

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAZ DERESİ SU KALİTESİNİN
HİDROMORFOLOJİK DEĞİŞİME ETKİSİNİN
ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ
KULLANILARAK ARAŞTIRILMASI

SİNEM VURAL YURTSEVER
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2022

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAZ DERESİ SU KALİTESİNİN
HİDROMORFOLOJİK DEĞİŞİME
ETKİSİNİN ANALİTİK HİYERARŞİ
PROSESİ KULLANILARAK
ARAŞTIRILMASI

SİNEM VURAL YURTSEVER
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ MELTEM ÇELEN

GEBZE
2022

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**USING ANALYTICAL HIERARCHY
PROCESS FOR INVESTIGATING
THE INFLUENCE OF SAZ STREAM
WATER QUALITY ON THE
HYDROMORPHOLOGICAL ALTERATION**

SİNEM VURAL YURTSEVER
A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ENVIROMENTAL ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR
ASSIST. PROF. DR. MELTEM ÇELEN

GEBZE

2022

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 03/02/2022 tarih ve 2022/06 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 21/02/2022 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Sinem VURAL YURTSEVER'in tez çalışması Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Dr. Öğr. Üyesi Meltem ÇELEN

ÜYE

: Prof. Dr. Mehmet Salim ÖNCEL

ÜYE

: Prof. Dr. Fatih GÜLGEN

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Hidromorfolojik değişim; antropojenik baskıların su kütlelerinin hidrolojik, morfolojik ve fiziksel karakteristikleri üzerindeki etkilerinin tümü olarak tanımlanır. Avrupa Su Çerçeve Direktifine göre 2027 yılına kadar ülkelerin su kaynaklarındaki yapısal değişimleri belirlemesi gerekmektedir. Bu amaçla başta gelişmekte olan ülkeler olmak üzere birçok ülke su kaynaklarını korumak ve su kalitesini arttırmak için ulusal düzeyde metotlar geliştirmiştir. Türkiye’de bu konu oldukça yeni bir araştırma alanı olup çeşitli bakanlık ve müdürlükler tarafından desteklenen çalışmalar düzeyindedir.

Mevcut yöntemler içerisinde su kalitesi parametreleri göz önünde bulundurulmamaktadır. Tez çalışması kapsamında, su kalitesi parametrelerinin değişim düzeyine ne ölçüde etki edeceği araştırılmıştır. Türkiye’nin kuzey batısında yer alan Saz-Çayırova Havzası yerleşim alanları ve endüstriyel baskıların üst düzeyde olması nedeniyle pilot bölge olarak seçilmiştir. Değişim düzeyine karar verme aşamasında Analitik Hiyerarşik Proses tekniği kullanılmıştır. İzleme çalışmaları 9 alt havzadaki 13 istasyonda aylık bazda bir yıl süre ile sürdürülmüştür.

Hidromorfolojik değişim, su kalitesi parametrelerinin dâhil edildiği ve dâhil edilmediği iki durum için, alt havzalar bazında karşılaştırılmıştır. Su kalitesi parametrelerinin göz önünde bulundurulduğu durumda, çıkış istasyonundaki (İstasyon-9) değişim düzeyinin olumsuz yönde iki kademe fazla olduğu görülmüştür. Diğer tüm alt havzalarda ise değişim düzeyleri olumsuz yönde bir kademe artmıştır.

Sonuç olarak su kalitesi parametrelerinin hidromorfolojik değişime önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiş olup değişim düzeyi belirleme çalışmalarında göz önünde bulundurulması gerektiği kanaatine varılmıştır. Ayrıca yoğun saha çalışması gerektiren bu yöntem, düzenli su kalitesi ölçümlerinin yapıldığı büyük havzalarda da daha az maliyetle uygulanabilir.

Anahtar Kelimeler: AHP, Hidromorfoloji, Su Çerçeve Direktifi, Su Kalitesi.

SUMMARY

The effects of anthropogenic pressures on the hydrological, morphological and physical characteristics of water bodies defined as hydromorphological alteration. According to the European Water Framework Directive, countries are required to determine the structural changes in their water resources by 2027. For this purpose many countries have developed their own methods. In Turkey, this is a new research area and studies supported by various public institutes.

In the current methods, water quality parameters are not taken into account. Within the scope of the thesis, it was investigated to what extent the water quality parameters would affect the alteration level. The Saz-Çayırova Basin was chosen as the study area due to the high level of residential areas and industrial pressures. Analytical Hierarchical Process was used in deciding the alteration level. Monitoring studies were carried out on a monthly basis for one year at 13 stations in 9 sub-basins.

The alteration levels were compared for the two cases with and without the inclusion of water quality parameters. Considering the water quality parameters, the level of alteration at the outlet station has increased by two negatively. In all other sub-basins, the alteration levels increased by one level in the negative direction.

It has been determined that the water quality parameters have a significant effect on the hydromorphological alteration, and should be taken into account for determining the hydromorphological alteration level. This method, which requires intensive field work, can be applied with less cost in large basins where regular water quality measurements are already made.

Keywords: AHP, Hydromorphology, Water Framework Directivity, Water Quality.

TEŞEKKÜR

Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Meltem ÇELEN'in hem araştırmalarım hem de kariyerime rehberlik etmesi çok değerliydi. Göstermiş olduğu tüm emekleri için teşekkür ederim.

Saha ve laboratuvar çalışmalarında yardımları ve önerileri için Prof. Dr. Salim ÖNCEL'e ve Prof. Dr. Fatih GÜLGEN'e tavsiyeleri için teşekkür ederim.

Bana emeği geçen Gebze Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği ve Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsündeki tüm hocalarıma ve değerli arkadaşlarıma başta Araştırma Görevlisi Halil Nurullah ORUÇ'a çok teşekkür ederim. Laboratuvardaki tecrübe ve deneyimlerini benimle paylaşan Dr. Ülker Diler KERİŞ ŞEN'e ve Dr. Emin Ender ÇELEBİ'ye teşekkür ederim.

119Y032 TÜBİTAK Projesi ve Gebze Teknik Üniversitesi ile sağladığı maddi destek için TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Aileme, annem Sultan VURAL'a, babam Orhan VURAL'a ve kardeşlerim Sitem VURAL VEYSELOĞLU ve Erenpaşa VURAL'a destekleri ve yeteneğime inandıkları için teşekkür ederim. Ercan VEYSELOĞLU'na da ayrıca teşekkür ederim. Yeğenlerim Ada Hanzade VEYSELOĞLU ve Su Mihrimah VEYSELOĞLU'nun bana vermiş olduğuna inandığım şansları için teşekkür ederim. Desteği ve sabrı için eşim Gökhan YURTSEVER'e çok teşekkür ederim. Sonsuza dek minnettarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜRLER	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xiii
1.GİRİŞ	1
1.1.Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	3
2.LİTERATÜR	4
2.1.Analitik Hiyerarşi Prosesi	4
2.2.Hidromorfoloji	6
2.2.1.Hidromorfolojik Değişim Düzeyi Belirleme Yöntemleri	6
2.2.2.Hidromorfolojik Değişim Düzeyi Belirleme Çalışmaları	9
3.MATERYAL ve METOT	14
3.1.Çalışma Alanı	14
3.2.Su Kalitesi Parametreleri	17
3.2.1.Yerinde Ölçüm Parametreleri	17
3.2.2.Laboratuvar Ölçüm Parametreleri	18
3.3.Karar Verme	19
3.3.1.Karar Verme Yaklaşımları	19
3.3.2.Karar Verme Modelleri	20
3.3.2.1.Rasyonel Karar Verme Modeli	20
3.3.2.2.Sezgisel Karar Verme Modeli	20
3.4.Karar Analizi	21
3.5.Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)	22
3.5.1.Hiyerarşik Yapının Oluşturulması	24
3.5.2.Matrisin Oluşturulması ve Üstünlük Belirlenmesi	25
3.5.3.Tutarlılığın Hesaplanması	27
4.HİDROMORFOLOJİK DEĞİŞİM DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ	29

4.1.Hiyerarşik Yapının Oluşturulması	29
4.1.1.Su Kalitesi Parametreleri	30
4.1.2.Nehir Yatağı Değişimi	34
4.1.3.Nehir Kıyısı / Kenarı Değişimi	40
4.1.4.Taşkın Bölgesi Değişimi	42
4.1.5.Havza / Vadi	43
4.2.Referans Düzeylerin Belirlenmesi	45
4.3.Değişim Düzeylerinin Belirlenmesi	46
4.4.Anketlerin Oluşturulması	49
5.BULGULAR	51
5.1.Su Kalitesi İzleme Çalışmalarının Sonuçları	51
5.2.Anket Çalışmalarının Sonuçları	65
5.2.1.Ağırlık Değerleri	65
5.3.Hidromorfolojik Değişim Düzeyi	72
5.3.1 Su Kalitesi Kriterinin Hidromorfolojik Düzeye Etkisi	73
6.SONUÇ DEğerLENDİRME	77
KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİş	87
EKLER	88

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u>	<u>Açıklamalar</u>
<u>Kısaltmalar</u>	
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
AKM	: Askıda Katı Madde
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CEN	: Avrupa Standardizasyon Komitesi
CMM	: Kompozit Matematiksel Model
CORİNE	: Çevresel Bilgi Koordinasyonu Metodu
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
Eİ	: Elektriksel İletkenlik
EN	: Avrupa Normu
HRPI	: Hidromorfolojik Restorasyon Öncelik İndeksi
KDA	: Karar Destek Aracı
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
LAWA	: Devlet Su Çalışma Grubu (Almanya)
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NIEA	: Kuzey İrlanda Çevre Ajansı
ORP	: Oksijen İndirgeme Potansiyeli
OSIB	: Orman ve Su İşleri Bakanlığı
RAT	: Hızlı Değerlendirme Tekniği
RHAT	: Nehir Hidromorfolojisi Değerlendirme Tekniği
REFORM	: Verimli Havza Yöntemi
RHS	: Nehir Habitat Araştırması
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi
SEQ-MP	: Fiziksel Çevre Kalite Değerlendirme Sistemi
SWAT	: Toprak ve Su Değerlendirme Aracı
SYGM	: Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
TOK	: Toplam Organik Karbon

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
3.1: Saz-Çayırova Havzası yer bulduru haritası.	15
3.2: Saz-Çayırova havzası fiziksel karakteristikleri, a) Ana toprak grupları ve hidrolojik toprak özelliklerinin kombinasyonu, b) Arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfları, c) Eğim grupları.	16
3.3: Karar analizi.	21
3.4: AHP modeli.	24
4.1 AHP hiyerarşik sistem.	29
4.2: Su Kalitesi yerinde ölçüm parametrelerinin arazi çalışması.	31
4.3: Su kalitesinin laboratuvar ölçüm parametrelerinin analiz çalışması.	34
4.4: Saz Deresi üzerinde sedimantolojinin gözlemlendiği örnek alanlar a) ve b) SD-0-6 noktası, c) SD-0-1 noktası.	35
4.5: Saz Deresi üzerinde mendereslenme.	36
4.6: Saz Deresi'nde nehir içi bitki örtüsü ve organik atık kaynakları.	37
4.7: Saz Deresi'nde erozyon biriktirme karakteri.	37
4.8: Saz Deresi için a) debi ölçümü ve b) en kesit alanı.	38
4.9: Saz Deresi'nde akarsu rejimini etkileyen nehir içi yapılar.	39
4.10: Saz Deresi içinde yeraltı suyuna süzülmesi önlemek için geçirimsiz taban uygulamaları.	39
4.11: Saz Deresi'nde a) SD-0-1 noktasında nehir kenar materyali yapım aşaması ve b) SD-0-6 noktasının devamında nehir kenar materyali.	40
4.12: Saz Deresi taşkın önleme amaçlı kıyı yapay yapılar.	41
4.13: Saz Deresi'nde yüksek ağaç, sazlık ve otlaklardan oluşan kıyı bölgesi bitki örtüsü.	41
4.14: Saz Deresi'nde taşkın bölgesindeki yapılar ve deşarj noktası.	42
4.15: Saz Deresi taşkın bölgesindeki doğal bitki örtüsü ve ağaçlandırma çalışmaları.	43
4.16: Saz Deresi arazi kullanımının havza hidrolojisi üzerine etkisi.	44
4.17: Saz Deresi için akış sırası.	45
4.18: Saz Deresi Havzası taşkın alanları.	48
4.19: Saz Deresi Havzası taşkın alanları.	47

5.1:	Saz-Çayırova Havzası'nın referans düzeylerinin belirlenmesi amacı ile oluşturulan dokuz alt havza ve izleme istasyonlarının konumları.	51
5.2:	Taslak kutu grafiği.	52
5.3:	Saz Deresi havzası genelinde izlenen yerinde ölçüm parametrelerinin alansal ve zamansal değişimi.	54
5.4:	Saz Deresi havzası genelinde ölçülen organik karbon ve türevlerinin alansal ve zamansal değişimi.	56
5.5:	Saz Deresi havzası genelinde ölçülen nütrientler alansal ve zamansal değişimi.	58
5.6:	Saz Deresi havzası genelinde ölçülen askıda katı madde ve alkalinite parametrelerinin alansal ve zamansal değişimi.	60
5.7:	Saz Deresi havzası genelinde ölçülen ağır metallerin alansal ve zamansal değişimi.	62
5.8:	Saz Deresi havzası genelinde ölçülen alkali ve toprak alkali alansal ve zamansal değişimi.	64
5.9:	Saz-Çayırova Havzası Hidromorfolojik değişim düzeyi.	74

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
3.1: CORINE-2018 arazi kullanım/razi örtüsü sınıflarının havza genelinde yüzdelik dağılımı.	17
3.2: Yerinde ölçüm parametreleri.	18
3.3: Laboratuvar ölçüm parametreleri.	19
3.4: AHP değerlendirmeleri için temel karşılaştırma ölçütleri.	25
3.5: Karşılaştırma matrislerinin boyutlarına göre RI değerleri.	28
4.1: Kıtaici Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri.	46
4.2: Değişim düzey seviyesi belirlemek için beş sınıflandırmalı skala.	49
4.3 Katılımcıların meslek grubu ve eğitim durumu dağılımları.	50
5.1: Ana kriter için ağırlıklandırma sonuçları.	66
5.2: Su kalitesi kriteri için ağırlıklandırma sonuçları.	67
5.3: Su kalitesi yerinde ölçüm parametreleri için ağırlıklandırma sonuçları.	67
5.4: Su kalitesi laboratuvar ölçüm parametreleri için ağırlıklandırma sonuçları.	68
5.5: Nehir yatağı değişimi kriteri için ağırlıklandırma sonuçları.	69
5.6: Nehir kıyısı değişimi kriteri için ağırlıklandırma sonuçları.	70
5.7: Taşkın bölgesi değişimi kriteri için ağırlıklandırma sonuçları.	70
5.8: Havza/vadi değişimi kriteri için ağırlıklandırma sonuçları.	71
5.9: Kriter ve alt kriterler için nihai ağırlık değerleri.	72
5.10 Hidromorfolojik değişim düzeyi ve ağırlık seviyeleri.	73

1.GİRİŞ

Su yaşam kaynağının en temel öğelerinden biridir. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de nüfusun artış hızına paralel olarak suya duyulan ihtiyaç artmaktadır. Önemli su kaynaklarından olan nehir sistemleri, kentsel ve kırsal ekosistemlerin düzenlenmesinde havzalar ile birlikte etkin bir role sahiptir. Fakat plansız endüstrileşme, yapılaşma ve tarım uygulamaları nedeniyle nehirler ve havzalar insan kaynaklı baskıya maruz kalmaktadır. Tüm bu baskılar nehirlerin hidrolojisinde, ekolojisinde ve su kalitesinde değişimlere neden olmaktadır [1].

Nehir sistemlerindeki bu hidrolojik değişimler, Dünya'nın su kaynaklarının yapısı ve evrimi ile ilgilenen hidrolojinin alt dalı olan hidromorfoloji biliminin alanıdır. Yer sisteminin dinamik morfolojisiyle ilgilenen jeomorfolojiye benzer şekilde hidromorfoloji, hem doğal hem de antropojenik etkilerin neden olduğu su kaynağı sistemlerinin dinamik morfolojisini ele alır. Avrupa Birliği (AB) ülkeleri için su kaynakları yönetimi ile ilgili olarak 2000 yılında AB tarafından kabul edilen Su Çerçeve Direktifi (SÇD) hazırlanmıştır. SÇD'e göre su kütlelerinin hiç bir değişime uğramamış durumlarının hidromorfolojik olarak değişimlerinin belirlenmesi ve değişim seviyelerine göre gerekli iyileştirme faaliyetlerinin belirlenmesi gerekmektedir [2]. Hidromorfolojik değişimi etkileyen birçok faktör olduğundan, değişim düzeyini belirlemek oldukça karmaşıktır. Değişim seviyesi belirlenirken, su miktarı, akış özellikleri, yatağın boyutları, kıyı şeridi, su tabanı yapısı, sediment, su ve kıyı habitatları arazi ve laboratuvar çalışmaları ile detaylı olarak incelenmelidir [3].

SÇD'nin katkılarıyla literatüre giren hidromorfolojik değişim düzeyini belirlemeye yönelik çalışmalar daha ziyade Avrupa ülkelerinde yürütülmektedir. Ülkemizde ise yerüstü suları için hidromorfolojik değişimi belirlemeye yönelik yöntemlerin geliştirilmesi ve bu değişime etki eden fiziko-kimyasal parametrelerin belirlenmesi ve sınıflandırılması oldukça yeni bir araştırma konusudur. Fiziko-kimyasal parametrelerin, yüzeysel suların sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile uyumlu olacak şekilde belirlenmesi sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile paralel olmasına olanak sağlayacaktır. Su kütleleri üzerine yapılan morfolojik ve hidrolojik müdahaleler, ana kalite göstergesi olan su kalite unsurlarına da önemli derecede etki etmektedir. Hidromorfolojik değişim düzeyine karar verme aşamasında farklı türdeki nicel ve nitel verilerin bir arada yorumlanması gerektiğinden karar destek araçlarına ihtiyaç vardır. Karar destek araçları (KDA), karar verme süreçlerinde yer alan

analizleri desteklemek üzere tasarlanmıştır. En yaygın KDA yöntemlerden biri ikili karşılaştırmalara dayalı bir teknik olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yaklaşımıdır. Uzman seçimi karar destek yönteminin temelini oluşturan AHP, plancılarının öznel olarak değil, seçilen kriterler için göreceli, matematik tabanlı ağırlıklar türetmesine olanak tanıyan mantıklı, kullanımı kolay bir yaklaşım sağlayarak karar vermeye yardımcı olur. [4].

AHP, karmaşık problemlerin çözümünde çoklu kriterleri dikkate alan, ağırlıklandırma faktörlerini yansıtan etkili bir yöntemdir. AHP'nin birçok farklı alanda (ekonomi, planlama, proje seçimi, yer seçimi, sağlık vb.) uygulanması ile ilgili çalışmalar literatürde yer almaktadır. Bununla birlikte su kaynaklarının yönetiminde kullanılan bazı örnekler de mevcuttur. Örneğin AHP tekniği, su kalitesi çalışmalarında uygun parametrelerin belirli kombinasyonlarla değerlendirilerek nihai bir indeks oluşturulması için de kullanılabilir. Bu indeksler aynı zamanda karar vericilere de önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Yapılan bir çalışmada, İzmir ili Cumaovası havzasındaki yüzey suları farklı mevsimlerde analiz edilmiş ve AHP tabanlı su kalitesi endeksi geliştirilmiştir [5]. Kavurmacı ve Üstün (2016), su kalitesi açısından karışıklığı önlemek için AHP kullanılarak bir model (su kalitesi endeksi) geliştirilmiştir [6]. Sarkar ve Majumder (2020) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, ise, AHP tekniği seçilen her bir parametrenin ağırlıklarının belirlenmesi ve su kalite indeksinin geliştirilmesi konusunda kullanılmıştır [7]. Bozdağ (2015), çalışmasında İç Anadolu bölgesinde bulunan Konya ilinin Çumra sulama bölgesinde, sulama amaçlı kullanılacak olan suyun AHP ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yöntemleri ile uygunluk derecesini belirlemiştir [8]. Son yıllarda sıklıkla kullanılmaya başlanan modelleme tekniklerini uygulayan en güncel örneklerden biri de Gündüz ve Şimşek (2021) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, hidrolojik süreçler, kanal sürekliliği, habitat kalitesi ve nehir yatağı gibi kriterlerin değişimi incelenmiştir. [9]. Ayrıca Türkiye için uygun bir hidromorfolojik değişim düzeyi belirleme yöntemi araştırılması üzerine yapılan bir çalışmada da AHP en uygun yöntemin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır [10].

Bu tez çalışmasında ise Kocaeli-İstanbul İl sınırında yer alan Saz Deresi'nin hidromorfolojik değişim düzeyine su kalitesi kriterinin etkisinin AHP yöntemi ile araştırılması amaçlanmıştır.

