Weinheim.

Özdamar, Kazım., 1999. **Paket Programlar ile İstatiksel Veri Analizi-2**. 2. Baskı. Kaan Kitabevi. Eskişehir

Özşahin, E., 2010. Asi (Orontes) Nehri Deltasındaki (Hatay/Türkiye) Doğal Çevre Sorunlarına Coğrafi Bir Yaklaşım (Hatay/Turkey). **Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 7(13): 445-475

Özşahin, E., and Atasoy, A., 2015. Aşağı Asi Nehri Toprakları. **Gaziantep University Journal of Social Sciences**, 14(1):127-153

Pejman, A.H., Bidhendi, G.N., Karbassi, A.R., Mehrdadi, N. and Bidhendi, M.E., 2009. Evaluation of spatial and seasonal variations in surface water quality using multivariate statistical techniques. **International Journal of Environmental Science and Technology**, 6(3): 467-476.

Ružđjak, A.M., and Ružđjak, D., 2015. Evaluation of river water quality variations using multivariate statistical techniques. **Environmental Monitoring and Assessment**, 187(4): 1-14.

Sharma, S., 1996. **Applied Multivariate Techniques**, John Wiley and Sons Inc. New York

Shrestha, S. and Kazama, F., 2007. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. **Environmental Modelling and Software**, 22(4): 464-475.

Singh, K.P., Malik, A. and Sinha, S., 2005. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti River (India) using multivariate statistical techniques-a case study. **Analytica Chimica Acta**, 538(1): 355-374.

Singh, K.P., Malik, A., Mohan, D. and Sinha, S., 2004. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—a case study. **Water research**, 38(18): 3980-3992.

Su S., Li, D., Zhang, Q., Xiao, R., Huang, F. and Wu, J., 2011. Temporal trend and source apportionment of water pollution in different functional zones of Qiantang River, China. **Water research**, 45(4): 1781-1795.

Taşdemir, M., ve Göksu, Z.L., 2001. Asi Nehri'nin (Hatay, Türkiye) bazı su kalite özellikleri. **Su Ürünleri Dergisi**, 18(1-2):55-64.

Turan, F. ve Ülkü, G., 2012. Gökpınar ve Çürüksu Çaylarının kirlilik parametre ve yüklerinin izlenmesi. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 19(3): 133-144

TÜBİTAK MAM., 2013, **Havza koruma eylem planlarının hazırlanması :Asi Havzası Raporu**, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi Çevre Enstitüsü. Kocaeli

UNESCO-IHE (Institute for water education)., 2002. **From conflict to cooperation in international water resources management: challenges and opportunities**. Institute for Water Education Delft, The Netherlands.

Usul N., 2009. **Engineering Hydrology**. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Ankara

Varol, M. and Şen, B., 2009. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: a case study of Behrimaz Stream, Turkey. **Environmental monitoring and assessment**, 159(1-4): 543-553.

Vega, M., Pardo, R., Barrado, E. and Deban, L., 1998. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. **Water Res.** 32(12): 3581-3592

Wang, H.D., Wang, Y. and Lin, Z., 2007. The Control and Damage of Organic Pollutant in Song-hua River to the Ecological Environment [J]. **Environmental Science and Management**, 6(20)

Wang, Q., Wu, X., Zhao, B., Qin, J. and Peng, T., 2015. Combined Multivariate Statistical Techniques, Water Pollution Index (WPI) and Daniel Trend Test Methods to Evaluate Temporal and Spatial Variations and Trends of Water Quality at Shanchong River in the Northwest Basin of Lake Fuxian, China. **PloS one**, 10(4): 1-17.

Wang, Y., Wang, P., Bai, Y., Tian, Z., Li, J., Shao, X. and Li, B.L., 2013. Assessment of surface water quality via multivariate statistical techniques: A case study of the Songhua River Harbin region, China. **Journal of Hydro-Environment Research**, 7(1): 30-40.

Wang, Y.B., Liu, C.W., Liao, P.Y. and Lee, J.J., 2014. Spatial pattern assessment of river water quality: implications of reducing the number of monitoring stations and chemical parameters. **Environmental monitoring and assessment**, 186(3) :1781-1792.

WHO., 2011. Hardness in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/hardness.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/hardness.pdf) (Erişim: 11.07.2016)

Wolfgang, K. H. and Léopold S., 2012. **Applied multivariate statistical analysis**. Third edition. Belin Heidelberg: Springer.

Wu, J.Y., 2005. Assessing surface water quality of the Yangtze Estuary with genotoxicity data. **Marine pollution bulletin**, 50(12): 1661-1667.

Xu, Y., Xie, R., Wang, Y. And Sha, J., 2015. Spatio-temporal variations of water quality in Yuqiao Reservoir Basin, North China. **Frontiers of Environmental Science and Engineering**, 9(4): 649-664.

Yang, H.J., Shen, Z.M., Zhang, J.P. and Wang, W.H., 2007. Water quality characteristics along the course of the Huangpu River (China). **Journal of Environmental Sciences**, 19(10): 1193-1198.

Yerel, S., 2011. Application of multivariate statistical techniques in the assessment of water quality in Sakarya River, Turkey. **Journal of the Geological Society of India**, 78(6): 1-5.

Yılmaz, A.B. and Doğan, M., 2008. Heavy metals in water and in tissues of himri (*Carasobarbus luteus*) from Orontes (Asi) River, Turkey. **Environmental monitoring and assessment**, 144(1-3): 437-444.

Zhang, Y., Guo, F., Meng, W., and Wang, X.Q., 2009. Water quality assessment and source identification of Daliao river basin using multivariate statistical methods. **Environmental Monitoring and Assessment**, 152(1-4): 105-121.

Zheng, L.Y., Yu, H.B., and Wang, Q.S., 2016. Application of multivariate statistical techniques in assessment of surface water quality in Second Songhua River basin, China. **Journal of Central South University**, 23: 1040-1051.

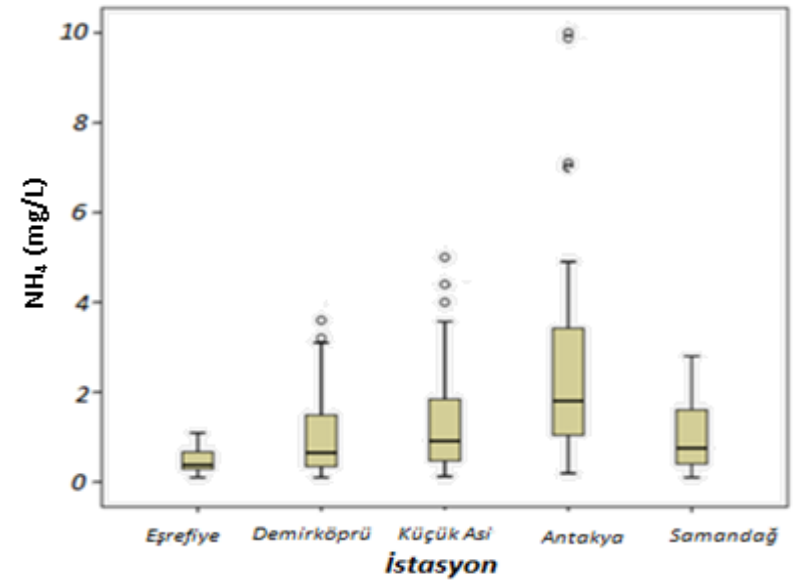
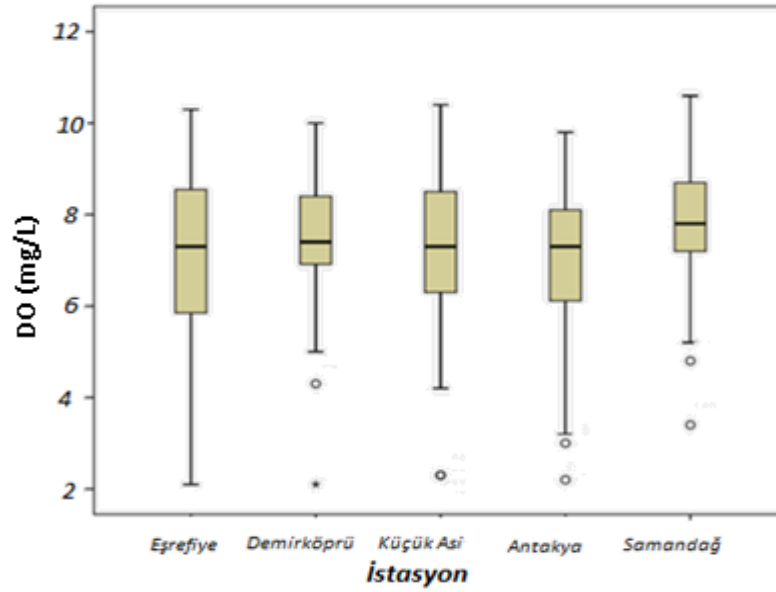
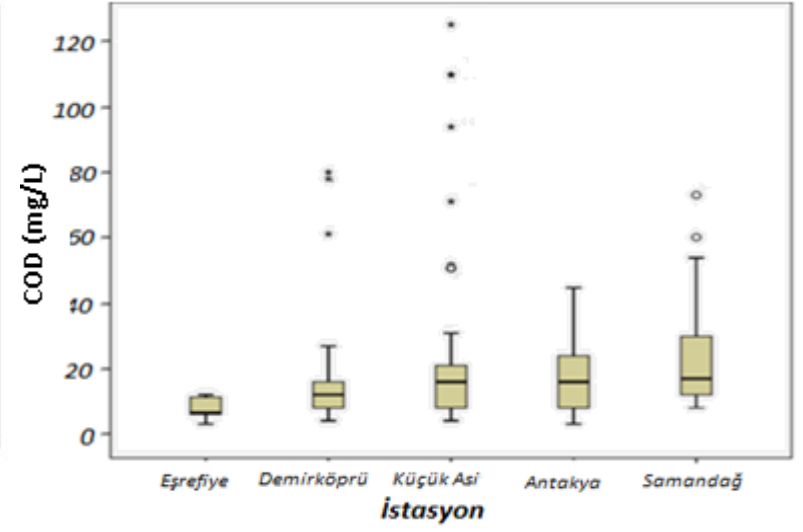
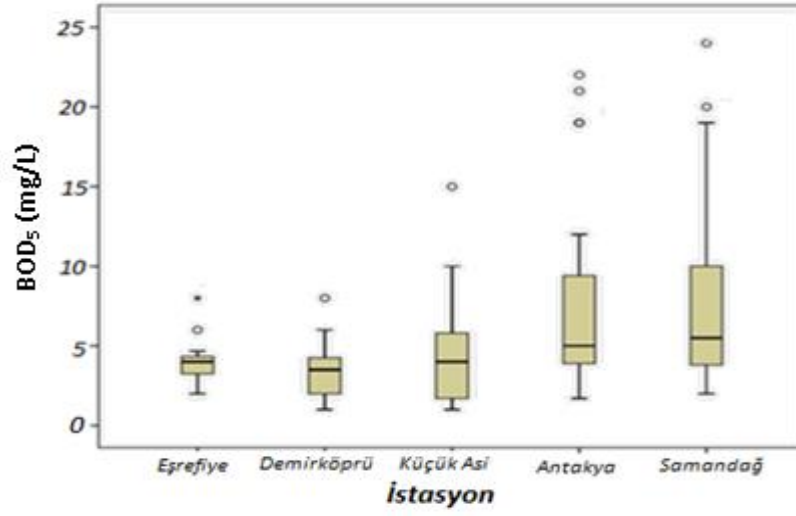
Zhou, F., Liu, Y., and Guo, H., 2007. Application of multivariate statistical methods to water quality assessment of the watercourses in Northwestern New Territories, Hong Kong. **Environmental Monitoring and Assessment**, 132(1-3): 1-13.