1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Bir nehrin akışını ve suyun miktarını etkileyen, içindeki ve kıyısındaki yapısal faktörlerinin değişmesi akarsular için hidromorfolojik değişim olarak tanımlanmaktadır. Su kaynaklarının iyi düzeye ulaştırılması, su kaynağının hidromorfolojisinde oluşan değişimlerin iyileştirilmesiyle yakından ilgilidir. Hidromorfolojik değişim indeksinin oluşturulabilmesi için AHP’de yer alacak olan hidromorfolojik kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir. Ardından bu kriterlerin su kütlesinin değişime uğramadan önceki durumu ile günümüzdeki durumunun ortaya konulması gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında AHP tekniğinin hidromorfolojik değişim düzeyinin belirlenmesi konusundaki uygunluğu araştırılmaktadır. Ayrıca hidromorfolojik değişim kriterlerinden “Su Kalitesi” değişimi, yerinde ve laboratuvar çalışmalarına dayanılarak ortaya konulmuş ve derenin nihai hidromorfolojik değişimine olan katkısı incelenmiştir. Saz Deresi’nin hidromorfolojisi, şehirleşme ve endüstriyel baskılar nedeni ile önemli derecede değişime uğradığından çalışma alanı olarak seçilmesi uygun görülmüştür.

Ülkemizde Hidromorfolojik değişim konusundaki çalışmalar şimdilik ilgili kamu kurumları tarafından yürütülen sınırlı çalışmalar düzeyindedir. Akademik alanda ise bu konudaki çalışmalar başlangıç aşamasındadır. Mevcut ulusal ve uluslararası literatür çalışmalarına bakıldığında ise hidromorfoloji ve hidromorfolojik değişimin AHP ile belirlenmesi konusundaki çalışmaların çok sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışma ile AHP’nin hidromorfolojik değişim düzeyi belirleme konusundaki literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu tez çalışması, su kalitesi kriterlerini hidromorfolojik değerlendirilmede göz önünde bulunduran ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır.

2.LİTERATÜR

Hidromorfoloji ve AHP konularındaki literatür bilgileri aşağıdaki bölümlerde sırasıyla sunulmuştur.

2.1.Analitik Hiyerarşi Prosesi

Singapur'da Xi ve Poh (2014), tarafından yapılan bir çalışmada mevcut su kaynaklarını çeşitlendirmek ve su tedarikini artırmaya yönelik çeşitli alternatifler arasında karar vermeye yönelik bir araştırma yapılmıştır. AHP tekniği kullanılarak yapılan karar analizinde belirli durumlar için öncelik sırası tespit edilmiştir [11].

CBS tabanlı çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemi kullanılarak Selçuk vd. (2016), tarafından Van ilinin Merkez ilçeleri için kentsel taşkın duyarlılık seviyeleri değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında 6 farklı faktör göz önünde tutulmuştur. Faktörlerin birbiri ile kıyaslanması sonucunda bir taşkın duyarlılık haritası elde edilmiştir. Elde edilen bu haritanın güvenilirliği ve doğruluğu meydana gelen taşkın olayları ile belirtilmiştir. Çalışmanın sonucunda taşkın olaylarından korunmak için bazı yöntemler önerilmiştir [12].

Memişoğlu ve Çolak (2017) tarafından yapılan bir çalışmada alt havzaların çevresel kirlilik risk alanlarının tespitinde CBS tabanlı ÇKKV yöntemleri uygulanmıştır. Bu uygulama Trabzon ilinin Akçaabat-Düzköy vadisi için gerçekleştirilmiştir. Çalışmada havzaların korunmasına yönelik uygulamaların geliştirilmesi amaçlanmıştır. Seçmiş oldukları alt havzada çevresel kirlilik oluşturan faktörler tespit edilmiş ve vadiyi etkileme dereceleri AHP yöntemiyle analiz edilerek CBS'de sunulmuştur. Böylelikle kirlilik noktaları belirlenmiş ve kirlilik türlerine göre etkili olan alanlar konumlandırılarak modellenmiştir [13].

Luu vd. (2018), tarafından taşkın izi verilerini kullanarak sel tehlikesi analiz edilmiştir. Seçmiş oldukları örnek, Vietnam Quang Nam'daki 2013 yılı sel olayıdır. Sel tehlikesinin kriterlerini ve alt kriterlerini değerlendirmek için AHP yöntemi kullanılmıştır. Sel tehlikesi haritasını oluşturmak için CBS ile entegre edilen ağırlıklı doğrusal kombinasyonlar tek bir harita halinde birleştirilmiştir. Çalışmada, sel tehlikesi değerlendirme ve haritalama sürecinin Vietnam'daki sel riski yönetimi faaliyetlerine önemli bir katkı sağlayacağı belirtilmiştir [14].

Ahmad ve Verma (2018) çalışmasında, Sheonath nehrinin üst havzasındaki su depolama yapılarını kuraklık döneminde kullanılabilecek mümkün olan maksimum suyu kullanmayı sağlayacak şekilde inşa etmeyi hedefleyen bir çalışma yapmıştır. Havzanın çeşitli fiziksel özelliklerine dayalı olarak, en uygun su depolama alanını CBS tabanlı ÇKKV tekniği olan AHP yöntemi ile belirlemişlerdir. [15].

Khoshand vd. (2018), yapmış oldukları çalışmada Tahran'daki atıktan enerji geri kazanımında farklı alternatiflerin değerlendirilmesi için AHP yöntemine dayalı bir model oluşturmuştur. Veri tabanı oluşturmak için, merkezi Tahran belediyesindeki kurumsal uzmanlar tarafından bir anket araştırması gerçekleştirilmiştir. Atıklardan enerji geri kazanımının her bir alternatifinin her bir kriter açısından göreceli öneminin belirlenmesi değerlendirmiştir. Bu çalışma kapsamında en uygun alternatif belirlenmiştir [16].

Richardson ve Amankwatia (2018), çalışmasında Bernalillo County'deki su havzasının hassasiyeti değerlendirilmiştir. Model, CBS'de uygulanan ÇKKV metodolojisi kullanılarak tasarlanmıştır. AHP'den türetilen toprak erozyonu ve sızma haritalarını birleştiren ağırlıklı bir örtüşme analizi vasıtasıyla bir kırılma haritası oluşturulmuştur. Model sonucunda güvenlik açıkları tespit edilmiş ve sınıflandırılmıştır. Çalışma kapsamında yapısal yağmur suyu kontrol önlemlerinin seçiminde yerel yönetimlere ve karar vericilere rehberlik yapması için yararlı olacağı belirtilmiştir [17].

Kumar ve Krishna (2018), tarafından yapılan çalışmada, madencilikte jeo-uzamsal teknoloji ve AHP teknikleri kullanarak yeraltı suyu potansiyel bölgeleri belirlenmiştir. Çalışma alanındaki yeraltı suyu olasılığını belirlemek için Saaty'nin 9 puanlık ölçeği kullanılmıştır. Ağırlık belirlenmiş ve AHP'nin özvektör tekniği ile normalize edilmiştir. Coğrafi Bilgi Sisteminde yeraltı suyu potansiyeli endeksini hazırlamak için ağırlıklı doğrusal kombinasyon yöntemi uygulanmıştır. Çalışma sonunda suyun potansiyel endekslerine göre (mükemmel, çok iyi, orta, zayıf, çok zayıf) bölgeler tespit edilmiştir [18].

Zelenáková vd. (2018), yapmış oldukları çalışmada bölgesel ölçekte sel riski potansiyelinin dağılımını değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada CBS ve AHP yöntemini bütünleştiren bir yaklaşım geliştirilmiştir. Taşkınlara en çok neden olan faktörler belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, AHP yönteminin ele alınan havzada son yıllarda var olan sellerle ilgili olarak iyi sonuçlar verdiğini ortaya konulmuştur [19].

Ciritci ve Türk (2019), Sivas ilindeki alternatif katı atık depolama alanlarının AHP ve CBS ile otomatik olarak belirlenmesi için bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. CBS ve ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP kullanılarak Merkez ilçesinde katı atık depolama alanlarının, geliştirilen program yardımıyla otomatik olarak belirlenmesi sağlanmıştır. AHP ile uygun görülen ağırlıklandırma hesapları yapılmış olup coğrafi analizler yardımıyla CBS sonuçları ortaya konulmuştur. Bu sonuçlar ışığında alternatif katı atık depolama sahalarının yerleri program ile önerilerek, var olan katı atık depolama sahası konumunun uygun olup olmadığı değerlendirilmiştir [20].

Tekiner (2019), yüksek lisans tezinde su kıyası rekreasyon alanları AHP yöntemiyle değerlendirilmiştir. Çalışma alanı olarak Kayseri ili Kuşçu Mahallesi sınırlarının iç kısımlarında bir bölge belirlenmiştir. AHP yöntemi kullanılarak rekreasyonel kullanıma uygunluğunun, CBS ortamında belirlenmesi belirlenmesi hedeflenmiştir [21].

Uzundumlu vd. (2020), çalışmasında Iğdır ili için içilebilirliği en iyi içme suyunun tespitinde AHP yöntemi uygulanmıştır. Belirli yaş aralığı ve kişi sayısına bağlı olarak bir anket çalışması gerçekleştirmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda belediye yetkililerine, arıtma cihazı ve su pazarlayan firmalara bu çalışmanın yol göstermek için katkıda bulunacağı belirtilmiştir. [22].

Guo vd. (2020) tarafından, parçacık sürüsü optimizasyonu yöntemi ve analitik hiyerarşi süreci kullanılarak, Shendong Madencilik Bölgesi'ndeki toprak ve su koruma önlemlerinin yararları değerlendirilmiştir. AHP yöntemi ile ekolojik, sosyal ve ekonomik kriterlerin ağırlık oranı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, Shendong Madencilik alanında toprak ve su koruma için etkili önerilerde bulunulmuştur [23].

2.2.Hidromorfoloji

2.2.1.Hidromorfolojik Değişim Düzeyi Belirleme Yöntemleri

SÇD'nin katkılarıyla literatüre giren hidromorfolojik değişim düzeyi belirleme çalışmaları daha çok Avrupa Ülkeleri'nde yürütülmüş ve bu konudaki çalışmalar yine aynı nedenden dolayı Avrupa kıtasında yoğunlaşmaktadır. Hidromorfoloji üzerine; İngiltere (River Habitat Survey - RHS), Fransa (Systeme d'Evaluation de la Qualite du Milieu Physique - SEQ-MP) ve Almanya (Landerarbeitsgemeinschaft Wasser - LAWA-vor-Ort)'da geliştirilen çeşitli yaklaşımlar olmakla birlikte Amerika, İtalya,

Avusturya, Avustralya gibi gelişmiş ülkelerin de kendi yaklaşımlarını oluşturdukları bilinmektedir [24] - [31]. Bu kapsamda dünyada gerçekleştirilen uygulamalarda ve akademik çalışmalarda hidromorfolojik değişim düzeylerinin iki aşamalı olarak belirlendiği gözlemlenmektedir. Birinci aşamada sahadan veri toplanması ve derlenmesi çalışmaları sürdürülmekte; ikinci aşamada ise değişim düzeylerine karar verilmektedir.

RHS yöntemi, İngiltere’de 1993 yılından sonra test edilip uygulanan ve CEN standartlarının geliştirilmesine katkı sağlayan bir yaklaşımdır [32]. RHS yönteminde dere yatağı boyunca standart olarak 500 m aralıklı gözlem noktaları belirlenmekte ve bu noktalar için kanal içindeki ana kaya yapısı, akım, erozyon ve birikim, dere kenarlarındaki morfoloji ve bitki yapısı ile mücavir alanlarda arazi kullanım özellikleri incelenmektedir. Enkesiti çıkarılan her 10 noktada, eşit mesafede olmak üzere, bu özellikler bir veri tabanına aktarılmakta ve bu veri kümesi kullanılarak genel özellikler belirlenmektedir. Nehrin hidromorfolojisinde gerçekleşen değişim, yöntemde açıklanan Habitat Değişim Sınıflamasına göre; (1) yarı doğal, (2) genel olarak değişmemiş, (3) gözle görülür şekilde değişmiş, (4) belirgin şekilde değişmiş, (5) ciddi ölçüde değişmiş ve (6) belirsiz olmak üzere toplam altı sınıfta ele alınmaktadır.

SEQ-MP yöntemi 1996’da Fransa’da geliştirilmiş bir yaklaşımdır. Kullanılan veriler büyük ölçüde haritalar ve akarsuyun ana kolu üzerinde, nehrin tümünü kapsayan arazi çalışmaları ile elde edilmektedir. Arazi çalışmalarının sınırlarının belirlenmesinde büyük ölçüde haritalardan faydalanılmaktadır. Her bir inceleme bölümünün sınırı; eğim, vadi yapısı, büyük bir nehir kolunun ana kola karışma durumu ve arazi kullanımındaki önemli değişimlere bağlı olarak coğrafi analizlerle belirlenmektedir. SEQ-MP yönteminde hidromorfolojik parametrelerin inceleneceği arazi gezileri kontrol amaçlı olarak kullanılmaktadır. Her bir inceleme biriminin uzunluğu nehir ve kıyısındaki değişimlerin yapısına bağlı olarak birkaç yüz metreden birkaç kilometreye kadar değişebilmektedir. Yönteme göre hidromorfolojik düzeylerin sınıflandırması 1-5 arasında; (1) mükemmel, (2) iyi, (3) orta, (4) vasat ve (5) çok kötü şeklinde değişmektedir [33].

Almanya’da 2000 yılında geliştirilen LAWA-vor-Ort yöntemi küçük ve orta büyüklükteki nehirlerin yapısal kalitesini, dinamik olarak değişen özellikleri ve ekolojik faktörleri ilişkilendirerek değerlendiren bir yaklaşıma dayanmaktadır. Bu yöntemde SEQ-MP’ye benzer olarak tüm kollar incelenmekte ve inceleme birimlerinin uzunluğu akarsuyun genişliğine göre değişmektedir. Örneğin, genişliği 5-

10 m arasında değişen bir derenin inceleme mesafesi 200 m olarak seçilirken; 10-15 m'lik bir dere genişliği için bu değer 400 m'dir. Bu yönteme göre nehrin eğim derecesi ve genişlik değişimi gibi toplamda 25 farklı hidromorfolojik parametre incelenmektedir. Bu 25 parametrenin durumu, örneğin akım değişkenliği için düşük ya da çok yüksek olarak bir kademelendirmeye tabi tutulur. Değerlendirilen 25 parametre, 6 ayrı başlık altında toplanır. Bunlar; dere yatağı gelişimi, boy ve enkesitler, dere kıyısının yapısı ve dere kenarının durumudur. Bu kademeler dere içi, dere kıyısı ve dere kenarı olmak üzere tekrar üç başlık altında birleştirilerek genel olarak su kaynağının hidromorfolojik değişim düzeyi belirlenir. LAWA-vor-Ort metodunda altı hidromorfolojik değişim kategorisi bulunmaktadır. Bunlar; (1) hafif değişmiş, (2) oldukça değişmiş, (3) belirgin şekilde değişmiş, (4) açık şekilde değişmiş, (5) ok değişmiş ve (6) tamamen değişmiş şeklindedir [33].

İrlanda Cumhuriyeti'nde faaliyet gösteren Northern Ireland Environment Agency (NIEA) 2005 yılında, ABD-EPA tarafından geliştirilen Rapid Bio-Assessment Protocols ve İngiltere'de geliştirilen RHS yöntemlerini temel alarak Rapid Assessment Technique (RAT) ismiyle bir hidromorfolojik değerlendirme aracı oluşturmuştur. Bu yöntem daha sonraları CEN standartları, uzman görüşleri ve uygulamalara dayalı olarak önemli ölçüde geliştirilmiş ve ismi de River Hydromorphology Assessment Technique (RHAT) olarak değiştirilmiştir. 2000 yılında yayımlanan SD'den daha sonra geliştirildiğinden dolayı RHS gibi geniş kapsamlı olmayan, direktif odaklı bir yöntem olarak bilinmektedir. RHAT yönteminde göz önünde bulundurulanan hidromorfolojik değişim izleme ltleri; kanal morfolojisi ve akış türü, kanal bitki yapısı, ana kaya çeşitliliği ve durumu, nehir devamlılığını bozan yapılar, dere kıyısının yapısı ve istikrarı, kıyı ve kıyı üstü bitki türleri, dere kenarı arazi kullanımı ve taşkın etkileşim durumu olarak sıralanmıştır. RHAT yöntemindeki bu kategorilere ait özellikler; harita verileri, uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları ile arazi gezilerinin bütüncül şekilde değerlendirilmesiyle belirlenmektedir. RHAT yöntemine göre bir akarsu için 500 m uzunluğunda en az bir izleme bölgesi ve iki adet kontrol noktası bulunması gerekir. RHAT yönteminde, hidromorfolojik düzeyler EN 15843:2010 standardına benzer şekilde 1-5 arasında; (1) yüksek, (2) iyi, (3) orta, (4) zayıf ve (5) kötü olarak sınıflandırılmaktadır [34].

Hidromorfolojik değişim düzeyleri ile ilgili çalışmalar, yukarıda bahsedilen yöntemlerin örnek çalışma alanları üzerine uygulanması ya da farklı yeni yöntemler geliştirilmesine yöneliktir. Bununla birlikte hidromorfolojik değişimlerin modelleme

araçlarıyla değerlendirilmesi konusunda da oldukça kapsamlı çalışmalar mevcuttur [35] - [40]. Bu konudaki literatürün daha ziyade son yıllardaki çalışmalardan oluşması konunun yeni ele alınmaya başlandığını göstermektedir. Hidromorfoloji konusunda, son on yılda, başta ABD olmak üzere, çeşitli ülkelerdeki üniversitelerde yüksek lisans ve doktora tezleri de yürütülmüştür [41] - [43].

Hidromorfolojik değişimlerin değerlendirilmesi ülkemiz için oldukça yeni bir araştırma konusudur. Türkiye’deki çalışmalar Orman ve Su İşleri Bakanlığı (OSIB) ve Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından desteklenen araştırma çalışmaları düzeyindedir. Tamamlanan çalışmaların sonuç raporlarında hidromorfoloji konusunda uzmanlaşmış kişilerin ve uygulamaların eksikliğinin giderilmesi üzerine öneriler bulunmaktadır [44], [45]. OSIB’nin bu konuya verdiği önem SYGM’nin bünyesinde bir Hidromorfolojik İzleme Şube Müdürlüğü’nün kurulmasından da anlaşılmaktadır. Hidromorfoloji konusunda gerek yöntem araştırmaları gerekse modelleme odaklı akademik çalışmalar Türkiye’de oldukça yenidir. Gündüz ve Şimşek (2021), Gediz Nehri Havzası’nda insan müdahalesinin seviyesini değerlendirmek için dört kritere (hidroloji, kanal sürekliliği, habitat kalitesi ve yatak modifikasyonu) dayanan bir bileşik indeks ile nehir hidromorfolojisini sistematik ve nicel açısından değerlendirmiştir. Kılıç ve Kay çalışmasında, Türkiye için uygun bir hidromorfolojik değişim düzeyi belirleme yöntemi seçmek için AHP tekniğini kullanmıştır [10].

2.2.2.Hidromorfolojik Değişim Düzeyi Belirleme Çalışmaları

Rinaldi vd. (2017), çalışmasında REFORM (REstoring rivers FOR - verimli havza Yönetimi) hidromorfolojik değerlendirme yöntemlerini ele almaktadır. Uygulamaların bazı örneklerine dayanarak, sinerjik kullanımlarını, belirli özelliklerini, sınırlamalarını ve güçlerini açıklamayı amaçlamaktadırlar. Bu değerlendirme ve izleme belirli sayıda araç içermektedir. Bu araçlar, REFORM’da geliştirilen genel çok ölçekli, süreç tabanlı hidromorfolojik çerçevenin değerlendirme aşamasını oluşturmaktadır. Potansiyel uygulama aralığını göstermek için ise bir dizi örnek kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonunda hidromorfolojik aletlerin bazı temel özellikleri ve güçlü uygulama örnekleri ile kıyaslanmaktadır [46].

Ediş ve Ulaş (2017), Çankırı İl’inin Tatlıçay ve Acıçay havzalarında ölçümlerle, derelerin hidromorfolojik yapısının belirlenmesine, arazi kullanma türünün hangi parametrelere bağlı olarak değiştiğinin tespit edilmesine ve arazi yapılarının tahmin

edilmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Buradan hareketle dört farklı Bayes Ağ senaryosu geliştirilmiştir. Arazi kullanım türlerinin farklı parametreler ile yüzde kaç olasılıkla tahmin edildiği belirlenmiştir [47].

Ioana-Toroimac vd. (2017), yapmış oldukları çalışmada, Güneydoğu Subcarpathians'ından (Romanya) geçen örgülü nehirleri ele almışlardır. Nehir restorasyon eylemlerini bölgesel ölçekte sistematik olarak planlamak için, nehirleri hidromorfolojik restorasyon önceliklerine göre sınıflandıran çok kriterli bir analiz çalışması geliştirmişlerdir. Bu öncelik, nehrin aşınabilen koridorundaki şiddetli insan baskıları, akarsu kanalının şiddetli değişimi ve düşük yoğunluklu nehir düzeni işleyişi olarak sınıflandırılmıştır. Öncelikler için Hidromorfolojik Restorasyon Öncelik Endeksi (HRPI) tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yüksek ve düşük HRPI değerlerine göre, acil bir ihtiyaç veya daha az acil bir ihtiyaç gerekliliği ortaya konulmuştur [48].