Zwahlen, F., Gonzalez, R. and Asaad, A.H., 2014. Atlas of the Orontes River Basin. Hydrogeology- Hydrogeological Structures. Graduate Institute of International and Development Studies. Global Program Water Initiatives Swiss Agency for Development and Cooperation (Erişim tarihi:29.09.2016) <https://www.water-security.org/files//2014-11/Hydrogeology%20e%20Atlas.pdf>

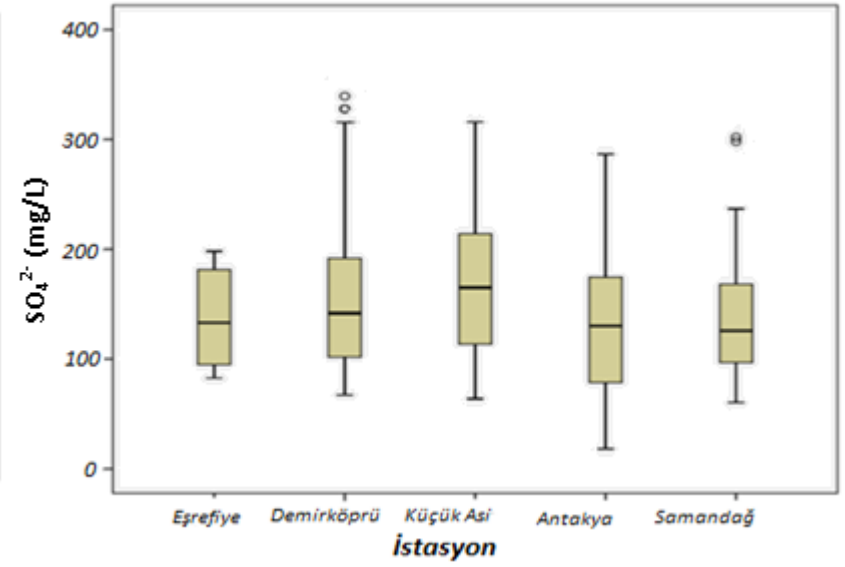
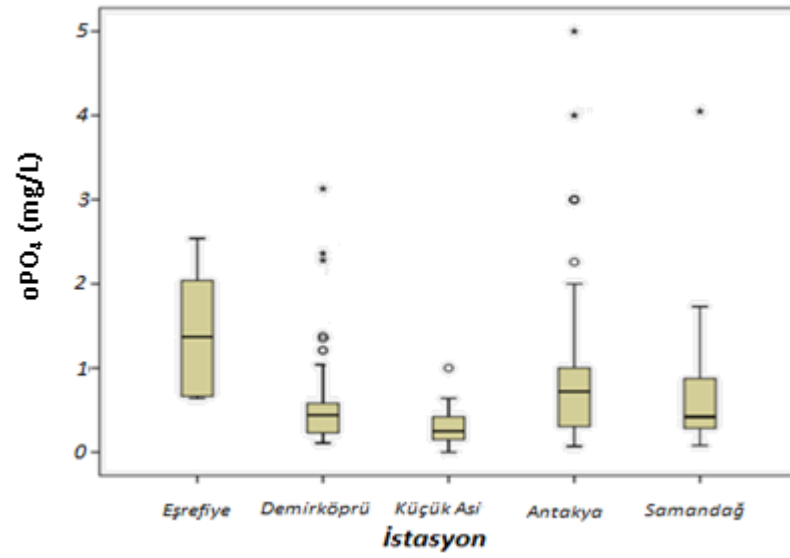
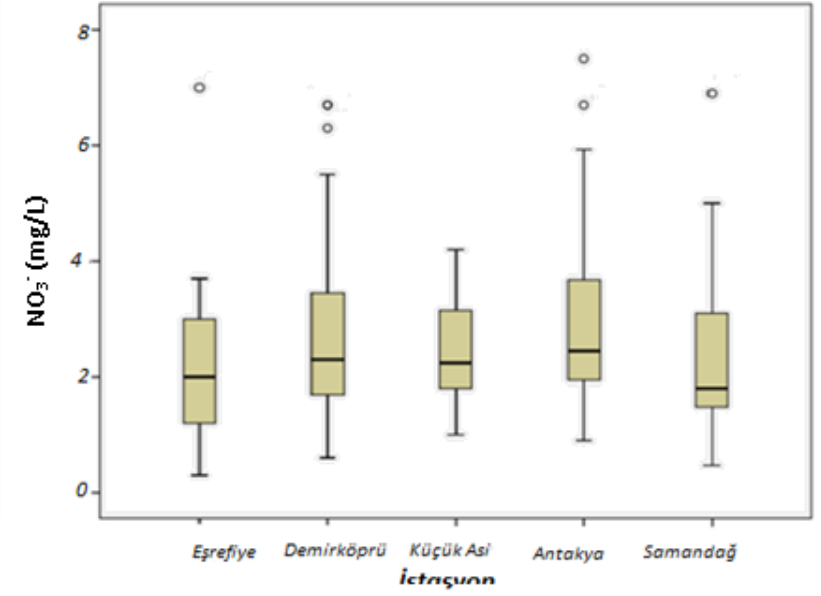
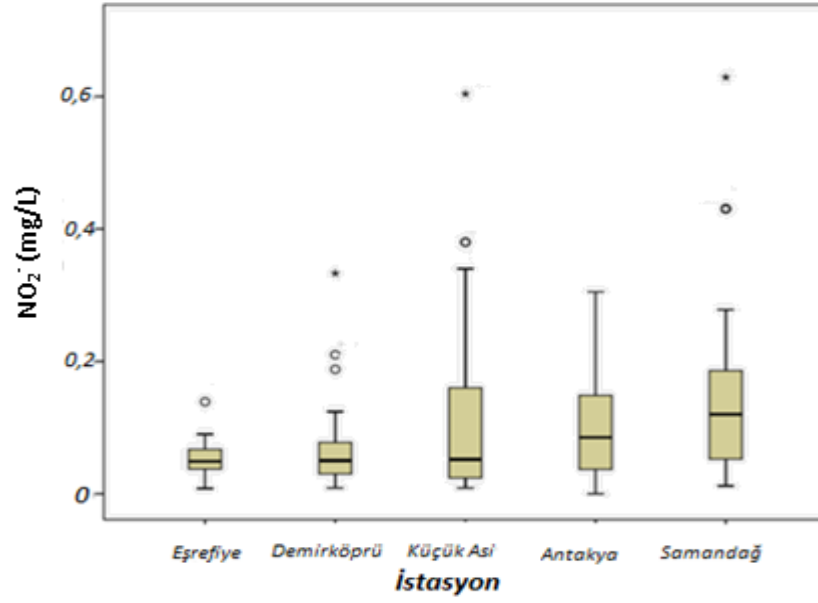
## ÖZGEÇMİŞ

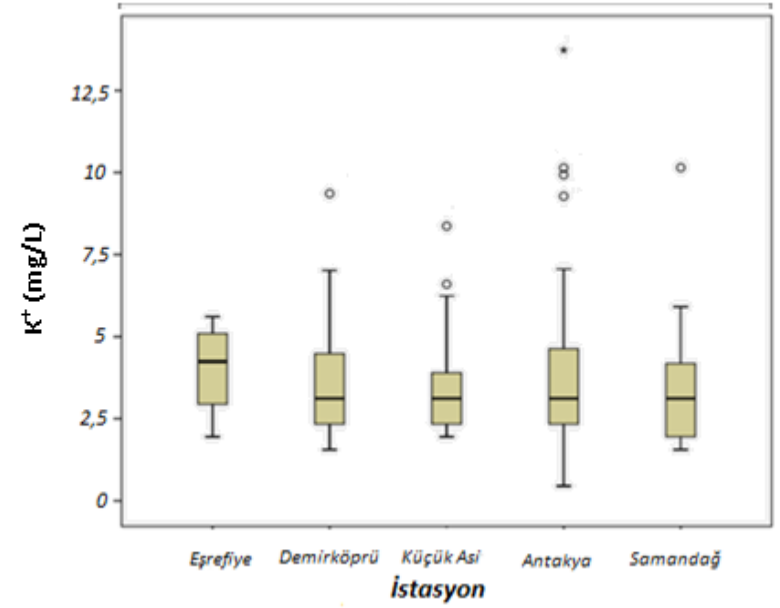
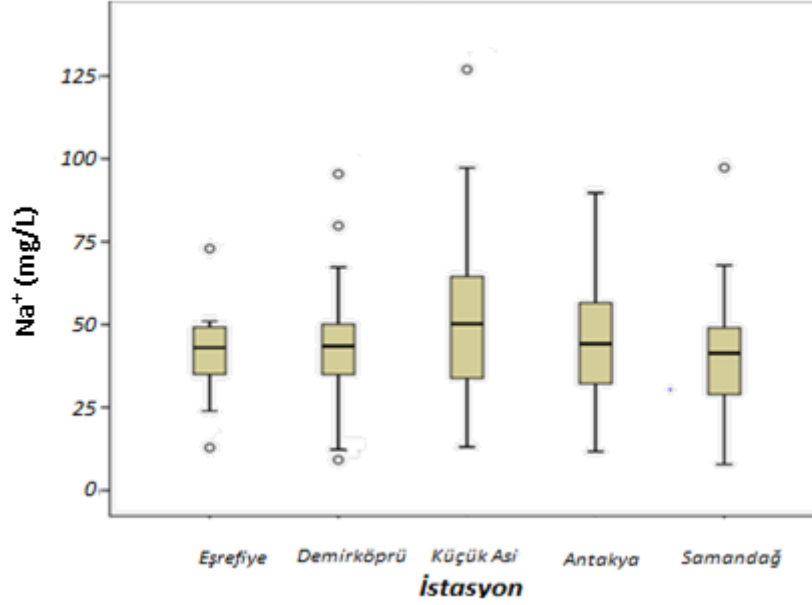
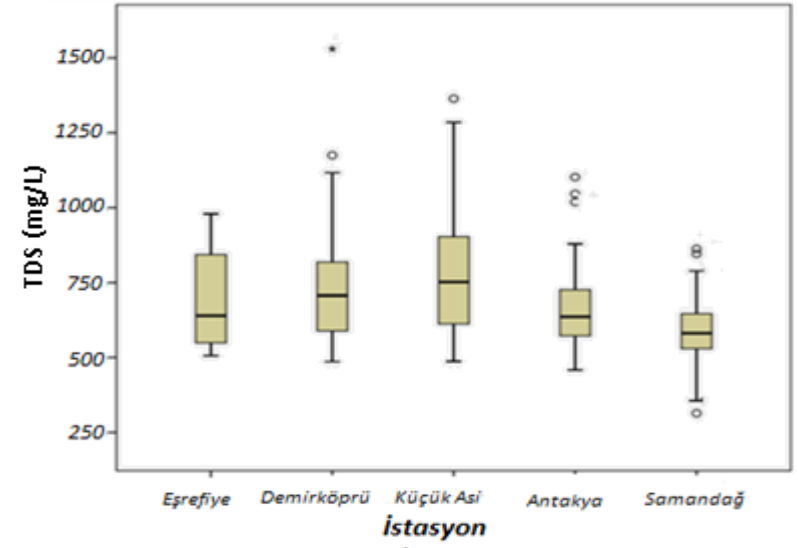
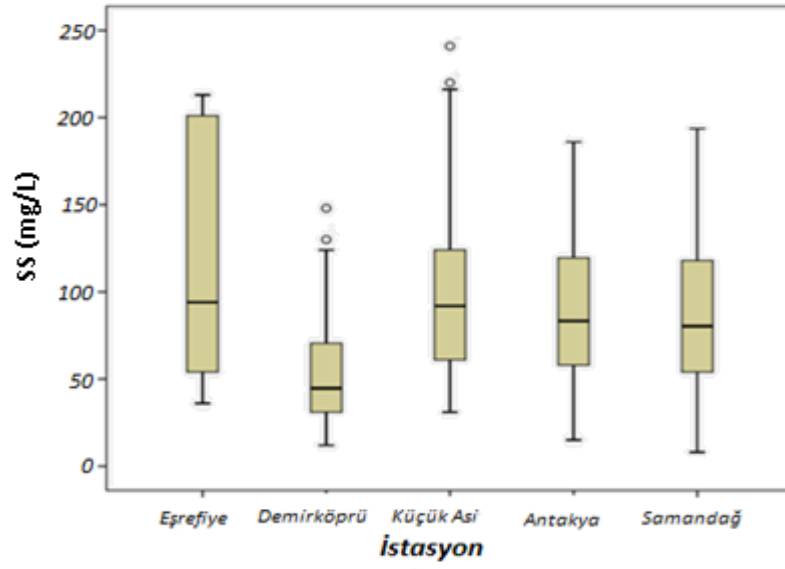
Ece KILIÇ, 1991 yılında Ankara’da doğdu. İlköğrenimini Namık Kemal İlköğretim Okulunda, orta öğrenimi ise Nermin Mehmet Çekiç Anadolu Lisesinde tamamladı. 2009 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği bölümünde üniversite eğitimine başladı ve 2014 yılında mezun oldu. Aynı yıl Mustafa Kemal Üniversitesi (MKÜ) , Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Su Kaynakları Yönetimi ve Organizasyonu bölümünde araştırma görevlisi olarak atandı. Bunu takiben MKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2015 yılında İskenderun Teknik Üniversitesi (İSTE)’nin açılmasının ardından hem araştırma görevliliği görevine hem yüksek lisans eğitimine, İSTE bünyesinde devam etmektedir. İleri düzey İngilizce ve orta düzey Almanca konuşmaktadır.