Knehtl vd. (2018), karşılaştırmalı bir araç olan Sloven hidromorfolojik değerlendirme yöntemini kullanarak, büyük nehir hidromorfolojik özelliklerinin uzaktan algılama ve saha araştırma değerlendirmelerinin arasındaki karşılaştırılabilirlik sorusu üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Uygulanan uzaktan algılama yaklaşımı, manuel dijitalleştirme ve ücretsiz olarak bulunabilen uzaktan algılama görüntülerine dayanırken, saha araştırmaları River Habitat Survey yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uzaktan algılama ve saha araştırma tabanlı yaklaşımların, özellikle genel hidromorfolojik koşulları değerlendirirken, Slovenya hidromorfolojik değerlendirme yöntemi yüksek korelasyonlar göstermiştir. Ek olarak büyük nehir hidromorfolojisinin değerlendirmesinde çok benzer sonuçlar verebileceği tespit edilmiştir. Çalışma sonunda hidromorfolojik değerlendirme ve hidromorfolojik çeşitlilik için hangisinin daha destekleyici olduğu belirlenmiştir [49].

Wiatkowski ve Tomczyk (2018), çalışmasında hidroelektrik santrallerinin üstündeki ve altındaki su yollarının hidromorfolojik durumunu değerlendirmişlerdir. AB'nin çeşitli üye devletlerinde kullanılan çeşitli yöntem gruplarını temsil eden dört yöntem seçilmiştir. Bu yöntemler; RHS (Polonya), LAWA (Almanya), QBR (İspanya) ve HEM (Çek Cumhuriyeti) yöntemleridir. Özellikle RHS yöntemi üzerinde durulduğu belirtilmiştir. Bu yöntemlerin her biri için uygun hidromorfolojik durum göstergeleri (beş dereceli bir ölçekte değerlendirme) hesaplanmıştır. Analizlerde, farklı varsayımlara rağmen yöntemlerin benzer sonuçlar verdiği ve çeşitli ülkelerde, özellikle Avrupa'da kullanılabileceği ortaya konulmuştur. Bahsedilen tüm yöntemler Su Çerçeve Direktifinin geliştirdiği metodolojiyi karşılamaktadır. Hidromorfolojik

değerlendirmeye dayalı olarak elde edilen sonuçların, hidroelektrik santrallerinin üstündeki ve altındaki nehir bölümlerindeki çevresel değişiklikleri değerlendirilmesine yardımcı olacağı belirtilmiştir[50].

Kaffas vd. (2018), hidromorfolojik süreçlerin havza ölçeğinde sürekli simülasyonunu amaçlayan iki farklı modeli çalışmalarında sunmaktadır. İlk model, üç alt modelden oluşan bir Kompozit Matematiksel Modelidir (CMM). İkinci model ise, Toprak ve Su Değerlendirme Aracı SWAT'ın CBS versiyonu oluşturmaktadır. Her iki modelin uygulanması, havza çıkışında sürekli hidrografılara ve sediment grafiklerinin tespiti için gereklidir. Hesaplanan akıntı deşarjı ve sediman deşarj değerleri saha ölçümleri ile karşılaştırılır ve her iki model de bir havzadaki hidromorfolojik süreçleri simüle etme yetkinlikleri açısından değerlendirilmektedir [51].

Yu vd. (2018), tarafından hidrolojik ve topoğrafik verilere dayanarak, Çin'in en büyük ikinci tatlı su gölü olan Dongting Gölü'ndeki hidromorfolojik özelliklerdeki varyasyonları ve bunların etkileyen faktörler analiz edilmiştir. Tüm zaman serisi (1951-2014), antropojenik modifikasyonlarına dayalı olarak dört alt periyoda bölünmüştür ve sonuçlar değerlendirilmiştir [52].

Kılınç ve Kay (2018), Türkiye ile uyumlu bir ulusal hidromorfolojik değerlendirme yöntemi geliştirmek için bir çalışma gerçekleştirmiştir. ÇKKV yöntemlerinden iki tanesi (Analitik Hiyerarşi Süreci ve Basit Katkı Ağırlıklandırma) Türkiye için en uygun hidromorfolojik değerlendirme yöntemini bulmak için uygulanmıştır. Bu amaçla, Avrupa Birliği ülkelerinden 19 adet metot ve diğer ülkelerden 25 adet metot ele alınmıştır. Avrupa Birliği ülkelerinden ve diğer ülkelerden Türkiye için nehir hidromorfolojisinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek en uygun metotlara karar verilmiştir [10].

Zaharia vd. (2018), tarafından yapılan çalışma farklı zamanlarda AB'ye katılan üç AB Üye Devleti (Fransa, Romanya ve Hırvatistan) için gerçekleştirilmiştir. Çalışma hidromorfolojik değerlendirme metodolojilerine, unsurlara ve kullanılan verilere rehberlik eden ana ilkeleri belirlemeyi ve anlamayı, hidromorfolojik nehir durumu değerlendirmesinin sonuçlarına genel bir bakış sunmayı ve hidromorfolojik değerlendirme uygulama aşamasına ilişkin sonuca varmayı hedeflemektedir. Yöntemler genellikle göstergeler ve kullanılan veriler bakımından farklılık göstermektedir. Bunun sonucunda değerlendirme sonuçlarında karşılaştırma yapmanın zor olduğu tespit edilmiştir. Ortak bir su politikası olmasına rağmen, metodolojik farklılıklar AB Üye Devletleri arasında oldukça olağan olduğu

görülmektedir. Bu nedenle, metodolojilerin standardizasyonu gerekli görülmüş ve nehir restorasyonu için önceliklerin belirlenmesinin ulusal ölçekte daha iyi bir statünün elde edilmesi için yararlı olacağı belirtilmiştir [53].

Stefanidis vd. (2019), çalışmasında SÇD kapsamındaki ulusal izleme programının sonuçlarına dayalı olarak Yunanistan Nehirlerindeki su kalitesi ve hidromorfolojik değişkenliğin ülke çapında bir değerlendirmesini yapmışlardır. Birçok nehre ait ve birçok bölgeden gelen su kalitesi ve hidromorfolojik veriler, ana çevresel gradyanları ve toplam varyansa en çok katkıda bulunan değişkenleri belirlemek için temel bileşen analizi (PCA) ile araştırılmıştır. En önemli su kalitesi parametreleri belirlenmiş ve alt havza ölçeğindeki uzaysal dağılımlarını haritalamak için tipik vektör tabanlı uzaysal veri analizi uygulanmıştır. Önemli ilişkileri belirlemek için belirtilen parametreler ile her bir örnekleme sahasının havzası içindeki arazi kullanım oranı arasında basit doğrusal modeller yürütülmüştür. Hidromorfolojik değişkenlikle ilgili en yüksek katkıyı sağlayan değişkenler belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, su yöneticilerinin daha ileri izleme faaliyetlerinin iyileştirilmesi için öneriler oluşturmaya yardımcı olabilecek yüksek seviyelerde besin kirliliğine duyarlı alanların / nehirlerin ön değerlendirmesi için kullanılabileceği tespit edilmiştir [54].

Hajdukiewicz ve Wyzga (2019), çalışmasında Polonya Karpatlarındaki Biala Nehri'ndeki hidromorfolojik koşullardaki son altı yıldaki değişiklikleri eski tarihli hava fotoğrafları ve güncel ortofotoların analizi yoluyla araştırılmıştır. Nehir rotası boyunca sınırlandırılmış altı erişim noktasında seçilen hidromorfolojik parametrelerdeki değişiklikleri değerlendirmek için 1954 ile 2009 arasındaki 7 farklı dönemde havadan görüntüler kullanılmıştır. Çalışma, nehir hidromorfolojisindeki zamansal değişiklikleri yeniden yapılandırmada arşiv hava fotoğraflarının yararlılığının doğruluğu tespit edilmiştir [55].

Paul vd. (2019), Sikkim'deki (Hindistan) Teesta nehrinin üst ve alt barajlarının hidromorfolojik koşullarının değerlendirilmesi ile ilgili bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma alanı olarak Sikkim Himalaya'daki Teesta nehir sisteminde, Teesta ve onun ana kolu olan Rangit'in sağ kıyısı ele alınmaktadır. Nehrin hidromorfolojik durumunun değerlendirilmesi, kapsamlı bir saha araştırması ile yapılmaktadır. Ana barajların hem üstünde hem de altında yer alan Teesta, Rangit vb. incelenen nehirlerin hidromorfolojik durumu ortaya konmuştu. Çalışmada aynı zamanda alt ve üst barajlarda bulunan hidromorfolojik özelliklerin ölçeğinde karşılaştırılmıştır. Habitat kalite değerlendirmesi ve habitat modifikasyon puanına dayalı çalışmanın sonucuna

göre, barajın nehrin hidromorfolojik durumunu değiştirmede önemli bir rol oynayıp oynamadığı tespit belirlenmiştir [56].

Dünya genelindeki çalışmalara kıyasla, Türkiye'deki hidromorfoloji konusundaki yayımların sınırlı sayıda olması nedeniyle bu tez çalışmasının literatüre önemli bir katkı sunacağı öngörülmektedir.

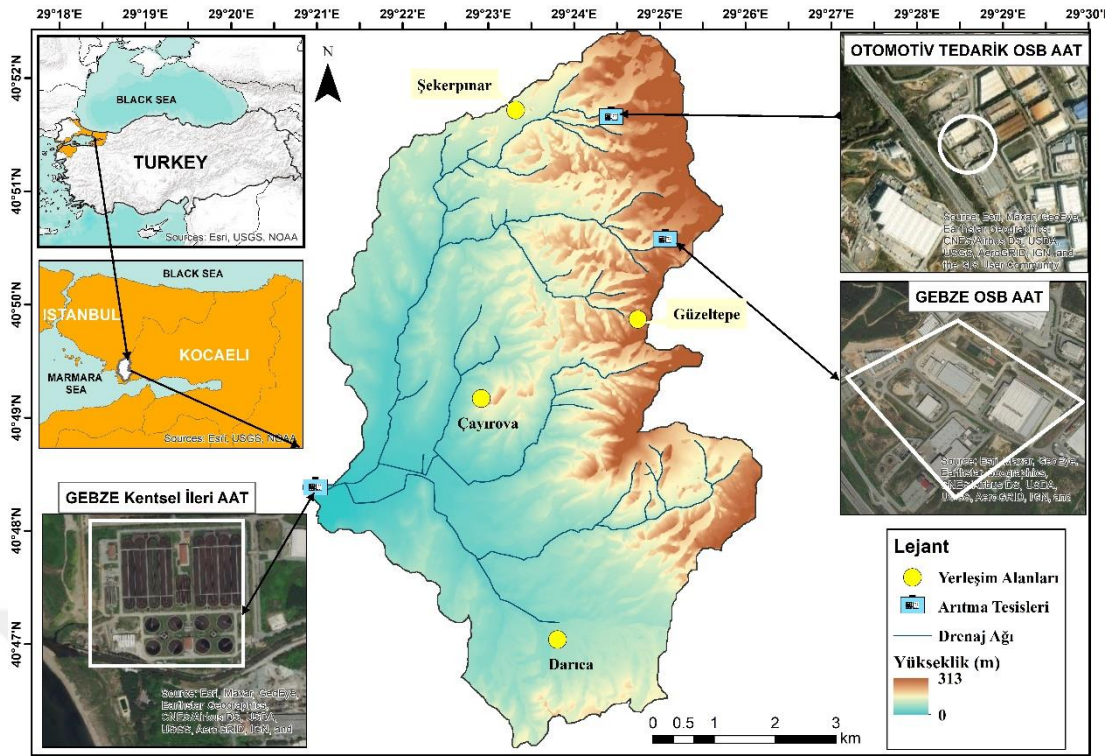


3.MATERYAL ve METOT

3.1.Çalışma Alanı

Bu çalışma kapsamında çalışma alanı olarak seçilen Saz-Çayırova Deresi Marmara denizinin doğusunda yer alan İzmit Körfezi'nin kuzeybatısında yer almaktadır (Şekil 3.1). Bu dere Türkiye'nin en önemli endüstriyel alanlarından Kocaeli-İstanbul sınırı arasında uzanan akarsudur. Saz Deresi uzunluğu yaklaşık 10 km olmakla birlikte genişliği havza boyunca 2 ile 20 metre arasında değişmektedir. Yaklaşık 50 km²'lik havza alanına sahip bu akarsu küçük ölçekli havza olarak sınıflandırılmaktadır [57]. Bu havza Saz Deresi ve Çayırova Deresi olmak üzere iki akarsuyu içine almaktadır. Yaklaşık 20 km²'lik alanın Saz Deresi temsil etmekte iken yaklaşık 30 km²'lik alanını Çayırova Deresi kaplamaktadır. Saz-Çayırova Deresi'nin drenaj ağı sayısal olarak Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Projesi (No: 119Y032) kapsamında üretilmiştir. Bu projede akarsu ağı hava fotoğrafları kullanılarak CBS ortamında sayısallaştırılmıştır [58]. Tez çalışmasında sayısal harita verileri yukarıda bahsedilen projeden temin edilmiştir.

Havzanın içinde başta karayolları olmak üzere, demiryolu, deniz yolu taşımacılığı ile yoğun bir ulaşım ağı mevcuttur. Yerleşim alanlarından kaynaklı deşarjlar yerel yönetimler tarafından ayrı bir kanalda toplanmakta ve havza mansabında bulunan Gebze Kentsel İleri Atıksu Arıtma Tesisinde arıtılıp Saz Deresi'nin Marmara Denizi'ne döküldüğü noktadan denize deşarj edilmektedir. Saz Deresi kolları üzerindeki su kalitesi ve miktarını etkileyen en belirgin yükler havzanın kuzeyinde yer alan Gebze Organize Sanayi Bölgesinden ve Otomotiv Tedarik Organize Sanayi Bölgelerinden kaynaklanmaktadır. Bu OSB'ler arıtılmış atıksularını Saz Deresine deşarj etmektedir (Şekil 3.1).

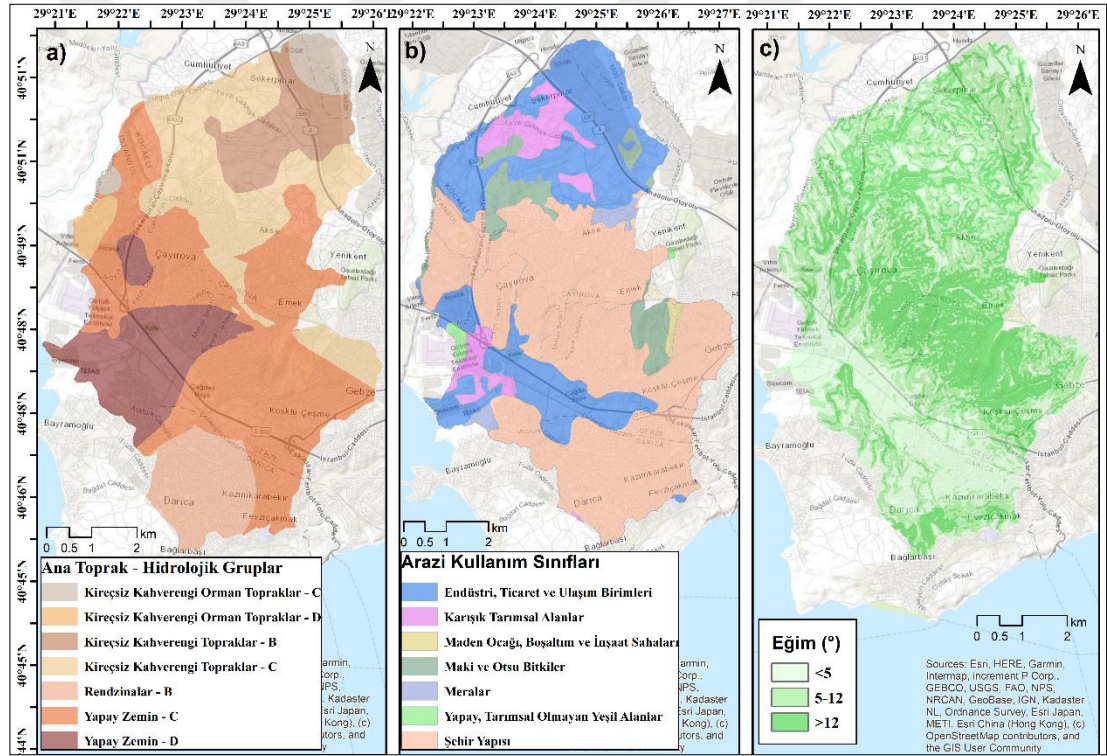


Şekil 3.1: Saz-Çayırova Havzası yer bulduru haritası.

Havza bölgesinde yazlar sıcak ve az yağışlı, kışlar ise yağışlı ve görece ılık geçen mevsimlerle karakterize edilen Akdeniz ile Karadeniz iklimi arasındaki geçiş bölgesinde yer almaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilen iklim verilerine göre yıllık ortalama yağış ve sıcaklık sırasıyla 720 mm ve 15 ° C'dir [59]. Havza boyunca rakım değişimi deniz seviyesi ile 313 metre arasında değişmektedir. Derenin mansap kısımlarında göreceli düşük eğim (< %2) görülmekte iken, kuzey kısımlarında görece yüksek eğimli yamaçlar (> %12) bulunmaktadır (Şekil 3.2). Ek olarak, Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan alınan sayısallaştırılmış toprak haritasına göre, havza alanı düşük infiltrasyon karakterine sahip D (< 0.8 mm/saat) hidrolojik grubu ile karakterize edilmiştir. Havzanın ana toprak grupları sırasıyla, kireçsiz kahverengi topraklar (%37), kireçsiz kahverengi orman toprakları (yaklaşık %11) ve rendzinalar (%52)'dir (Şekil 3.2).

Çalışma bölgesinin arazi kullanım verileri CORINE (Coordination of Information on the Environment - Çevresel Bilginin Koordinasyonu Metodu) projesi kapsamında üretilen 2018 yılı verilerinden elde edilmiştir. CORINE Arazi Örtüsü sınıflandırması, üç düzeyli hiyerarşik bir temele dayanmaktadır ve her düzey, ayrı bir ölçeğe karşılık gelir. CORINE yöntemi, uzaktan algılama tekniklerine dayanmaktadır [60]. Seviye-III 1/100.000 ölçeğinde haritalanmıştır ve 44 kategorik bilgiye sahiptir.

Seviye-II, 1/500.000'e karşılık gelir ve Seviye-I 1/1.000.000 ölçeğinde haritalandırılmıştır. Havzanın arazi kullanım sınıflandırmak için Seviye-I ve Seviye-III sınıfları göz önüne alınmakta iken arazi kullanımını haritalandırmak için Seviye-II sınıfları göz önüne alınmıştır (Tablo 3.1). Seviye-I'e göre havzanın % 73'ü yapay bölgeler, % 20'si tarımsal alanlar, % 6'sı doğal ve yarı doğal alanlardan oluşmaktadır (Şekil 3.2). Seviye-III sınıflandırmasına göre havzanın yaklaşık %30'u endüstriyel ve ticari birimlerden oluşmaktadır. Her iki sınıflandırmaya göre, çalışma alanına sanayi ve yerleşim alanları hakimdir (Şekil 3.2). Ayrıca küçük bir rezerve sahip terk edilmiş metalik sülfür maden sahası, çıkarılan Pb, Zn ve Cu, Gebze İlçesi Pelitli Yerleşimi havzasının kuzeybatı ve güneydoğu kesimlerinde yer almaktadır. Maden sahasında 110.000 ton jeolojik rezerv tespit edilmiştir. Geçmiş yıllarda ufak çaplı işletmelerle ham cevher şeklinde alınmıştır [61], [62].



Şekil 3.2: Saz-Çayırova Havzası fiziksel karakteristikleri, a) Ana toprak grupları ve hidrolojik toprak özelliklerinin kombinasyonu, b) Arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfları, c) Eğim grupları.

Tablo 3.1: CORINE-2018 arazi kullanım/arazi örtüsü sınıflarının havza genelinde yüzdelik dağılımı.

Sınıflama Seviyesi 2	Havza Alanı (%)
Şehir Yapısı	40,7
Endüstri, Ticaret ve Ulaşım Birimleri	31,0
Maden Ocağı, Boşaltım ve İnşaat Sahaları	0,51
Yapay, Tarımsal Olmayan Yeşil Alanlar	0,54
Meralar	5,34
Karışık Tarımsal Alanlar	15,66
Maki ve Otsu Bitkiler	6,25

3.2.Su Kalitesi Parametreleri

12 aylık dönemde gerçekleştirilen su kalitesi izleme çalışmaları için gerekli hazırlıklar (kimyasal malzemelerin analizler için aylık veya 2 aylık periyotlar ile hazırlanması, numune şişelerinin yıkanması, cam malzemelerin temizliği, kalibrasyon süreçleri vb.) özenle gerçekleştirilmiştir. Parametrelerin ölçüm aralığı 12 aylık süreçte arazi gezilerinden alınan numuneler ile gerçekleştirilmiştir. Alınan tüm numunelerin aynı noktalarından alınmasına büyük bir önem verilmiştir. Numunelerin laboratuvara taşınması sırasında korunması için buz kalıpları yardımıyla soğutulup numune taşıma çantası yardımı ile karanlık bir ortamda taşınması sağlanmıştır [63]. Numuneler laboratuvara getirildikten sonra soğuk ortamda muhafaza edilerek 2-3 gün içerisinde analiz edilmiştir. Bu doğrultuda gerçekleştirilen yerinde ve laboratuvarında su kalite ölçüm parametreleri aşağıda detaylandırılmıştır.