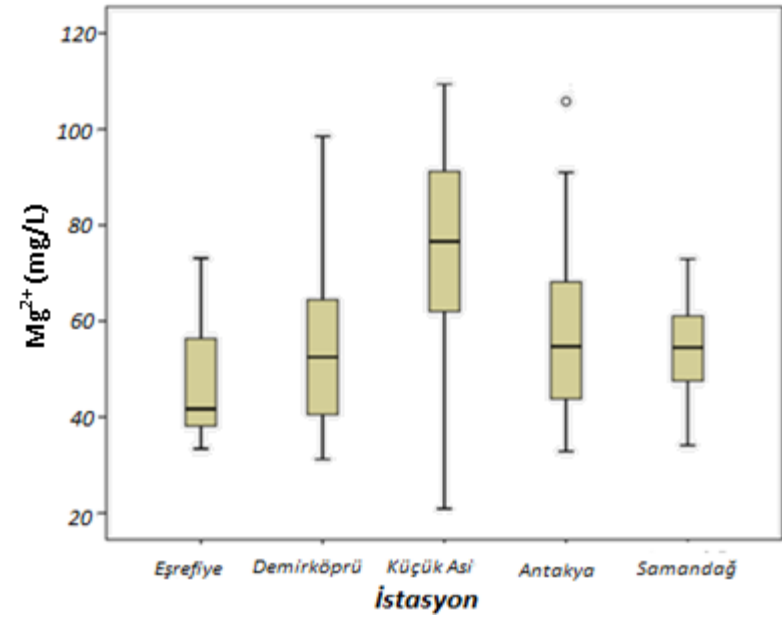
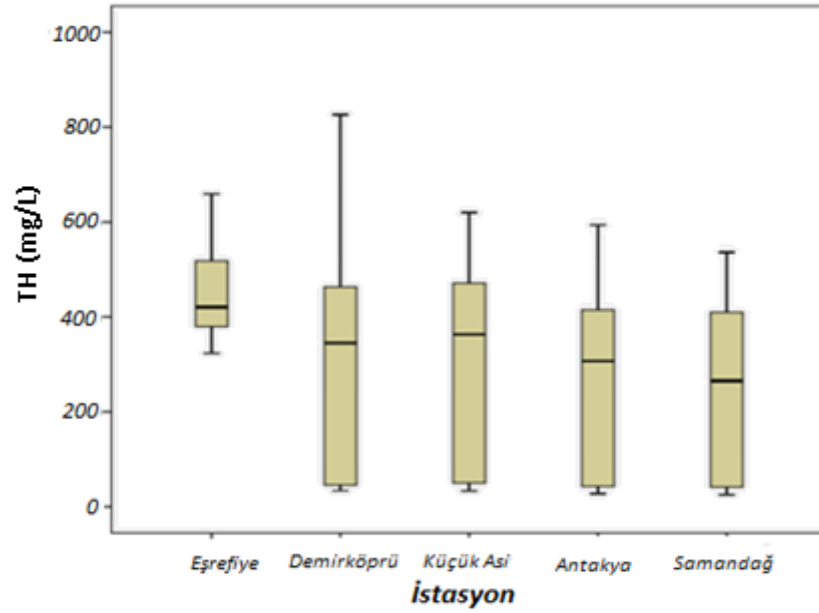
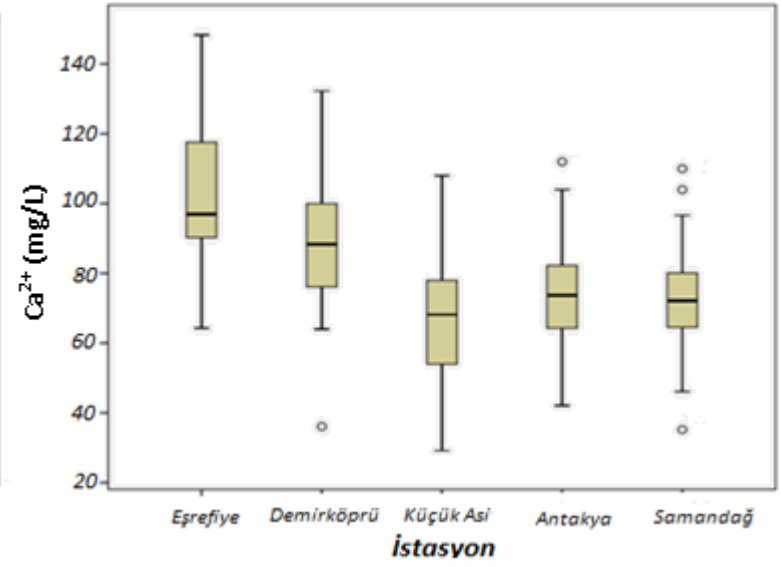
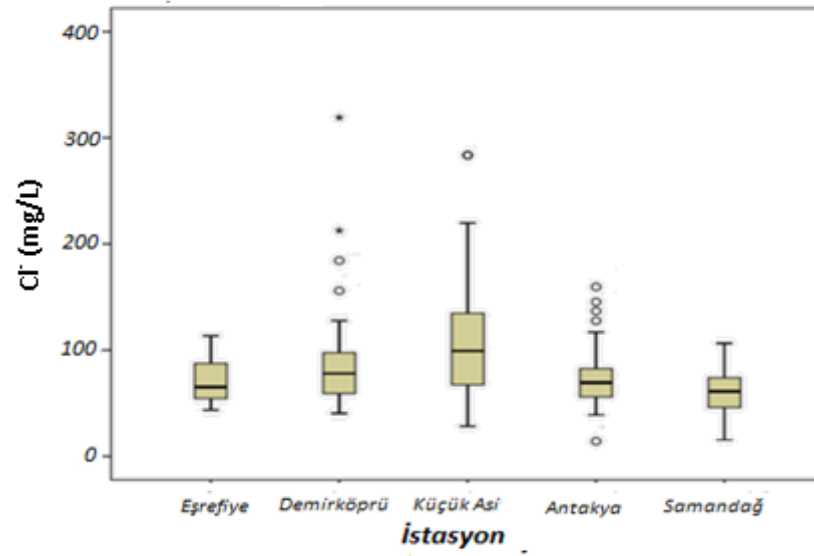
**EK 1 : Su Kalite Parametrelerinin İstasyonlara Göre Değişiminin Box Ve Whisker Grafikleri**