3.2.1.Yerinde Ölçüm Parametreleri

Su kalitesi izlemelerinde pH, çözünmüş oksijen (ÇO – mg/L), elektriksel iletkenlik (Eİ – μ S/cm) ve oksijen indirgeme potansiyeli (ORP – mV) parametrelerinin ölçümlerinin anlık olarak yerinde ölçümler yapılmıştır. Bu parametrelerin değerlerinde kısa süre içerisinde değişimler gözlemlenmekte ve bu nedenle laboratuvara kadar korunması zor olduğundan yerinde ölçülmesi son derece önemlidir. Bu doğrultuda 4 adet ölçüm probu ve 2 adet Hachlange HQ40D-multi cihazı kullanılmıştır. Cihaz kalibrasyonları 2 haftalık periyotlar ile yapılmıştır. Ayrıca bu parametrelerin ölçümü

12 aylık arazi çalışmaları ile gerçekleştirilmiştir. İzlenilen çalışmada ölçümler her ayın son haftası ve aynı saatlerde gerçekleştirilmesine özen gösterilmiştir. Ölçümler için kullanılan probalar ve cihazlar aşağıda Tablo 3.2’de gösterilmektedir.

Tablo 3.2: Yerinde ölçüm parametreleri.

ÖLÇÜM ADI	ÖLÇÜM PROBU	ÖLÇÜM CİHAZI
pH	PHC101	Hachlange HQ4OD-multi
ÇO	LDO101	Hachlange HQ4OD-multi
Eİ	CDC401	Hachlange HQ4OD-multi
ORP	MTC101	Hachlange HQ4OD-multi
Sıcaklık	Tüm Problar	Hachlange HQ4OD-multi

3.2.2.Laboratuvar Ölçüm Parametreleri

Yerüstü su kaynaklarındaki ekolojik durumun yerinde ölçüm parametrelerine ek olarak daha detaylı laboratuvar analizleri ile ortaya çıkartılması, su kalite sınıflarının belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Bu sebeple yerüstü su kütlelerinin sınıflandırılmasında fizikokimyasal kalite bileşenleri, değişimi bütünüyle ele alınması mümkün olmaktadır [64], [65]. Fizikokimyasal parametreler; renk, pH, iletkenlik, yağ ve gres, çözünmüş oksijen, KOİ, BOİ, amonyum azotu, nitrat azotu, toplam kjeldahl azotu, toplam azot, orto fosfat fosforu, toplam fosfor, florür, mangan, selenyum ve sülfür şeklinde sıralanabilir [66]. Çalışma kapsamında yerinde ölçüm parametrelerine ek olarak, laboratuvar ölçüm parametreleri olan; KOİ, BOİ, TOK, nitrat azotu, amonyak azotu, alkalinite, AKM, ağır metaller, fosfor ve alkali ve toprak alkali metaller analiz edilmiştir. AHP analizi için gerekli olan hiyerarşi oluşturulurken laboratuvar ölçüm parametreleri alt kriterlere ayrılmıştır. Bu alt gruplarda;

- Nütrientler içerisinde nitrat azotu ve amonyak azotu ve fosfor,
- Ağır metaller içerisinde demir, çinko, bakır, kurşun,
- Alkali ve Toprak alkali metaller içerisinde sodyum, magnezyum ve kalsiyum,
- Organik karbon içerisinde KOİ, BOİ ve TOK yer almaktadır.

Analizler için kullanılan metot ve cihazlar aşağıda Tablo 3.3’de gösterilmiştir.

Tablo 3.3: Laboratuvar ölçüm parametreleri.

DENEY ADI	ÖLÇÜM METODU
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	5220 C. Closed Reflux, titrimetric method
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)	WTW-Oxitop
Toplam Organik Karbon (TOK)	Total organic carbon analyzer
Nitrat Azotu (NO ₃ -N)	4500-NO ₃ -N B. Ultraviolet spectrophotometric screening method – Genesys 150-UV
Amonyak Azotu (NH ₃ -N)	4500-NH ₃ -N C. Titrimetric method – Behr Distillation Unit S2
Alkalinite	2320 B. Titration method
Askıda Katı Madde (AKM)	2540 D. Total suspended solids dried at 103-105°C
ICP (P, Fe, Zn, Cu, Pb, Na, Ca, Mg)	Perkin Elmer Optima (ICP-OES)

3.3.Karar Verme

Karar verme literatürde çok farklı açılardan değerlendirilmektedir. Karar vericilerin içerisinde bulundukları mevcut tüm seçenekleri dikkate alıp seçim, sıralama ve sınıflandırma yaparak bir sorunu çözmeye dayanan süreci ifade eder. Karar vericilerin konuyla ilgili bilgilerinin olması, düşünce ve tercihleri karar verme sürecini doğrudan etkilemektedir. Karar, alternatif çözümler içerisinde en uygun olanın seçilmesidir. Karar verme, belirli bir amaç için eyleme dönüşecek olası tüm seçeneklerin belirlenmesi ve içlerinden bir tanesinin seçilmesidir [67], [68].

3.3.1.Karar Verme Yaklaşımları

Karar verirken farklı seçenekler arasından bir tanesinin seçilmesi durumunda hangi sonucun ortaya çıkacağını düşünmek gerekir. Sorunu çözerken ise, yapılması istenenle gerçekleşen arasındaki farka neden olan hususların bulunması gerekir. Sorun çözümünde başvurulması gereken başlıca karar verme yaklaşımları şu şekilde sıralanır;

- Geleneksel Tutucu Yaklaşım: Mevcut durumu korumaya dayanır. Bir konu ile ilgili karar verilirken alışkanlıklar ön planda yer alır. Önyargılar sürecin içerisinde.

Yenilikler ve gelişmeler göz ardı edilir. Alınacak kararlarda tutarsızlık mevcuttur. Yetersizliklerle karşılaşmak çok olasıdır.

- Yetkiye Dayanma Yaklaşımı: Bu aşamada, konusunda yetkin olan ve uzmanlaşmış kişilerden elde edilen bilgiler hiçbir şekilde sorgulanmadan kabul edilir. Güvenilir kaynaklar ele alınır.
- Gerçeği Algılama Yaklaşımı: Burada “neden?” sorusuna verilen cevap, gerçeği algılama yaklaşımının en temel taşıdır.
- Bilimsel Yaklaşım: Sorunun çözümü bilimsel temellere dayanmaktadır. Bilimsel yöntem ile karar vericiler için ortak bir dil gelişir. Kesin süreçler gelişir. Özneğin (alışkanlık, sezgi, duygu vs.) yerine nesnel, sistematik ve denetlenebilir bir süreç ortaya çıkar [67], [68].

3.3.2.Karar Verme Modelleri

Karar sürecindeki mantıksal durumu şema ile açıklanmasını sağlayan birçok yaklaşım mevcuttur. Araştırmacılar rasyonel karar verme yöntemiyle ilgili pek çok model geliştirmiştir. Yaklaşımındaki bu model ile analitik problemleri çözmek hedeflenmiştir. Sezgisel yöntemde herhangi bir model kullanılmamaktadır [67], [69].

3.3.2.1.Rasyonel Karar Verme Modeli

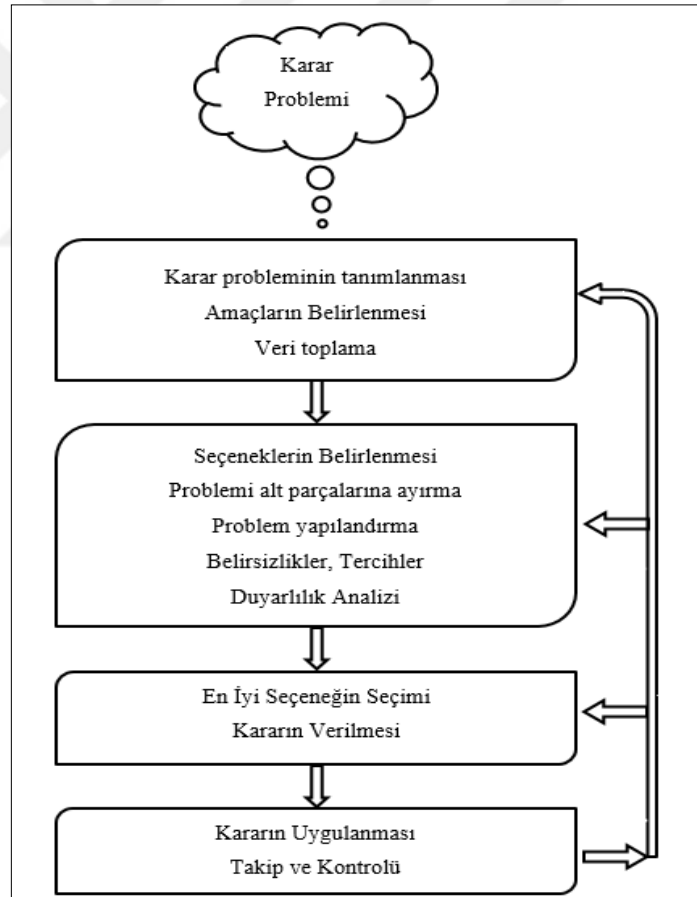
Sayısal (kantitatif- niceliksel) analize dayanır. Problemlerle alakalı modellerin kurulmasını kapsar. Tutarlı ve mantık çerçevesinde ilerler. Bu model istatistik, matematik ve mühendislik yaklaşımlarının ortak paydasıdır. Birden fazla kriter ve karar alternatifleri olduğunda bunların içerisinde en uygun olanın seçilmesine yardımcı olur. Yeni yöntemler ve modeller geliştirilir. İnsan faktörü ise minimum seviyede kalır [67].

3.3.2.2.Sezgisel Karar Verme Modeli

Sezgisel (kalitatif- niteliksel) model yargıya, sezgiye ve deneyime dayanır. Bilimden ziyade sanat özelliği daha çok ön plandadır. Bu model sosyal psikoloji, bilişsel psikoloji ve sosyolojinin ortak paydasıdır. Modelin temelinde insan esası vardır. İnsanın karar sürecindeki psikolojik ve zihinsel olgularla ilgilenir [67].

3.4.Karar Analizi

Karar analizi, karmaşık problemlerin matematiksel ve istatistiksel modeller kullanılarak çözümlenmesi olarak ifade edilir. Karmaşık problemler anlaşılması için alt kategoriler bazında incelenir. Mantıksal ifadelerin devreye girmesiyle beraber bu alt kategorilerden anlamlı çözümler üretilir. Karar analizi modelleri, diğer matematiksel modeller gibi doğrudan cevaplanmaz. Model varsayımları ile gerçeğe maksimum seviyede yaklaşmayı sağlar. Diğer bir deyişle, karar analiz modelleri karmaşık problemler için kesin sonuçlara ulaşmaktan ziyade problemlerin önemli görünen noktaları derinlemesine incelemeyi hedefler. Karar vermek ve analizi gerçekleştirmek için bir süreç gerekmektedir. Bu süreç analitik yaklaşım yapabilmek için en önemli adım, kararı oluşturan temel öğelerin belirlenmesidir. Bu öğeler Şekil 3.3’de gösterilmiştir [67], [68], [70].



Şekil 3.3: Karar analizi.

Karar verirken tek bir kritere göre seçim yapmak neredeyse imkânsızdır. Seçimleri etkileyen durumlar oldukça fazladır ve birden çok kriteri göz önünde

bulundurmak gerekir. Sürecin bu şekilde ilerlemesi ÇKKV olarak ifade edilir. Karar verici için bütün kriterler değerlendirilir. Genel tercih ilişkisi kurulur ve istenilen sonuca ulaşmak için tüm durumlar dikkate alınır [67].

ÇKKV problemi fazla sayıdaki seçeneklerin içinden seçim yapılmasını sağlamaktadır. Karar vericiye göre değişen önem değerlerini kapsar ve her bir ölçütün değerinin diğerine göre önemini belirlemektir. Ölçütlere verilen bu ağırlık sonuçlar için büyük önem taşımaktadır. Literatürde ÇKKV problemlerinde kullanılan başlıca yöntemler şu şekilde sıralanır;

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Analitik Ağ Yöntemi (ANP), Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi (FAHP), Bulanık Analitik Ağ Yöntemi (AAS), ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality English), PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation). Bu yöntemler ikili karşılaştırma tekniklerini kullanarak yapılmaktadır.

MOORA (Multi-objective Optimization By Ratio Analysis), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), COPRAS (Complex Proportional Assessment). Bu yöntemlerde normalizasyon teknikleri kullanılmaktadır. Farklı ölçüm birimlerinin bulanması sorununun üstesinden gelmeyi hedeflemektedir.

WSM (Weighted Sum Model), WPM (Weighted Product Model). Yöntemlerinde ise ortak bir ölçeğe göre değerlendirme yapılmaktadır. Ancak burada subjektif yargıların değerlendirme sürecine katılma riskini içermektedir [67], [71].

Yukarıda sıralanan yöntemlerden AHP yöntemi tez çalışması için kullanılacak yöntem olarak belirlenmiştir.

3.5. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

AHP 1965 yılında L. Thomas Saaty tarafından ortaya konulmuş, 1970'li yıllarda da karmaşık karar verme problemlerin çözümünde kullanılabilir bir yöntem olarak geliştirilmiştir. AHP, karmaşık karar verme problemlerini hiyerarşik şekilde modelleyip ikili karşılaştırmalar yaparak karar verme sürecini ifade etmektedir. Grup veya bireyin tercihlerini, deneyimlerini, sezgilerini, bilgilerini, yargılarını ve düşüncelerini karar sürecine dahil edebilen, karmaşık problemlerin hiyerarşik bir yapı içinde ele alınarak çözülmesini sağlayan bir ÇKKV yöntemidir. Karar verici hem objektif hem de subjektif düşüncelerini karar sürecine dahil edebilmektedir.

Dolayısıyla bu durum, karar vericiye kendi karar verme mekanizmalarını tanıma olanağı sağlamaktadır [67], [72].

AHP’de hiyerarşi en az üç seviyede teşkil edilir. Hiyerarşinin en üst seviyesinde amaç bulunur. Bir alt seviyede ana kriterler, varsa ana kriterlerin altında alt kriterler yer alır. En alt basamakta ise karar seçenekleri bulunur. İkili karşılaştırmaların tutarlı olabilmesi için kriterlerin sayısı doğru tespit edilmeli ve her bir kriter doğru tanımlanmalıdır. Kriterlerin ortak özellikleri dikkate alınarak sınıflandırılmalıdır. AHP, çok sayıda kriter ile uygulanabilir. Grup kararlarının alınması için çok iyi bir yöntemdir. Duyarlılık analizi sayesinde sonucun esnekliğini analiz etmek mümkündür. Hiyerarşinin ve ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması subjektif olduğundan dolayı, deneyimli ve konusunda uzman kişilere ihtiyaç vardır [67], [72].

AHP teorik anlamda şu şekilde ifade edilir;

- Karşılaştırmalar ikili yapılmalıdır. Örneğin; “X elemanı Y elemanından 7 kat büyük ise Y, X’in 7’de 1’idir” ($1/7$).
- Karşılaştırılan kriterlerin birbirinden farklı olmaması gerekmektedir. Olduğu takdirde hataların çıkma ihtimali yüksek olmaktadır. Örneğin, büyüklük açısından bir nehir ile okyanus karşılaştırılmamalıdır. Kriterlerin arasındaki fark çok büyükse, karşılaştırma yapmak yerine kendi aralarında alt kriterlere ayrılmalıdır.
- Karşılaştırma yapılan kriterlerin birbirinden bağımsız olması yani yeni bir kriter eklendiğinde veya çıkartıldığında hiyerarşinin bozulmaması gerekmektedir [67].

AHP’nin uygulama aşaması, Saaty’e göre 4 adımdan oluşmaktadır.

- Hiyerarşik yapının oluşturulması,
- İkili karşılaştırmalar yapılarak üstünlük derecelerinin belirlenmesi,
- Tutarlılığın hesaplanması,
- Seçeneklerin öncelik değerlerinin hesaplanması.

Bu yöntemin kullanılmasının avantaj ve dezavantajları vardır. Karar vericiler için kolay karar verme yöntemine olanak sağlar. Karmaşık problemlerin anlaşılır hale getirilmesinde etkili bir yöntemdir. Tanımsal modelleme yapısına sahiptir. Tutarlılık hesaplamalarının yapılması ile sonuçların güvenilir sonuçlar elde edilir. Grup çalışmalarında tercih edilen bir yöntemdir. Ancak hiyerarşi içerisinde bir kriter ya da alt

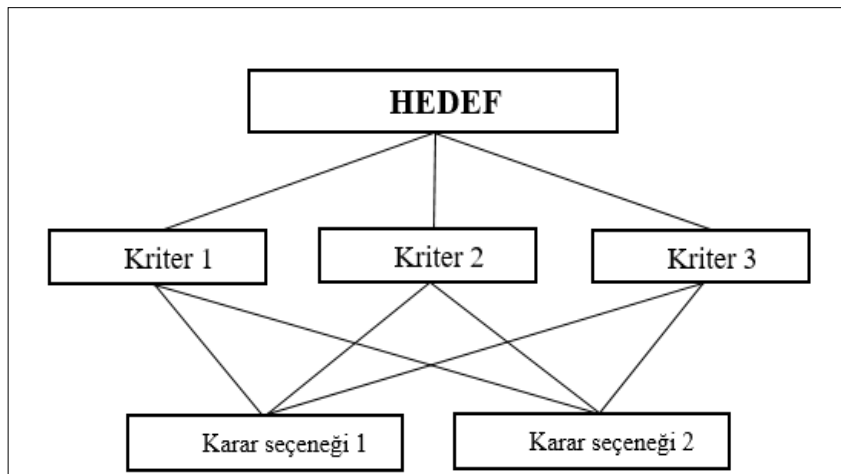
kriterin eklenmesi /çıkarılması durumunda seçeneklerin sıralamasının doğru bir şekilde yapılmış olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Hiyerarşide kriter sayısının fazla olması ikili karşılaştırmaların sayısını da arttırmaktadır. Bu durum, modelin kurulmasında daha fazla zaman ve çabayı gerektirir [67], [72].

3.5.1.Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

AHP'nin ilk basamağında problem tanımlanır ve hiyerarşik yapı oluşturulur. Hiyerarşinin en başında hedef yer almaktadır. İkinci basamakta, kararı destekleyecek ana kriterler belirlenmektedir. Buradan hareketle varsa ana kriterlerin kendi içerisinde alt kriterini oluşturan hiyerarşik yapı kurulmaktadır. Son basamakta ise karar seçeneğine yer verilmektedir [67], [73].

Saaty'e göre hiyerarşinin aşaması, istenilen hedef üzerinde fikirlerin üretilmesiyle beraber uzman kişilerin görüşlerini alarak geliştirilmesidir. Standart bir prosedür yoktur. Hiyerarşi tasarımı için konuyla alakalı tecrübe bilgiye ihtiyaç olduğu ifade edilmektedir. Aynı konu üzerinde farklı kişiler birden fazla hiyerarşik yapı oluşturabilir. Bu durum kişiden kişiye farklılık gösterebilir. Uzman kişilerin fikir birliği bu aşamada çok önemlidir [67], [73].

Şekil 3.4'de basit bir hiyerarşik model yer almaktadır. Çok kriterli karar verirken yapılması istenen en temel durum, değerlendirilen seçenekler için pek çok kriter göz önünde bulundurularak önem, ağırlık ve üstünlük derecelerinin belirlenmesidir. AHP bu açıdan tercih edilen yöntemdir.



Şekil 3.4: AHP modeli.

3.5.2. Matrisin Oluşturulması ve Üstünlük Belirlenmesi

İstenilen hiyerarşik model oluşturulduktan sonra her bir kriterin, varsa alt kriterin göreceli üstünlük dereceleri ikili matrisler kullanılarak hesaplanır [67].

Tablo 3.4'deki önem ve tanımlara göre 1-9 arası ölçek değerleri ile kriterler birbirleri ile kıyaslanarak ikili karşılaştırma matrislerini oluşturmaktadır. Karşılaştırma matrisleri köşegen elemanları 1 olan kare matrislerdir. Bu işlem tüm basamaklar için uygulanmaktadır. Daha önemli olanın, daha az önemli olandan kaç kat öneme sahip olduğunu göstermek için kullanılmaktadır [67].

Tablo 3.4: AHP değerlendirmeleri için temel karşılaştırma ölçütleri.

Standart Tercih Tablosu		
Önem	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki faktör aynı derecede önem taşır
3	Biraz önemli	Biri diğerine göre biraz daha fazla önem taşır
5	Oldukça önemli	Biri diğerine göre oldukça önem taşır
7	Çok fazla önemli	Biri diğerine göre çok daha fazla önem taşır
9	Aşırı derecede önemli	Biri diğerine göre kesinlikle daha fazla önem taşır
2, 4, 6, 8	Ara değerler	Tercih değerleri birbirine yakın olduğunda kullanılır
$1 \frac{1}{2} \frac{1}{3} \frac{1}{4} \frac{1}{5} \frac{1}{6} \frac{1}{7} \frac{1}{8} \frac{1}{9}$	İkinci öğe birinci öğeden daha önemli / tercih edilir ise ölçek değerinin tersi kullanılır	

$C_1, C_2, \dots, C_n$ hiyerarşinin aynı seviyesinde bulunan elemanları olarak tanımlanmaktadır. Tüm bu (C_i, C_j) çiftleri için belirlenen ikili karşılaştırma değerleri $n \times n$ boyutlu bir matriste eşitlik 3.1'deki gibi gösterilir [67].

$$A = (a_{ij}) \quad a_{ij} > 0 \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.1)$$

Burada a_{ij} , j elemanının i elemanına olan görece üstünlüğü anlamındadır. a_{ij} değerleri karşılıklı olma özelliği gereği eşitlik 3.2'yi sağlamaktadır [67].

$$a_{ij} = 1 / a_{ji} \quad a_{ij} \neq 0 \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.2)$$

C_i ve C_j elemanları karşılaştırıldıkları özellik açısından eşit öneme sahip ise eşitlik 3.3'deki gibi gösterilir [67].

$$a_{ij} = a_{ji} = 1 \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.3)$$

Kriter kendisi ile karşılaştırıldığında ise eşitlik 3.4'deki gibi gösterilir [67].

$$a_{ij} = 1 \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.4)$$

İkili karşılaştırmalar matrisi genel olarak eşitlik 3.5'deki gibi gösterilir [67].

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

n adet elemanın birbiri ile ikili olarak karşılaştırılmasıyla $n \times n$ 'lik A matrisi oluşmaktadır. Bu aşamada elemanların göreceli olarak ağırlıkları belirlenmektedir. A matrisi oluşturulduktan sonra kriterlerin yüzde ağırlıklarının hesaplanması gerekmektedir. Her bir sütun ögesinin bulunduğu sütunun toplamına bölünmesi ile matrisin normalize edilmesi ve ardından satır toplamalarının aritmetik ortalamasıyla elde edilen değerlerdir. Buna özvektör yöntemi de denilmektedir [67].

Kriterler birbirleri ile karşılaştırılıp matrise yerleştirildikten sonra matriste sütun toplamaları alınır. Her bir değer kendi sütun toplamına bölünür ve normalize edilmiş matris elde edilir. Böylece göreceli öncelikleri belirlenmiş olur. Bir sonraki işlem ise tutarlılığın hesaplanmasıdır [67].

Bu adımlar diğer değerlendirme faktörleri içinde tek tek uygulanmalıdır. N adet sütun vektörü, matris formatına getirildiğinde aşağıda gösterilen 3.6 eşitlikteki gibi bir C matrisi oluşturulacaktır [67].

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

C matris oluşturulduktan sonra faktörlerin ağırlıkları elde edilir. Bu amaçla 3.7 eşitliğinde gösterildiği gibi C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınarak Öncelik Vektörü olarak adlandırılan W vektörü elde edilir [67].

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (3.7)$$

Her bir faktör için ağırlık gösteren W vektörü 3.8 eşitliğinde gösterilmiştir [67].

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

3.5.3. Tutarlılığın Hesaplanması

İkili karşılaştırmaların yapılması ve önceliklerin belirlenmesinden sonra ikili karşılaştırma matrislerinde tutarlılık hesaplanması yapılmalıdır. AHP Tutarlılık Oranı, faktör sayısı adı verilen (λ) bir katsayının karşılaştırılması olarak tanımlanmaktadır. λ 'nın hesaplanması için ilk olarak ikili karşılaştırma matrisi (A) ile ağırlık vektörünün (W) matris çarpımından bir D sütun vektörü elde edilir (Eşitlik 3.9).

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (3.9)$$

D sütun vektörü, bir önceki ağırlık vektörüne bölünür ve yeni bir E vektörü elde edilir. Çıkan değerlerin ortalaması alınarak en büyük özdeğer bulunmuş olur.

Elde edilen E vektörü, bulunan ağırlık vektörüne (W) bölünerek, λ_{maks} 'ın hesaplanacağı yeni vektör elde edilir. Bu vektörün elemanları ortalama değerleri alındığında en büyük özdeğer, λ_{maks} elde edilir (Eşitlik 3.10).

$$\lambda_{maks} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (3.10)$$

Bu doğrultuda kullanılacak yöntemde ‘Tutarlılık İndeksi (Consistency Index-CI)’adı verilen katsayının hesaplanmasını gerekir. CI eşitlik 3.11’deki gibi gösterilmektedir [67].

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3.11)$$

Tutarlılık hesaplamasının değerlendirilebilmesi için ‘‘Rassal Indeks (Random Index-RI)’’ değerinin bilinmesi gerekir. n sayılı karşılaştırmalar için tanımlanan RI değeri Tablo 3.5’de verilmiştir [67].

Tablo 3.5: Karşılaştırma matrislerinin boyutlarına göre RI değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

CI ve RI değerleri belirlendikten sonra ‘Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio-CR)’ eşitlik 3.12’deki gibi hesaplanır [67].

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.12)$$

CR değeri 0.10’dan küçükse karar vericinin yapmış olduğu karşılaştırmaların tutarlı olduğu, büyükse karşılaştırmalarda bir tutarsızlık ya da AHP’de hesaplama hatasının olduğu anlamına gelmektedir [67].

Tutarlılık değerinin 0.10’dan büyük olduğu durumda karar verici karşılaştırma verilerini tekrardan gözden geçirmelidir. Bu değer 0.10’ın altında olduğu durumlar ise problem çözümüne devam edebilmek için kabul edilebilir nitelik taşımaktadır [67].

4.HİDROMORFOLOJİK DEĞİŞİM DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ

Hidromorfolojik değişim düzeyine etki eden her bir parametrenin referans düzeyinin belirlenmesi gerekmektedir. Referans düzey göz önünde bulundurularak son durum için değişim düzey tespit edilmektedir. Saz Deresinin Hidromorfolojik değişim düzeyinin belirlenmesi amacıyla öncelikle belirlenen kriterler yardımıyla AHP hiyerarşisi oluşturulmuştur. Daha sonra kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi aşamasında uzman görüşlerinin alınabilmesi için bir anket hazırlanmıştır. Hiyerarşide yer verilen kriterlerin referans düzeye göre değişim seviyeleri laboratuvar, saha gözlemleri ve GIS analizleri ile belirlendikten sonra her bir kriterin anketlerle belirlenen önem derecesi göz önünde bulundurularak Saz Deresinin nihai değişim düzeyi hesaplanmıştır.

4.1.Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

AHP yönteminin uygulamasında ilk adım bir hiyerarşi sistemin oluşturulmasıdır. Bu sistem oluşturulurken nehrin hidromorfolojik ana kriterleri ve alt kriterleri baz alındı. Ana kriterler nehir çevresinin bölmelerine göre belirlenirken alt kriterler ise her bir ana kriterin içerisindeki hidromorfolojik parametreler göz önünde bulundurularak belirlendi (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: AHP hiyerarşik sistem.

4.1.1.Su Kalitesi Parametreleri

Saz Deresi'nde su kalitesi parametreleri Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde belirtilen sınır değerler dikkate alınarak belirlenmiştir [74]. Çalışma kapsamında su kalitesi parametreleri yerinde ölçüm parametreleri ve laboratuvar ölçüm parametreleri olarak ikiye ayrılmıştır.

Yerinde ölçüm parametreleri,

pH; suların asit-baz durumunu gösteren bir logaritmik ölçüdür. Sudaki hidrojen iyonlarını ifade etmektedir. pH değeri 25°C'de 7 olduğunda nötr, 7'den küçük olduğunda asidik ve 7'den büyük olduğunda bazik özellik göstermektedir. Düşük pH suda acı metal bir tada sebep olurken yüksek pH soda tadına ve kaygan bir hisse neden olur. İnsan sağlığına doğrudan bir etkisi yoktur. Önemli su kalite parametresidir. Su kimyasındaki rolü korozyon, alkalinite, sertlik, klorlama, koagülasyon ve CO₂ dengesi ile bağlantılıdır [75], [76].

Sıcaklık; su kaynaklarının özellikleri, iklim parametreleri gibi pek çok faktörlerin etkisiyle farklı sıcaklıklar görülmektedir. Su sıcaklığının 16°C'den düşük olması tercih edilmektedir. Yüksek su sıcaklıkları mikroorganizma gelişimini, renk, koku, tat ve korozyon problemlerinin artmasına sebep olmaktadır. Kimyasal, biyokimyasal ve biyolojik aktiviteyi etkileme potansiyeli olduğu için oldukça önemli bir parametredir [75], [76].

ÇO₂; atmosfer ve sucul bitkilerden gelen oksijenin su içindeki miktarıdır. Nehirler veya göllerde oksijen içeriği, yüksek akış koşullarında düşük akış koşullarına nazaran daha yüksektir. Çözülmüş oksijen miktarı su kirliliğinin en büyük göstergelerinden biridir. Sıcaklık arttıkça çözülmüş oksijen değerinin düşmesi beklenir [75], [76].

Eİ; suyun elektrik akımını iletme kabiliyetinin sayısal olarak ifade edilmesidir. Sularda bulunan iyonların konsantrasyonlarına, hareket kabiliyetlerine ve ölçüm sıcaklıklarına bağlıdır. Kirlilik izlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Nehirlerin ve göllerin iletkenlikleri genellikle 10-1000 µS/cm seviyesinde olmaktadır. Bu seviyenin üzeri kirlilik olarak tanımlanmaktadır [75], [76].

Oksidasyon İndirgeme Potansiyeli (ORP); bir maddenin başka bir maddeye oksitleme veya indirgeme gücünü milivolt (mV) değeri olarak belirleyen bir ölçümdür. Yüksek ORP değeri, daha sağlıklı bir alıcı ortama işaret etmektedir. ORP değerinin yükselmesi, ekosistemdeki kirleticilerin sedimentlerde birikmesini engeller. Çünkü

kirleticileri ayrıştırarak bakteriler yüksek oksijen ortamında daha verimli çalışabilmektedir [75], [76].

Arazi çalışmaları sırasında yapılan yerinde ölçüm ile ilgili görseller Şekil 4.2’de sunulmuştur.



Şekil 4.2: Su Kalitesi yerinde ölçüm parametrelerinin arazi çalışması.

Laboratuvar ölçüm parametreleri,

Nütrientler, havza yönetimi açısından nütrientler karbon, azot ve fosfor gibi biyojeokimyasal döngüleri temsil eden ve besin ağının etkileyebilen temel bileşenler olarak adlandırılır [77].

-Nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$) ve amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$); içme ve kullanma suları ile yüzeysel suların ve kirlenmiş su kütlelerinin içerdiği çeşitli organik ve inorganik azotlu bileşiklerin ölçümü büyük önem taşımaktadır. Azotlu maddeler ilk aranması gereken kirlilik unsurları olmaktadır [77].

-Fosfor (P), yüzeysel suların kirlilik değerleri için bakılması gereken parametrelerden biridir. Su kalitesine etkilerinin büyük bir çoğunluğu su kaynakları çevresinde bulunan yaşam alanlarından, tarım alanlarından, evsel atık sulardan ve kanalizasyonların sızıntı sularından kaynaklanmaktadır [78].

Alkali ve toprak alkali metaller, periyodik tablonun ilk iki grubunda (1A ve 2A) yer alan, toprak profilindeki kimyasal süreçleri yöneten metallerdir. Ekolojik açıdan

ağır metaller ve nütrientler kadar önemli bir risk taşımasa da, su kalitesi indekslerinin toprak profilindeki birikme, tutunma gibi süreçleri doğrudan etkilemektedir.

-Sodyum (Na); yerkabuğunda en fazla bulunan elementlerdendir  nsan sağlığa açısından ve tat eşiği yönünden en normal ve önerilen sodyum miktarı 200 mg/L'dir [79].

-Kalsiyum (Ca); doğadaki başlıca kalsiyum kaynakları karbonatlar (kireçtaşı veya mermer) aragonit, dolomit, jips (alçı taşı), anhidrit ve apatit mineralleridir. Kalsiyum silikatlar hava ve yağmurun etkisiyle    nebi en kalsiyum tuzlarına ve kil minerallerine dönüşür. Genellikle sudaki kalsiyum iyonu kaynağını karbonatlı ve sülfatlı kalsiyum mineralleri teşkil eder. Bu nedenle sularda, çok değişik konsantrasyonlarda kalsiyum bulunabilir. Kalsiyum suya sertlik özelliği veren en önemli iyondur [79].

-Magnezyum (Mg); suyun sertliğini meydana getiren iyonlardan biridir. Sıcak sularda kırıl an bir kabuk meydana getirir [79].

Ağır metaller, yüzey sularında, antropojenik etkiler, evsel ve endüstriyel deşarjlar, zirai ilaçlar, ötrofikasyona neden olan besinlerin artışı, evsel kirlilik ve atmosfer yoluyla yüzey sularına ulaşan kirliliklerden etkilendiği gibi insan faktörü de önemli ölçüde etki etmektedir. Çevresel kalıcılıkları, toksisiteleri ve besin zincirlerine d hil olma yetenekleri nedeniyle sucul ekosistemlerin ciddi kirleticileri olarak kabul edilmektedir [80].

-Demir (Fe), en çok bulunan metallerden biri olmasına rağmen element olarak çok nadir rastlanmaktadır. Doğada en çok oksitlenmiş haliyle bulunmaktadır. Farklı formlardaki demir bileşikleri sert olmayan sularda pH değerini düşürmesiyle balıklarla zehir etkisini meydana getirmektedir [81]. Yerüstü su kaynakları için belirli kirleticiler ve çevresel kalite standartlarına göre, nehir ve g ller için maksimum değer 101  g/L olarak belirlenmiştir.

-Çinko (Zn), düşük konsantrasyonlarda bile su mikroflorasını olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Çinkonun, nikel ve bakırla beraber bulunması toksik özelliğini arttırmaktadır. Yerüstü su kaynakları için belirli kirleticiler ve çevresel kalite standartlarına göre, nehir ve g ller için maksimum değer 231  g/L olarak belirlenmiştir [81].

-Bakır (Cu), doğal su kaynaklarında, eğer metal içeren alanlarla temas söz konusu değil ise, genellikle düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Su kaynaklarında, kaya aşınması ya da endüstriyel kaynaklı olarak görülebilir [75]. Küçük canlılar için yüksek derecede zehir etkisi vardır. Çürüten organik madde içeren sularda sülfür, hafif alkali sularda hidroksit şeklinde çökelir [81]. Yerüstü su kaynakları için belirli kirleticiler ve çevresel kalite standartlarına göre, nehir ve göller için maksimum değer 3,1 µg/L olarak belirlenmiştir.

-Kurşun (Pb); kirlenmiş sularda konsantrasyonu düşük ise sudaki canlılar çok etkilenmemektedir. Yerüstü su kaynakları için belirli kirleticiler ve çevresel kalite standartlarına göre, nehir ve göller için maksimum değer 14 µg/L olarak belirlenmiştir [81].

Organik karbon, su ortamındaki organik bileşik miktarının ölçüsüdür. Karbon ve organik karbon içeriğince zengin sucul ortamlarda oksijen miktarı düşüktür. Organik karbon türevlerinin temel kaynakları çalışılan havzanın karakteristiğine bağlı olarak doğal veya antropojenik süreçler ile su ortamına dâhil olabilir.

-KOİ; su kalitesinin belirlenmesinde önemli bir parametredir. Su içindeki yükseltgenebilir maddelerin kimyasal yollarla oksitlenmeleri için gerekli olan oksijen miktarıdır. Belirli miktar numunedeki organik madde $K_2Cr_2O_7$ ile okside edilmektedir. Analiz aynı gün içerisinde sonuçlanmaktadır (Şekil 4.3). Nehir ve endüstriyel atıkların incelenmesi çalışmalarında kullanılır [63].

-BOİ; aerobik şartlarda bakterilerin organik maddeleri parçalaması için gerekli olan oksijen miktarıdır. Azot, fosfor ve bazı iz elementleri gibi gerekli besin maddeleri ortamda bulunmalıdır. Okside işlemi için gerekli ortam su numunesinde mevcut değilse aşılama yoluyla mikroorganizma ilave edilmektedir. Analiz beşinci günün sonunda sonuçlanmaktadır [63].

-TOK; organik kirleticiler, sularda çözünmüş olan oksijeni tüketerek kirlenmeye sebep olan maddelerdir. Hem doğal hem de suni tüm organik maddeleri içine alır. Partikül organik maddeler ve çözünür organik maddelerin toplamıdır [63].

Alkalinite, suların içerisindeki çözünmüş olan maddelerin asitlerle tepkimeye girme ve nötralleşme kapasitesidir. Doğal suların alkalinitesi, zayıf asitlerin

tuzlarından ileri gelir. Bunların başında yer alan bikarbonatlar, alkalinitenin en önemli şeklidir [63].

AKM, Sudaki çökebilir ve çökemeyen katı maddeleri ifade etmek için kullanılan bir parametredir. Suyun fiziksel kirlenmesine sebep olmaktadır. İnsan faaliyetleri sonucu ya da tarım arazilerinde meydana gelen erozyon vb. durumlar askıda katı madde miktarını arttırabilir. Artması durumunda bulanıklaşma, yoğunlaşma, ışık geçirgenliğinin azalması ve oksijen miktarının azalması nedeniyle su canlıları zarar görmektedir [63].



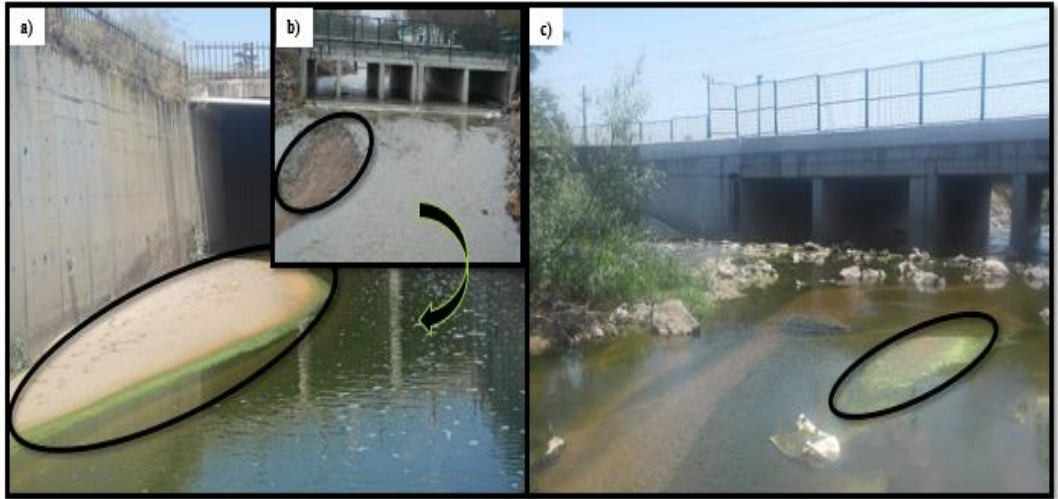
Şekil 4.3: Su kalitesinin laboratuvar ölçüm parametrelerinin analiz çalışması.

4.1.2.Nehir Yatağı Değişimi

Dünya'nın birçok yerinde taşkın kontrolü/yönetimi, habitatların korunması veya oluşturulması, olası su kirliliğinin engellenmesi, yeşil alanların artırılması, kıyı alanlarının korunması, erozyonun engellenmesi, tarımsal faaliyetlerin düzenlenmesi gibi birçok amaç ile nehir yatağı restorasyonu gerçekleştirilmektedir. Nehir yatağı bu gibi insan aktiviteleri ile değiştirilebilir iken, erozyon, debi değişimi, mendereslenme gibi uzun dönemli doğal varyasyonlar ile de değişime uğrayabilir. Hidromorfolojik çalışmalarda, antropojenik ve doğal faktörlerin etkisini bir arada incelenmek, nehir yatağındaki değişimin su kalitesine etkisini daha doğru yorumlanmasını sağlayacaktır. Bu nedenle, bizim çalışmamızda nehir yatağı değişiminin incelenen akarsuyun su kalitesine olan etkisi, sediment, mendereslenme, nehir içi bitki örtüsü ve organik atık, erozyon biriktirme karakteri, debi/akış, nehir içi yapay yapılar ve yeraltı suyu bağlantısı olmak üzere 8 alt başlıkta incelenmiştir.

Nehir geometrisini nehir yatağı içindeki jeolojik ve fiziksel süreçler oluşturmaktadır. Nehir geometrisi, doğal halinin korunması durumunda yüksek bir değişime uğramasa da antropojenik faaliyetler ile kısa bir süreç içinde değişebilmektedir. Örneğin, Meriç Nehri'nde yatak içindeki kum çekimi işlemlerinin yapılması nehrin hidrodinamik yapısını etkilemiş, göllenmeye bağlı birikimi ve erozyonu arttırıcı flüvyal süreçleri hızlandırmıştır [82]. Nehir geometrisinin insan kaynaklı olması halinde su kalitesi doğrudan etkilendiği söylenebilir. Bunun yanı sıra, mendereslenme, erozyon gibi doğal süreçler su kalitesini ancak uzun periyotlarda etkileyebilmektedir.