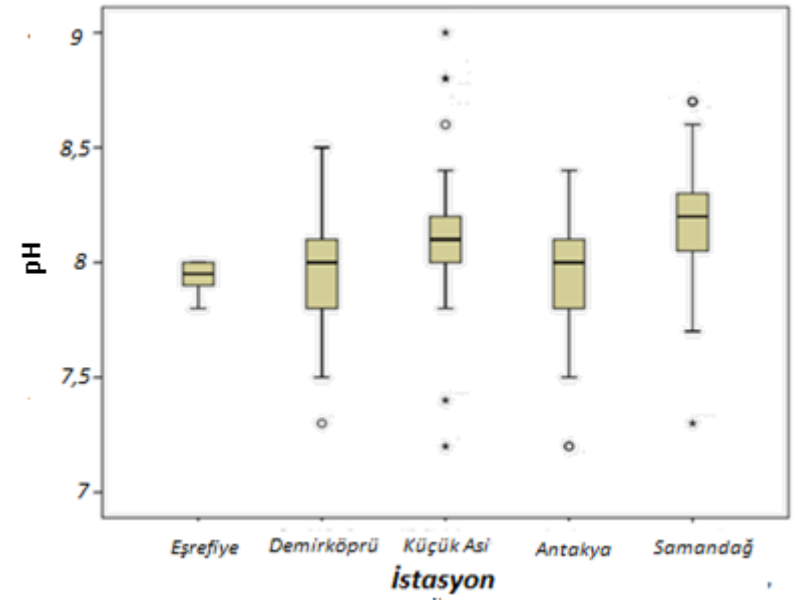
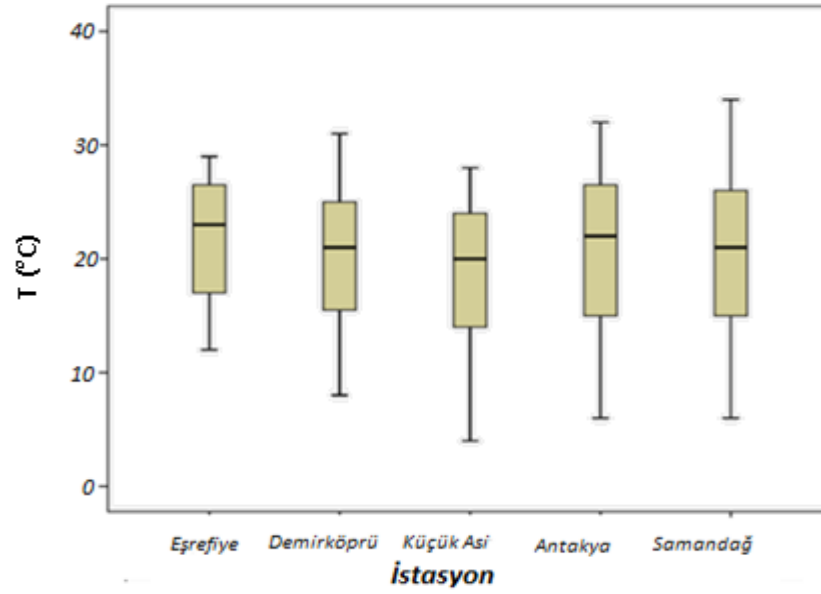
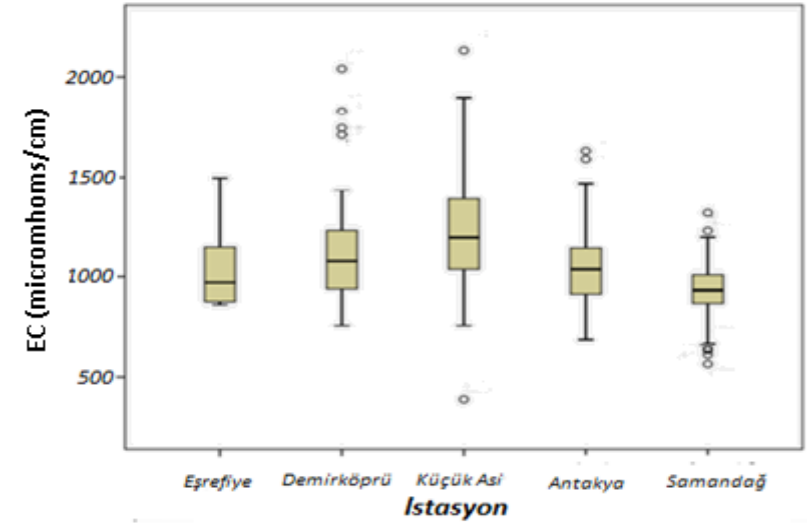
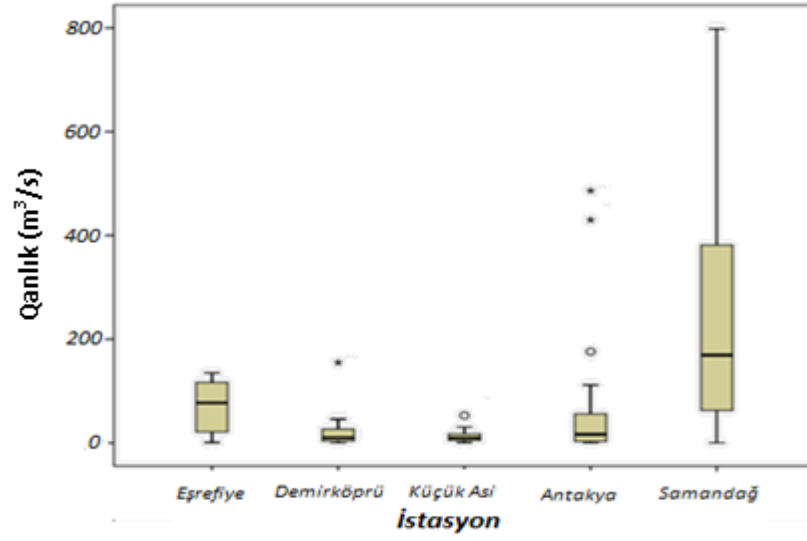












**EK 2 : Su Kalite Parametrelerinin Mevsimlere Göre Değişiminin Box Ve Whisker Grafikleri**