Sedimentler, havza genelinde birçok araştırmada kirlilik rezervuarı olarak bilinmektedir. Tane boyu dağılımına bağlı olarak, biyolojik reaksiyonların, ardışık redoks reaksiyonların, organik maddelerin O_2 , NO_3^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- ile etkileşimler gibi biyojeokimyasal reaksiyonların tümü sedimentler ile doğrudan ilişkilidir [83]. Ek olarak, nehir veya göllerde meydana gelen hidromorfolojik değişimler sedimentlerin birikimini, taşınımını ve kalitesini etkilemektedir. Örneğin, uzun yıllar boyunca endüstrileşen havzalarda nehir etrafındaki organik veya inorganik deşarjların artması sediment kalitesini olumsuz yönde etkileyeceği kaçınılmaz bir gerçektir. Şekil 4.4'de iki farklı izleme istasyonu için sediment örneği görselleştirilmiştir.



Şekil 4.4: Saz Deresi üzerinde sedimantolojinin gözlemlendiği örnek alanlar
a) ve b) SD-0-6 noktası, c) SD-0-1 noktası.

Mendereslenme, az eğimden kaynaklanan büyük kıvrımların uzun yol boyunca devam ettiği akarsular için kullanılmaktadır (Şekil 4.5). Mendereslerin sıklığı arttıkça

düşük akış koşullarının sıklığı artmakta ve buna bağlı olarak sediment taşınımında azalma olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 4.5: Saz Deresi üzerinde mendereslenme.

Nehir içi bitki örtüsü ve artıkları; azot ve fosfor gibi gübrelerin, yollarda buzlanma kontrolü için kullanılan tuzların, organik maddelerin ve ağır metaller gibi çözülmüş madde girişinin kontrolüne yardımcı olmaktadır [84], [85], [86]. Bu açıdan, nehir içi bitki örtüsü, organik atıkların tutulmasında dolayısıyla besin zincirinin ve madde döngülerinin düzenlenmesinde önemli bir indikatördür. Saz Deresi'nde nehir içi bitki örtüsünün bu konudaki etkileri Şekil 4.6'da görülmektedir.



Şekil 4.6: Saz Deresi'nde nehir içi bitki örtüsü ve organik atık kaynakları.

Erozyon biriktirme karakteri, toprak yapısına bağlı olarak kara yüzeyinde kayaçların parçalanması ile meydana gelen doğal taşınım mekanizmaları ile ilişkilidir (Şekil 4.7). Bunun yanı sıra, kıyı madenciliği gibi aktiviteler ile yüzey malzemesinin akarsu bünyesinde birikmesine neden olan antropojenik faaliyetler ile de ilişkilidir. Hidromorfolojik izlemelerde, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknikleri kullanılarak erozyon biriktirme karakterindeki değişim seviyesi belirlenebilir [87]. Bu durum, su kalitesindeki uzun dönemli değişimlerin yorumlanması için önemli bir havza sürecidir.



Şekil 4.7: Saz Deresi'nde erozyon biriktirme karakteri.

Debi, nehir veya akarsularda meydana gelen yüzeysel akış (debi), yeraltı suyunun beslenmesi, ana kayaçlarının parçalanması, sediment taşınımı, nehir içi bitki örtülerinde organik madde birikimi gibi havza içindeki süreçleri etkileyen en kritik parametrelerden bir tanesidir [58]. Akarsu debisi, ana kayanın yapısında bulunan majör elementler, sedimanların bünyesindeki ağır metallerin suya karışmasına ve taşınmasını hızlandırmaktadır. Örneğin, düşük akış koşullarında, su-kayaç tepkimelerinin artmasına ve ana kayacın yapısına bağlı olarak pH değerinin değişmesine neden olmaktadır [88]. Saz Deresi için aylık arazi gezilerinden debi ölçüm ve en kesit alan örneği Şekil 4.8’de görselleştirilmiştir.



Şekil 4.8: Saz Deresi için a) debi ölçümü ve b) en kesit alanı.

Nehir içi yapay yapılar, nehir/akarsu üzerinde yapılan köprü ayakları, kapalı kanal, set gibi mühendislik yapıları, akarsu yatağında meydana gelen erozyonların engellenmesi, su akışın azalması ile çökelti ve sedimantasyon problemlerinin negatif ve pozitif yönde etkileyebilmektedir. Rezervuarların beslendiği nehrin taşıdığı yüklerin depolanarak birikmesi yüksek sedimantasyona neden olmaktadır. Saz Deresi’nde özellikle demiryolları geçişleri için kullanılan köprüler, karayolları geçişleri için kullanılan köprüler, çarpık yapılaşma ile ilgili akarsu yatağına yapılan binalar, akarsu rejiminde olumsuz değişikliklere neden olabilmektedir (Şekil 4.9). Sedimanlarda ağır metal gibi uzun dönemli kirleticilerin birikmesine neden olmaktadır. Bu yapıların yapımında taşkınların ve su kalitesinin korunması amacı ile beslenen nehir üzerinde sürekli su kalite izlenimi yapılması ve olası en yüksek debi değerlerinin hesaplanması gerekmektedir.



Şekil 4.9: Saz Deresi’nde akarsu rejimini etkileyen nehir içi yapılar.

Yeraltı suyu, akarsu içindeki hidrolojik ve kimyasal süreçleri etkileyen en önemli faktörlerden biridir [89]. Hidromorfolojik değişim düzeyi belirlemede yeraltı suyu bağlantısı düzeyi hesaplanırken, akarsuyun zemindeki toprak tekstürü göz önüne alınmalıdır. Çünkü yüzey suyu ile yeraltı suyu arasındaki etkileşim derecesi toprak yapısı ile doğrudan ilişkilidir. Örneğin, kum ağırlıklı bir tekstüre sahip olan akarsu tabanında infiltrasyondan dolayı yüzey – yeraltı suyu arasında yüksek etkileşim söz konusudur. Hidromorfolojik değişim düzeyi çalışmalarında, günümüzde yoğun noktasal ve noktasal olmayan deşarjların akarsulara yapılması yüzeysel suların kalitesinde baskının artması ve bu nedenle su kalitesi değişen akarsuyun yeraltı suyunu etkilememesi için, yüzey ve yeraltı suyu arasındaki bağlantıyı kesmek için yapay zeminlerin inşa edildiği belirtilmiştir [90], [91]. Saz Deresi’nde özellikle mansap tarafındaki alüvyon zeminlerdeki yüksek infiltrasyondan dolayı yeraltı suları ile ilişkiyi kesmek için benzer yapılar inşa edilmesi gereği duyulmuştur (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: Saz Deresi içinde yeraltı suyuna süzülmeleri önlemek için geçirimsiz taban uygulamaları.

4.1.3.Nehir Kıyısı / Kenarı Değişimi

Hidromorfolojik değişim çalışmalarında, havzaların bütüncül bir şekilde incelenmesi amacı ile nehir kıyısı/kenarı değişimi de göz önüne alınmıştır [92]. Doğal süreçlerden ziyade insan aktivitelerinden görece daha çok etkilenen nehir kenarlarının arazi gözlemleri ile belirlenmesi ve uydu görüntüleri ile valide edilmesi hidromorfolojik değişim düzeyinin sürdürülebilir izlenmesi için elzemdir. Bu çalışmada, saha gözlemleri ile nehir kıyısı/kenarı değişimin su kalitesine etkisini tespit etmek için 3 alt başlık belirlenmiştir.

Nehir kenar materyali terimi, nehir ve akarsulardaki taşkınları ve sedimentasyonu engellemek amacı ile nehir kenarlarına eğimi düşük duvarları veya su ile düşük tepkimeye giren kayaları temsil etmektedir (Şekil 4.11). Bu durum, düşük akış koşullarında oluşan sedimentasyonu önlemekte iken, organik maddenin tutulmasında önemli rol oynayan vejetasyonun seyrletmektedir.



Şekil 4.11: Saz Deresi'nde a) SD-0-1 noktasında nehir kenar materyali yapım aşaması ve b) SD-0-6 noktasının devamında nehir kenar materyali.

Kıyı bölgesi yapay yapılar, öncelikle akarsuyun taşkınının önlenmesi, akarsu yatağındaki değişimlerin engellenmesi için yapılmakla beraber ticari, ulaşım, endüstri, yerleşme, rekreasyonel, kültür ve eğitim amaçlı kullanılması şeklinde inşa edilebilir (Şekil 4.12). Bu amaçlar gerçekleştirilirken doğru şekilde planlanması ve ekolojik duruma zarar vermemesi gerekmektedir. Bu tip yapılar çoğu zaman çeşitli amaçlarla yer kazanmak için yapılan yapılardır.



Şekil 4.12: Saz Deresi taşkın önleme amaçlı kıyı yapay yapılar.

Kıyı bölgesi bitki örtüsü, bir otlak veya tarla şeklindeki dar bir ağaç şeridinden, büyük bir taşkın ormanına kadar değişebilir. Çok sık daha kısa boylu bitki türlerini içermektedir. İçerisinde ve çevresinde bulundurduğu bitki örtüsü, toprak oluşumuyla suyun muhafaza edilmesi ve erozyonu engelleme açısından çok önemli bir parametredir. Doğal etkiler ve insan etkileri sebebiyle zamanla farklı formlara dönüşebilmektedir. İklim, toprak faktörü, topoğrafya faktörü ve biyotik faktörler doğal bitki örtüsünü etkileyen faktörlerdir. Saz Deresi kıyı bölgesi bitki örtüsü ağırlıklı olarak kavak ağacından çam ağacına, bodur bitkilere, sazlıklara ve geniş otlaklara ev sahipliği yapmaktadır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13: Saz Deresi'nde yüksek ağaç, sazlık ve otlaklardan oluşan kıyı bölgesi bitki örtüsü.

4.1.4. Taşkın Bölgesi Değişimi

Akarsu taşkınları dünyanın pek çok yerinde maddi ve manevi büyük kayıplara neden olan doğal afetlerdir. Bir bölgeye çok şiddetli yağmur yağması ya da kar tabakasının erimesiyle su miktarının hızla arttığı gözlemlenir. Su miktarının artmasıyla taşkın debisi artmaktadır. Akarsu yatağının etrafında yaşayan insanlara ve diğer canlılara, yerleşim yerlerine ya da tarım arazilerine zarar vermektedir. Bölgenin topoğrafik ve iklim şartlarına bağlı olarak gerçekleşse de taşkın oluşumunda insan faktörünün etkisi de vardır. Zemini geçirimsizliği, yüzeyi kaplayan bitki örtüsü ve arazi şekilleri taşkın büyüklük ve şiddetini önemli derecede etkilemektedir. Hidromorfolojik çalışmalarda, taşkın bölgesi değişimin su kalitesine etkisini tespit etmek için 3 alt başlık belirlenmiştir.

Taşkın bölgesinde yapılan yapay yapılar, kıyı bölgesi yapay yapıları ile aynı özelliklere sahiptir. Taşkın alanlarında inşa edilen yapılar (fabrika, konut vb.) yoğun yağışlardan çok, akarsu alanını daralttığı için çok daha az yağışlarda bile taşkın olma ihtimalini arttırmaktadır. Bunun yanında taşkın alanlarındaki yapılan bu tip yapılar çoğu zaman atıksularını arıtılmış veya arıtılmamış doğrudan akarsuya yapmaktadır. Saz Deresi'nde de taşkın alanında inşa edilmiş birçok yapıya rastlanmaktadır (Şekil 4.14). Bu durum düzensiz ve çarpık kentleşme sonucudur.



Şekil 4.14: Saz Deresi'nde taşkın bölgesindeki yapılar ve deşarj noktası.

Taşkın bölgesinde bitki örtüsü, bölgenin biyoçeşitliliği için önemli bir unsurdur. Nehir kıyısı/kenarına göre biyoçeşitlilik daha fazladır. Taşkın bölgesindeki bitki örtüsü taşkın ve erozyonu önleme açısından büyük etkiye sahiptir. Saz Deresi taşkın

alanı içerisinde ağırlıklı olarak otsu, sarmaşık, çiçekli bitkiler bulunmakla beraber son yıllarda ağaçlandırma çalışmaları önem kazanmıştır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15: Saz Deresi taşkın bölgesindeki doğal bitki örtüsü ve ağaçlandırma çalışmaları.

Taşkın bölgesi sulak alanlar, doğal veya yapay, mevsimsel ya da sürekli olarak gözlemlenen, durgun veya akan su alanları olarak tanımlanmaktadır [93]. Sulak alanlar karasal ve sucul ekosistemler arasında bağlantı kurmaktadır. Sulak alanlar havza dinamikleri arasında en hassas yapıya sahip olan yapılardan bir tanesidir. Sulak alanların hidrolojik yapısında meydana gelebilecek herhangi doğal veya yapay değişiklik, bu alanlara bağımlı diğer ekosistemlerin de hidrolojik yapısını etkilemektedir. Hidrolojik yapıdaki bu değişiklik, bu alanlardaki su miktarını etkileyebileceği gibi suyun fiziksel ve kimyasal kalitesine de doğrudan etkisi söz konusudur.

4.1.5.Havza / Vadi

Nehir veya akarsu havzaları, nehrin kaynağı (membra) ile denize döküldüğü nokta (mansabı) arasında nehri besleyen tüm kaynakları kapsayan doğal sınırlardır. Bu doğal sınırları oluşturan tüm fiziko-kimyasal süreçler havza hidromorfolojisini tanımlamaktadır. Örneğin, havza içindeki drenaj yoğunluğu yan kollarının katılımıyla akarsu mansabında yükselmesi beklenen bir durumdur. Ancak ıslah çalışmaları, yeraltı suyu bağlantısının kesilmesi gibi süreçlerle hidromorfolojik değişimlere sebep olmaktadır. Bu çalışmada havzanın hidromorfolojik değişimleri arazi kullanımı, akış

sırası, drenaj yoğunluğu ve kompaktlık katsayısı geçmişten günümüze göz önüne alınarak incelenmiştir.

Arazi kullanımında, tarım, yerleşim alanı ve sanayi tesisleri havza hidrolojik sistem üzerinde etkili olmaktadır. Aynı durum Saz Deresi'nde çarpıcı örneklerle ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.16). Bir araziyi kullanmadan önce bulunduğu havzanın koşul ve kullanım amaçlarına göre planlanması gerekmektedir. Bu koşullar dikkate alınmadığı takdirde arazilerde bozulma, su kirliliği ve doğal felaketler gözlenmektedir. Arazilerin doğru kullanılması arazide oluşacak erozyonun önlenmesini ve su kalitesinin istenilen seviyeye ulaşmasını sağlamaktadır.



Şekil 4.16: Saz Deresi arazi kullanımının havza hidrolojisi üzerine etkisi.

Akış sırası, havza/vadi sisteminde derenin membasından mansabına doğru katılan dere kollarıyla artan bir değerdir. Mansaptaki yüksek akış sırası değeri derenin çok sayıda dere kolundan beslendiğini gösterir. Saz Deresi'nde havza sınırları içinde çok sayıda dere kolundan bahsedilmesi mümkündür (Şekil 4.17).



Şekil 4.17: Saz Deresi için akış sırası.

Drenaj yoğunluğu, 1 km²'ye düşen ortalama akarsu uzunluğu olarak tanımlanmaktadır. İklim şartları ve akarsu uzunluğu drenaj yoğunluğunu etkilemektedir. Drenaj yoğunluğu yüksekse iyi gelişmiş bir drenaj sistemine ve yüzeysel akışın hızlı olduğunu göstermektedir.

Kompaktlık katsayısı, havzanın çevresi ile alanı arasındaki ilişkiyi gösteren bir katsayıdır. Bir havza çevresinde kanal açma, ulaşım tünelleri gibi farklı bölgelerle bağlantı sağlayacak faaliyetler yapılmadığı sürece kompaktlık katsayısının değişime uğraması zordur.

4.2.Referans Düzeylerin Belirlenmesi

Bir akarsuyun referans düzeyi, havzanın doğal veya antropojenik aktiviteler ile tahrip olmadan önceki halini temsil etmektedir. Saz Deresi'nde referans düzeyi belirlenen ana kriterler; su kalitesi, nehir yatağı, nehir kıyısı/kenarı, taşkın bölgesi ve havza/vadidir.

Su kalitesi parametrelerinin referans düzeyini belirlemek amacı ile Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinin Ek-5'inde yer alan I. Sınıf su kalitesi değerleri referans seviye olarak kabul edilmiştir (Tablo 4.1). Yönetmelikte sınır değeri bulunmayan; ORP, AKM, Alkalinite, Sodyum, Magnezyum ve Kalsiyum parametreleri için ise havza içerisinde kirlenmemiş su kaynağı olarak belirlenen referans noktasındaki ölçüm değerleri dikkate alınmıştır. Nehir yatağı kriteri altındaki debi/akış alt kriterinin referans düzeyi, Saz Deresi üzerindeki DSİ debi ölçüm istasyonunun 1982-1986 yılları

arasındaki ölçüm verileri baz alınarak belirlenmiştir. Nehir yatağı kriterinin diğer alt kriterleri ve kıyı/kenar kriterinin tüm alt kriterlerinin referans düzeyleri, bölgede yaşamış ve geçmişte Saz Deresini gözlemlemiş kişilerle yapılan görüşmeler ile belirlenmiştir.

Tablo 4.1: Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri.

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları		
	I	II	III
Genel Şartlar			
pH	6-9	6-9	6-9
İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	< 400	1000	3000
A) Oksijenasyon Parametreleri			
Çözünmüş Oksijen (mg O/L)	>8	6	3
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	<25	50	70
Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	<4	8	20
B) Nutrient (Besi Maddesi) Parametreleri			
Amonyum azotu (mg NH_4 - N/L)	<0,2	1	2
Nitrat azotu (mg NO_3 - N/L)	< 5	5-10	10-20
Toplam fosfor (mg P/L)	<0,03	0,16	0,65
C) İz Elementler (Metaller)			
Bakır ($\mu\text{g Cu/L}$)	≤ 20	20-50	50-200
Çinko ($\mu\text{g Zn/L}$)	≤ 200	500	2000
Demir ($\mu\text{g Fe/L}$)	≤ 300	1000	5000
Kurşun ($\mu\text{g Pb/L}$)	≤ 10	10-20	20-50

Nehrin taşkın bölgesi ve havzası, nehir yatağı ve kıyısına göre daha geniş alanlar kapladığından, bu bölgelerin hava fotoğrafları ve topoğrafik haritaları referans düzeyinin belirlenmesi için kullanılabilir. Saz Deresi'nin taşkın bölgesi ve havzası için referans düzeyleri belirlenirken 1968 yılına ait uydu fotoğrafları ve 1957 yılına ait topoğrafya haritalarından faydalanılmıştır.

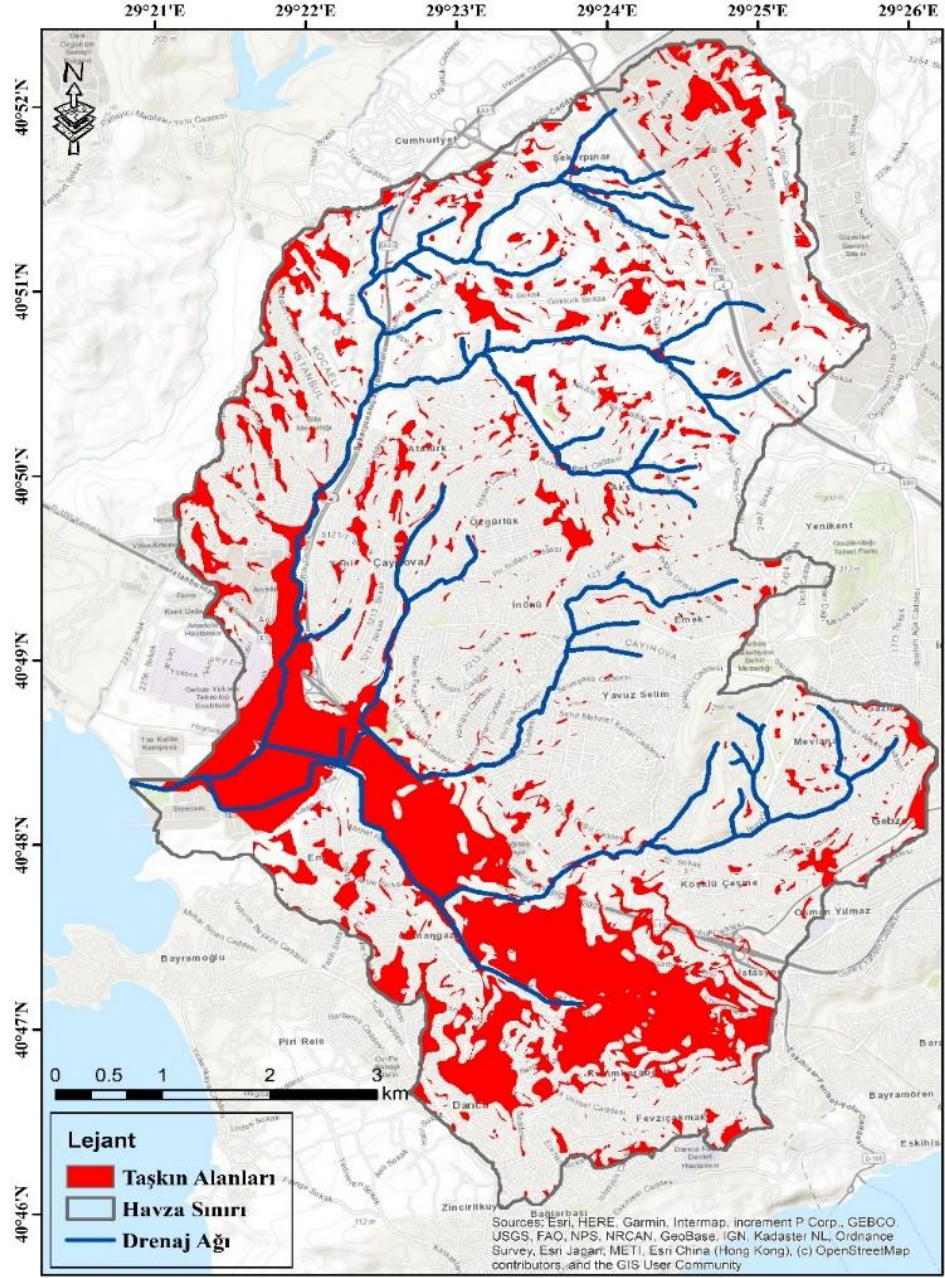
4.3. Değişim Düzeylerinin Belirlenmesi

Bir akarsuyun değişim düzeyi, doğal halini temsil eden hidromorfolojik durum (Referans düzey) ile güncel hidromorfolojik durum arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Akarsuların hidromorfolojik değişim düzeyi, arazi çalışmaları, mekânsal verilerin Coğrafi Bilgi Sistemleri gibi platformlarda yapılandırılması, uzaktan algılama teknolojileri ve fiziksel modelleme teknikleri kullanılarak nicel

olarak belirlenebilir. Bu çalışmada kriterlerin referans düzeye göre değişimleri yüzde olarak hesaplanmış ardından EN 15843 Standardına göre değişim seviyeleri belirlenmiştir.

Saz Deresi'nin hidromorfolojik değişimi; kanal, kıyı/kenar, taşkın bölgesi ve havza/vadi bölümleri için ayrı ayrı belirlenmiştir. Kanal ve kıyı/kenar bölümündeki kriterlerin değişimleri saha çalışmaları sırasındaki gözlemler ile tespit edilmiştir.

Taşkın bölgesi ve havza kriterlerinin değişim düzeyleri; eski ve yeni tarihli hava fotoğrafları, uydu görüntüleri, vektör arazi kullanım verileri ve topoğrafik haritalar kullanılarak hesaplanmıştır. Bu amaçla öncelikle, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verisinden faydalanılarak Saz Deresi'nin taşkın bölgeleri haritalandırılmıştır (Şekil 4.18). GIS ortamında SYM verisinden türetilen eğim verisinde dört dereceden daha düşük eğime sahip bölümler taşkın alanı olarak tanımlanmıştır [94]. Şekil 4.18'de görüldüğü gibi Saz Deresi'nin önemli taşkın alanları E-5 Karayolu'nun güneyinde yoğunlaşmaktadır. Taşkın alanı içerisinde kalan alt kriterlerin değişim düzeyleri, 1968 tarihli hava fotoğrafları ve güncel uydu görüntülerindeki veriler karşılaştırılarak hesaplanmıştır. Saz Deresi'nin Havza alt kriterlerinin (arazi kullanımı, drenaj yoğunluğu, akış sırası, kompaktlık katsayısı) değişim düzeylerinin belirlenebilmesi için havzanın SYM verisi kullanılmıştır. Eski ve yeni tarihli SYM verisi GIS ortamında analiz edilerek belirtilen kriterlerdeki değişim yüzdeleri hesaplanmıştır.



Şekil 4.18: Saz Deresi Havzası taşkın alanları.

Tüm hidromorfolojik kriterlerin değişim yüzdeleri hesaplandıktan sonra bu kriterlerin önem derecesine göre ağırlıklandırıldığı bir nihai değişim düzeyi belirleme yaklaşımı benimsenmiştir. Her bir kriterin önem düzeyinin belirlenebilmesi için konu ile ilgili meslek alanlarından kişiler ile anket çalışması yapılmıştır. Anket çalışmasının detayları Bölüm 4.4’de sunulmuştur. Tüm kriterlerin değişim yüzdeleri ve ağırlıkları göz önünde bulundurularak nihai değişim düzeyi hesaplanmıştır.

Değişim düzeylerinin EN 14614 standardında önerilen renk kodları kullanılarak bir harita üzerinde gösterilmesi gerekmektedir [95]. Buna göre, elde edilen nihai

değişim düzeyinin gösterimi için bu yöntem referans alınmıştır (Tablo 4.2). Beş aşamalı olarak dizayn edilen sınıflamaya göre değişmişlik düzeyleri Tablo 4.2’ de sırasıyla verilmiştir.

Tablo 4.2: Değişim düzey seviyesi belirlemek için beş sınıflandırılmalı skala.

Puan	Sınıf	Açıklama	Harita Rengi
< 1,5	1	Doğala yakın	Mavi
1,5 - 2,5	2	Düşük derece değişim	Yeşil
2,5 - 3,5	3	Orta derece değişim	Sarı
3,5 - 4,5	4	Yüksek derece değişim	Turuncu
> 4,5	5	Aşırı derece değişim	Kırmızı

Hidromorfolojik değişim düzeyi belirleme çalışmasının son aşamasında, su kalite parametrelerinin etkisinin belirlenebilmesi amacıyla her bir parametrenin tek başına olan etkisi göz önüne alınarak tüm su kalitesi parametreleri için ayrı ayrı değişim düzeyi seviyeleri hesaplanmıştır.

4.4.Anketlerin Oluşturulması

Hidromorfolojik değişim düzeyinin skorlanmasına yönelik çalışmalarda niteliksel verilere de ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmalarda anket yöntemi de önerilmektedir [96]. Anketlerin multi-disipliner bir yaklaşımla gerçekleştirilmesi, çıktıların daha objektif bir düzeyde incelenmesine olanak sağlar. Anket soruları, kriterlerin AHP yaklaşımındaki ikili karşılaştırmalar ile önem derecelerinin belirlenmesine yönelik olarak hazırlanmıştır. Hidromorfolojik kavramının hidroloji, su, jeoloji, harita gibi bilim dalları ile direkt ilişkili olduğu düşünüldüğünde, anketlerin doğru bir bilimsel altlıkta incelenmesi için çeşitli disiplinlerden katılımcıların seçilmesi elzemdir. Bu tez kapsamında, lisansüstü eğitimlerine (Yüksek Lisans ve Doktora) devam eden toplam veya araştırmacı olarak çalışan 30 kişi ile anket çalışması yapılmıştır (Tablo 4.3). Ayrıca, konu ile ilgili gerekli literatür çalışmaları anket ile birlikte katılımcılara ulaştırılmıştır.

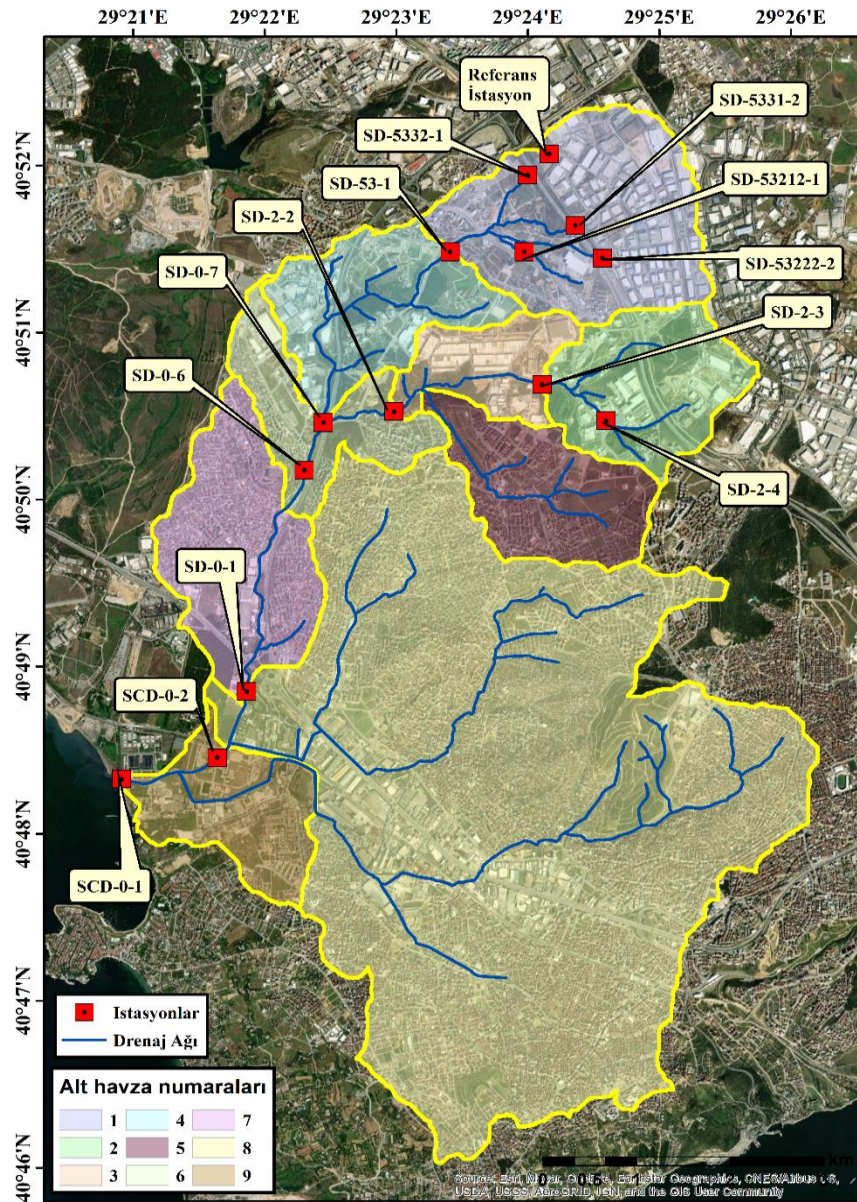
Tablo 4.3: Katılımcıların meslek grubu ve eğitim durumu dağılımları

Meslek Grubu	Yüksek Lisans	Doktora
Çevre Mühendisi	8	6
Harita Mühendisi	3	1
Meteoroloji Mühendisi	1	1
İnşaat Mühendisi	2	1
Malzeme ve Metalürji Mühendisi	1	1
Jeoloji Mühendisi	1	-
Eczacılık	-	1
Coğrafya	1	1
Mimarlık	-	1

5.BULGULAR

5.1.Su Kalitesi İzleme Çalışmalarının Sonuçları

Tez kapsamında su kalitesi izleme çalışmalarının gerçekleştirilebilmesi için örneklerin toplandığı ve debi ölçümlerinin yapıldığı, ölçüm istasyonları ve referans noktası için alt havza sınırları ve konumları Şekil 5.1’de görselleştirilmiştir. Çalışma kapsamında 9 alt-havza oluşturulmuş ve bu havza sınırlarının içerisindeki hidromorfolojik değişimler değerlendirilmiştir.

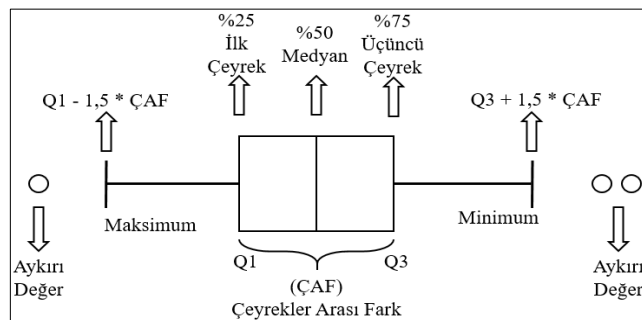


Şekil 5.1: Saz-Çayırova Havzası'nın referans düzeylerinin belirlenmesi amacı ile oluşturulan dokuz alt havza ve izleme istasyonlarının konumları.

Alt havza-1 içerisinde yer alan istasyonlar sırasıyla SD-5331-2, SD-53212-1, SD-53222-2, SD-5332-1, SD-53-1'dir. Alt havza-2'de yer alan SD-2-3 ve SD-2-4'dür. Alt havza-3 ve Alt havza-4'ü temsil eden istasyonlar sırasıyla SD-2-2 ve SD-0-7'dir. Alt havza-5 TÜBİTAK projesinde hidromorfolojik değişim daha yüksek çözünürlükte incelendiğinden dolayı oluşturulmuştur. Fakat buradaki istasyonda 3 ay süreli ile ölçüm alınmadığından Alt havza-5 su kalitesi bakımından bu bölüm içerisinde incelenmemiştir. Alt havza-6 ve Alt havza-7 içerisinde konumlandırılan istasyonlar sırasıyla SD-0-6 ve SD-0-1'dir. Alt havza-8'in çıkışını temsil eden istasyon SCD-0-2 iken, Alt-havza-9 SCD-0-1 istasyonu ile temsil edilmektedir.

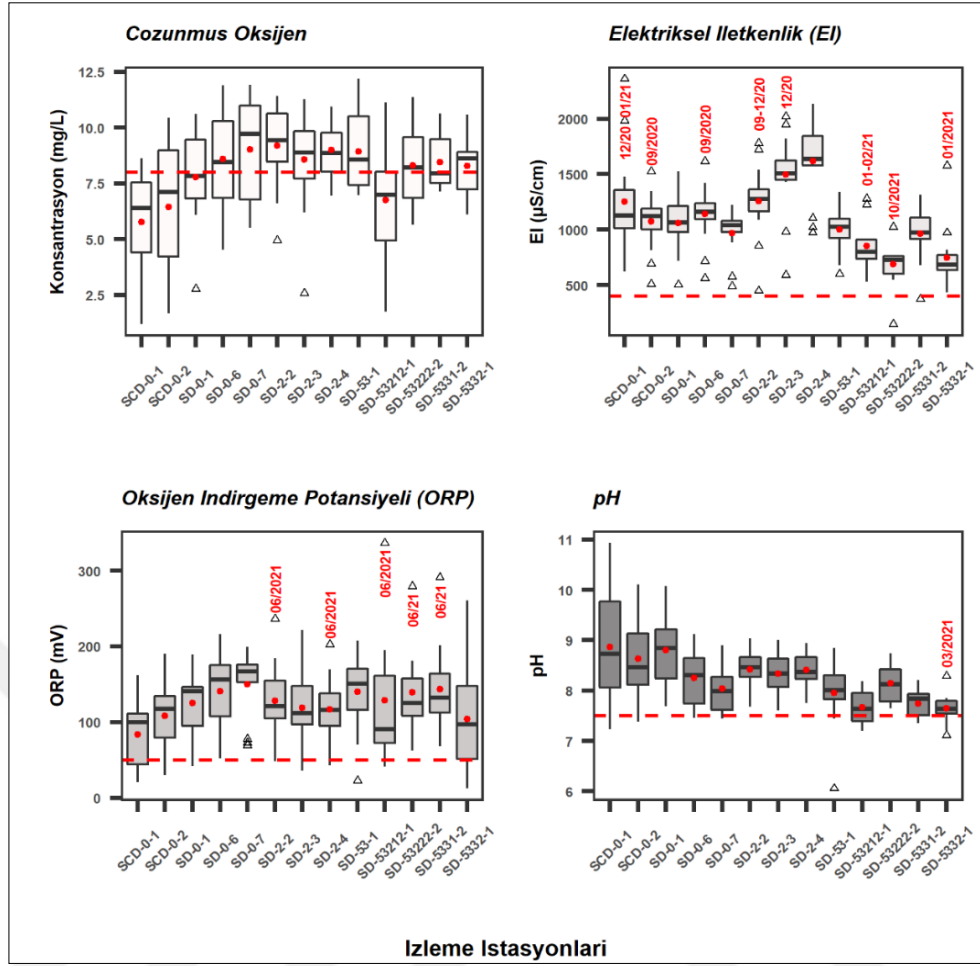
Saz Deresi boyunca ölçülen su kalite parametrelerinden oluşan veriseti 14 aylık (Haziran 2020 – Temmuz 2021) periyotta 19 su kalite parametresinden ve 13 ölçüm istasyonundan oluşmaktadır. İncelenen bu veriseti 3,458 (14 ay x 19 parametre x 13 istasyon) boyutundadır. Gözlemsel veri analiz metotlarında bu tip veri setlerinin kutu grafik şeklinde görselleştirilmesi önerilmektedir [97]. Kutu grafiklerde veri setinin iç değişikliğine odaklanıldığından dolayı zamansal değişim gösterilememektedir. Bu sorunun çözümü için aykırı değer olarak tanımlanabilen veri değişkenliğine nazaran yüksek konsantrasyonların gözlemlendiği aylar grafiklere manuel olarak ilave edilmiştir. Ayrıca, medyan ve ortalama değerlerinin birbirlerine göre durumunun da değerlendirilebilmesi amacıyla her bir parametrenin ortalama değeri grafiklere eklenmiştir.

Kutu grafikler, veri setinin 1. çeyreğini ve 3. çeyreğini temsil eden alt ve üst çizgilerden ve medyan değerini gösteren orta çizgiden oluşur. Üst bıyık, üst çizgiden en fazla 3. ve 1. çeyrekler arasındaki farkın (ÇAF) 1.5 katı kadar uzanabilir. Benzer şekilde, Alt bıyık ise ÇAF'nın 1.5 katı kadar aşağı uzanabilir (Şekil 5.2). Bıyıkların uzanabildiği maksimum değerin ötesindeki veriler aykırı değer olarak tanımlanır. Bir başka deyişle, %95 güven aralığının dışındaki değerleri temsil eder [98].



Şekil 5.2: Taslak kutu grafiği.

Saz Deresi boyunca izlenen ve analiz edilen su kalite süreçlerinden ilk etapta yerinde ölçüm parametreleri görselleştirilmiştir (Şekil 5.3). Çözülmüş oksijen (ÇO) parametresinin alansal değişimi görece düşüktür. İstasyonlar arasında en düşük ÇO değeri SCD-0-1 istasyonunda 5.8 mg/L ölçülmüş iken, en yüksek ÇO konsantrasyonu SD-2-2 istasyonunda 9.2 mg/L olarak tespit edilmiştir. SCD-0-1 istasyonu derenin Marmara Denizi'ne döküldüğü ve havza genelinden kaynaklanan tüm noktasal ve yayılı yükleri temsil ettiği göz önüne alındığında, bu istasyonda gözlemlenen ortalama en düşük ÇO konsantrasyonu beklenen durumdur. Ayrıca, yüksek ÇO konsantrasyonlarında aykırı bir değer gözlemlenmemiştir. Düşük ÇO değerlerinde, SD-0-1, SD-2-2, SD-2-3 istasyonları özelinde sırasıyla 2.7 mg/L, 4.9 mg/L, 2.6 mg/L ölçülen değerler istatistiksel olarak %95 güven aralığının dışındadır. Bu çalışma kapsamında belirlenen ÇO referans konsantrasyonundan (8 mg/L) görece daha iyi seviyeye sahip istasyonlar sırasıyla SD-0-6, SD-0-7, SD-2-2, SD-2-3, SD-2-4, SD-53-1, SD-53222-2, SD-5331-2 ve SD-5332-1'dir.



Şekil 5.3: Saz Deresi havzası genelinde izlenen yerinde ölçüm parametrelerinin alansal ve zamansal değişimi.

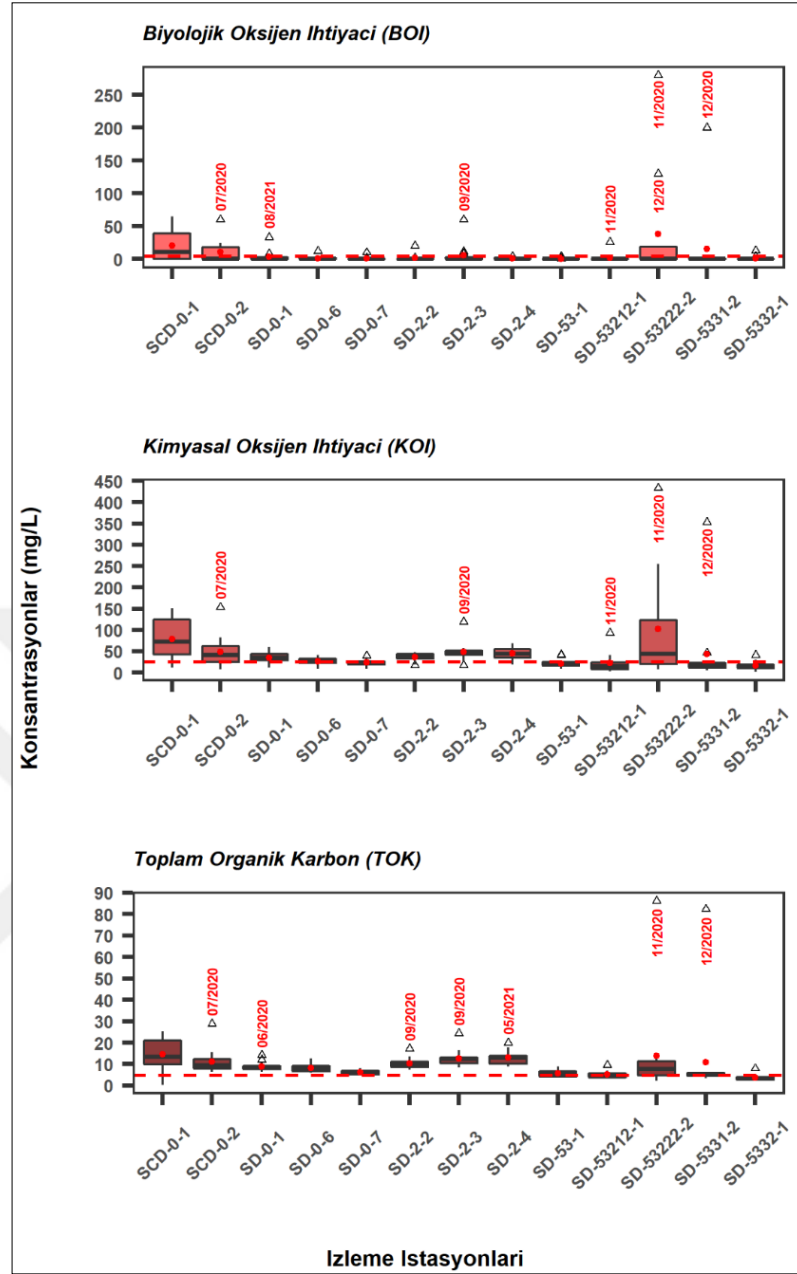
SD-2-4 ve SD-2-3 istasyonlarında ölçülen ortalama elektriksel iletkenlik (EI) değerleri sırasıyla 1618 ve 1496 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olmakla beraber havza genelinde en yüksek ortalama EI değerleri bu istasyonlarda gözlemlenmiştir. En düşük ortalama değerler 691 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 672 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olmakla beraber sırasıyla SD-5322-2 ve SD-5331-2 istasyonlarında gözlemlenmiştir. Ocak 2020 tarihinde SCD-0-1, SD-53212-1 ve SD-5332-1 ölçüm noktalarında, Eylül 2020 tarihinde SCD-0-2, SD-0-6 ve SD-2-2 ölçüm noktalarında aykırı değerler gözlemlenmiştir. Düşük EI değerlerinde, SD-5322-2 ve SD-5331-2 ölçüm noktaları özelinde sırasıyla 197 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 392 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ölçülen değerler istatistiksel olarak %95 güven aralığının dışındadır. Bu çalışma kapsamında tüm ölçüm noktalarındaki ölçümler belirlenen EI referans değerinden (400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Oksijen indirgeme potansiyeli (ORP) parametresinin alansal değişimi görece düşüktür. SD-0-6 ölçüm noktasında ortalama ORP değeri 182 mV olmakla beraber

havza genelinde en yüksek ortalama deęerine sahiptir. En dūřuk ortalama deęeri ise SCD-0-1 ۆlęüm noktasında olup deęeri ise 96 mV olarak tespit edilmiřtir. Haziran 2021 tarihinde SD-2-2, SD-2-4, SD-53212-1, SD-5322-2 ve SD-5331-2 ۆlęüm noktalarında aykırı deęerler gözlemlenmiřtir. SD-53-1 ۆrnekleme noktası ise, 34 mV deęeri ile istatistiksel olarak %95 gūven aralıęının dıřındadır. Bu alıřma kapsamında tūm ۆlęüm noktalarındaki deęerler belirlenen ORP referans deęerinden (49,7 μ S/cm) yūksek olduęu tespit edilmiřtir.

pH parametresinin alansal deęiřimi gۆrece dūřuktur. En yūksek ortalama deęer SCD-0-1 ۆlęüm noktasında olup deęeri 8,92'dir. En dūřuk ortalama deęer ise, SD-5332-1 ۆlęüm noktasında gözlemlenmiř ve deęeri 7,6 olduęu tespit edilmiřtir. Dūřuk pH deęerinde SD-53-1 ve SD-5332-1 ۆlęüm noktalarında sırasıyla 6,06 ve 7,21 ۆlęülen deęerler istatistiksel olarak %95 gūven aralıęı dıřındadır. Mart 2021 tarihinde ise SD-5332-1 ۆlęüm noktasında aykırı deęer gözlemlenmiřtir.

Saz Deresi boyunca izlenen ve analiz edilen su kalite sūrelerinden ikinci etapta organik karbon tūrevleri gۆrselleřtirilmiřtir (řekil 5.4). Biyolojik oksijen ihtiyaı parametresinde, en yūksek ortalama BOİ konsantrasyonu SD-53222-2 ۆlęüm noktasında 38,25 mg/L, en dūřuk SD-53-1 ۆlęüm noktasında 0,357 mg/L olarak tespit edilmiřtir. Yūksek BOİ konsantrasyonlarında aykırı deęerler gözlemlenmiřtir. Bu alıřma kapsamında belirlenen BOİ referans konsantrasyonundan (4 mg/L) gۆrece daha iyi seviyeye sahip ۆlęüm noktaları sırasıyla SD-0-1, SD-0-6, SD-0-7SD-2-2, SD-2-4, SD-53-1, SD-53212-1 ve SD-5332-1'dir.



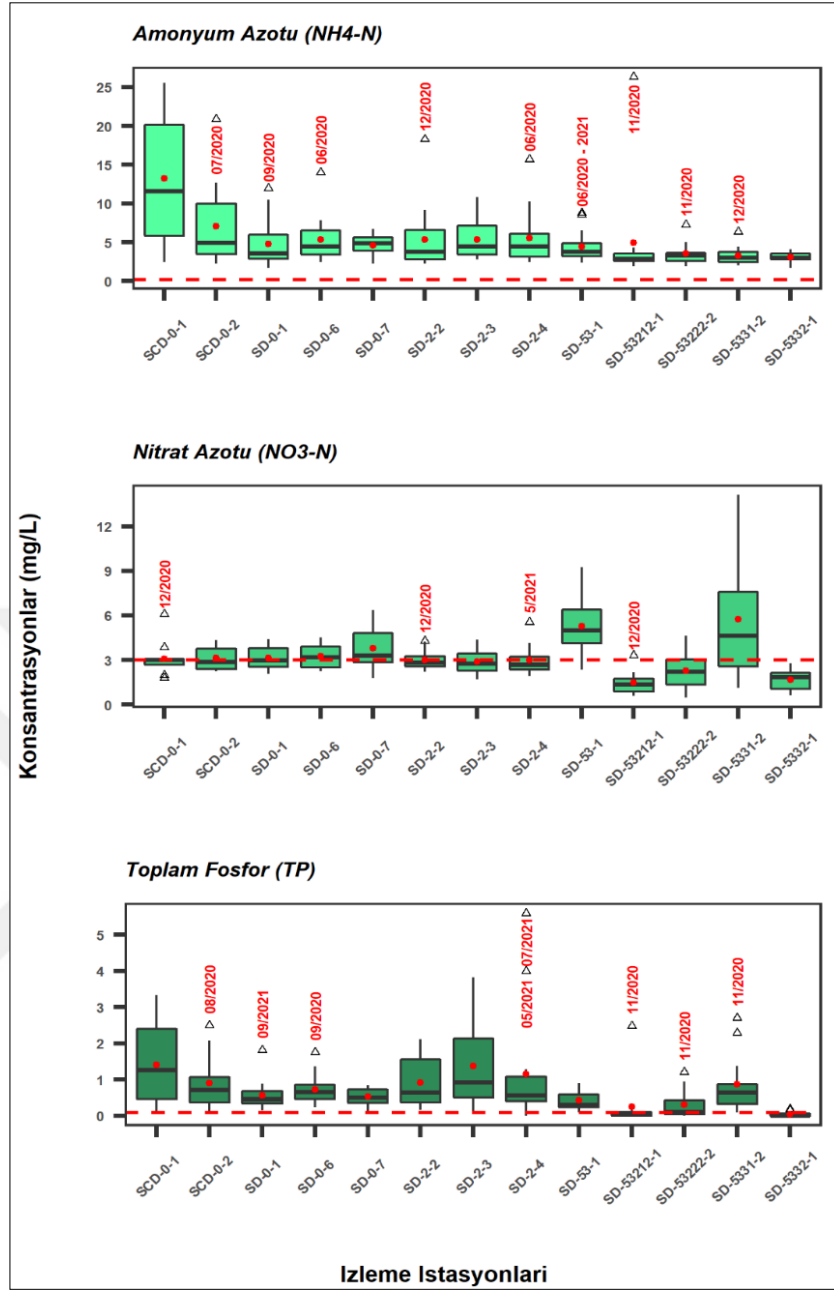
Şekil 5.4: Saz Deresi havzası genelinde ölçülen organik karbon türevlerinin alansal ve zamansal değişimi.

Kimyasal oksijen parametresinde, en yüksek ortalama KOİ konsantrasyonu SD-53222-2 ölçüm noktasında 101,85 mg/L olduğu tespit edilmiştir. En düşük ortalama konsantrasyon değeri ise SD-5332-1 ölçüm noktasında 16,66 mg/L olarak belirlenmiştir. Görece olarak daha çok kış aylarında aykırı değerler gözlemlenmiştir. Yüksek KOİ değerinde, SCD-0-2, SD-2-3, SD-53212-1, SD-53222-2 ve SD-5331-2 ölçüm noktalarında sırasıyla 153,52 mg/L, 119,35 mg/L, 92,80 mg/L, 433,20 mg/L ve 353,20 mg/L ölçülen değerler istatistiksel olarak %95 güven aralığının dışındadır. Düşük KOİ değerinde, SD-2-2 ve SD-2-3 ölçüm noktalarında sırasıyla 17,20 mg/L ve 16,80

mg/L ölçülen değerler istatistiksel olarak %95 güven aralığının dışındadır. Çalışma kapsamında belirlenen KOİ referans konsantrasyonundan (25 mg/L) görece daha iyi seviyeye sahip ölçüm noktaları sırasıyla SD-0-7, SD-53-1, SD-53212-1 ve SD-5332-1'dir.

Toplam organik karbon parametresinin (TOK) alansal değişimi görece düşüktür. En yüksek ortalama konsantrasyon değeri SCD-0-1 ölçüm noktasında 14,49 mg/L'dir. En düşük ortalama konsantrasyon değeri ise, SD-5332-1 ölçüm noktasında 3,65 mg/L'dir. Diğer aylara nazaran Eylül 2020 tarihinde aykırı değer fazla olduğu tespit edilmiştir. Yüksek TOK değerinde, SD-53222-2 ve SD-5331-2 ölçüm noktalarında sırasıyla 86,10 mg/L ve 82,30 mg/L ölçülen değerler istatistiksel olarak %95 güven aralığının dışındadır. Düşük TOK konsantrasyonlarında aykırı bir değer gözlemlenmemiştir. Çalışma kapsamında belirlenen TOK referans konsantrasyonundan (4,76 mg/L) görece daha iyi seviyeye sahip ölçüm noktası SD-5332-1'dir.

Saz Deresi boyunca izlenen ve analiz edilen su kalite süreçlerinden üçüncü etapta nütrient türevleri görselleştirilmiştir (Şekil 5.5). Amonyum azotu parametresinde ($\text{NH}_4\text{-N}$) en yüksek ortalama amonyum konsantrasyonu SCD-0-1 ölçüm noktasında 13,25 mg/L'dir. En düşük ortalama konsantrasyon değeri ise SD-5332-1 ölçüm noktasında 3,07 mg/L'dir. Düşük amonyum azotu konsantrasyonlarında aykırı bir değer gözlemlenmemiştir. Yüksek konsantrasyon açısından ise Haziran 2020 tarihinde SD-0-6, SD-2-4 ve SD-53-1 ölçüm noktalarında sırasıyla, 14 mg/L, 15,68 mg/L ve 8,57 mg/L ölçülen değerler istatistiksel olarak %95 güven aralığının dışındadır. Kasım 2020 tarihinde SD-53212-1SD-53222-2 ölçüm noktalarında sırasıyla, 26,32 mg/L ve 7,28 mg/L ölçülen değerler istatistiksel olarak %95 güven aralığının dışındadır. Çalışma kapsamında tüm ölçüm noktalarındaki değerler belirlenen amonyum azotu referans değerinden (0,2 mg/L) yüksek olduğu tespit edilmiştir.



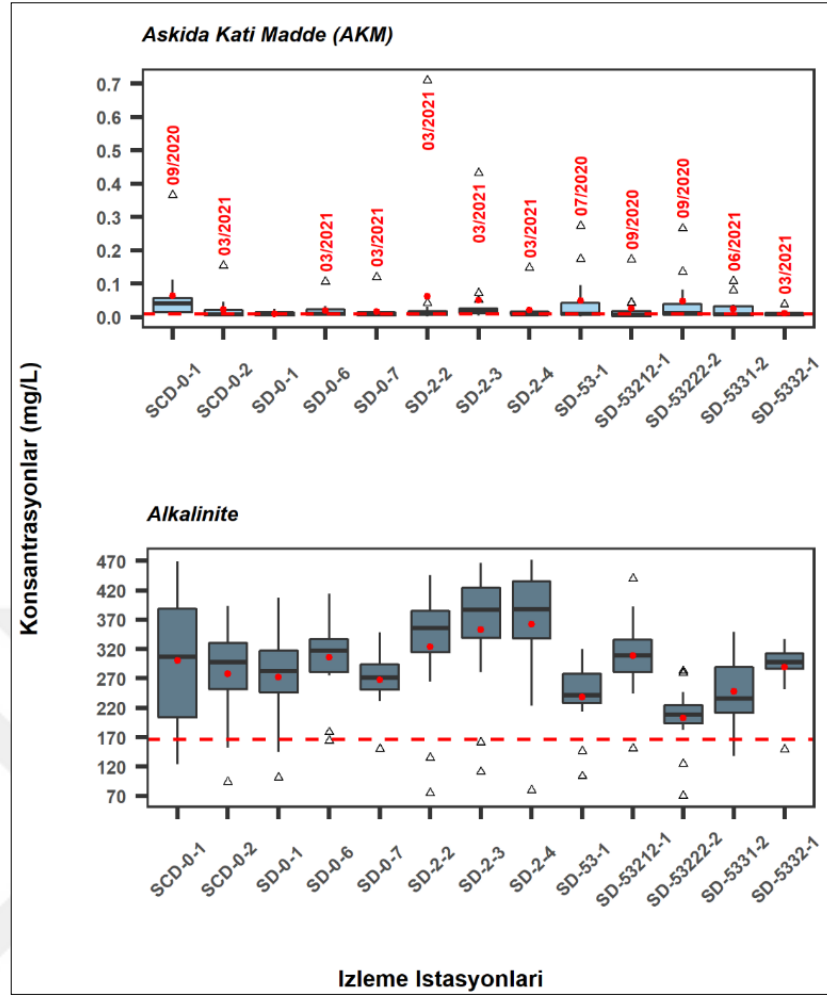
Şekil 5.5: Saz Deresi havzası genelinde ölçülen nütrientlerin alansal ve zamansal değişimi.

Nitrat azotu parametresinde (NO₃-N) en yüksek ortalama nitrat azotu konsantrasyonu SD-5331-2 ölçüm noktasında 5,75 mg/L'dir. En düşük ortalama konsantrasyon değeri de SD-53212-1 ölçüm noktasında belirlenmiş olup 1,47 mg/L'dir. Aralık 2020 tarihinde yüksek nitrat azotu değerlerinde SCD-0-1, SD-2-2 ve SD-53212-1 ölçüm noktalarında sırasıyla 6,08 mg/L, 4,28 mg/L ve 3,32 mg/L ölçülen değerler istatistiksel olarak %95 güven aralığının dışındadır. Çalışma kapsamında belirlenen amonyum azotu referans konsantrasyonundan (3 mg/L) görece daha iyi

seviyeye sahip ölçüm noktaları sırasıyla SD-2-3, SD-2-2, SD-2-4, SD-53212-1, SD-53222-2 ve SD-53321'dir.

Toplam fosfor parametresinde (TP) en yüksek ortalama konsantrasyon değeri SCD-0-1 ölçüm noktasında 1,41 mg/L, en düşük ortalama konsantrasyon değerinde ise SD-5332-1 ölçüm noktasında 0,04 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yüksek konsantrasyon açısından pek çok ölçüm noktasında aykırı değerler gözlemlenmiştir. Kasım 2020 tarihinde SD-53212-1, SD-53222-2 ve SD-5331-2 ölçüm noktalarında sırasıyla 2,48 mg/L, 1,21 mg/L ve 2,71 mg/L ölçülen değerler istatistiksel olarak %95 güven aralığının dışındadır. Çalışma kapsamında belirlenen toplam fosfor referans konsantrasyonundan (0,08 mg/L) görece daha iyi seviyeye sahip ölçüm noktası SD-5332-1'dir.

Saz Deresi boyunca izlenen ve analiz edilen su kalite süreçlerinden dördüncü etapta askıda katı madde ve alkalinite parametreleri görselleştirilmiştir (Şekil 5.6). Askıda katı madde parametresinde (AKM) en yüksek ortalama konsantrasyon değeri SD-2-2 ölçüm noktasında 0,06 mg/L, en düşük ortalama konsantrasyon değerinde ise SD-0-1 ölçüm noktasında 0,009 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yüksek konsantrasyon açısından pek çok ölçüm noktasında aykırı değerler gözlemlenmiştir. Düşük konsantrasyon açısından aykırı değerler gözlemlenmemiştir. Çalışma kapsamında belirlenen toplam fosfor referans konsantrasyonundan (0,01 mg/L) görece daha iyi seviyeye sahip ölçüm noktası SD-0-1'dir.



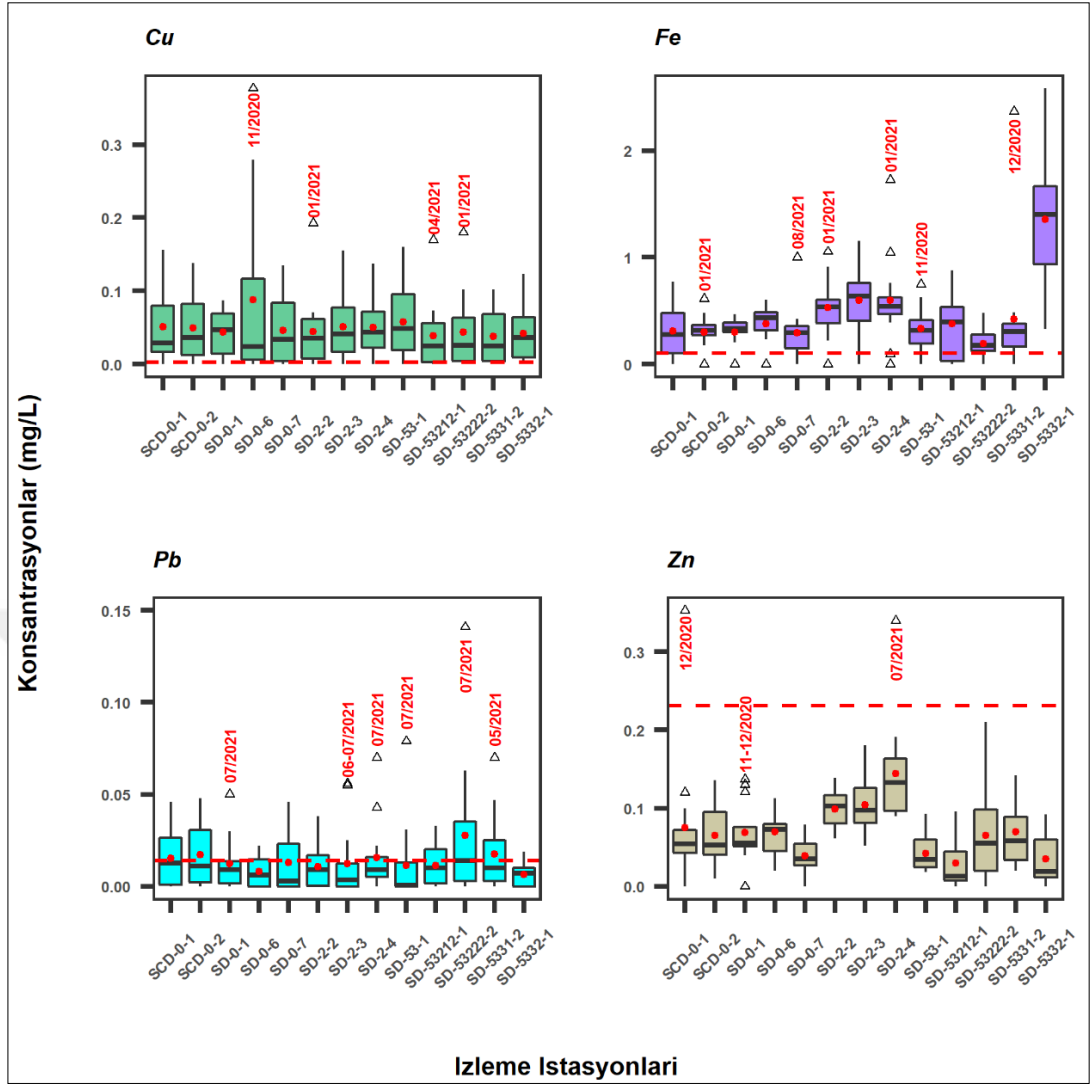
Şekil 5.6: Saz Deresi havzası genelinde ölçülen askıda katı madde ve alkalinite parametrelerinin alansal ve zamansal değişimi.

Alkalinite parametresinde (AKM) en yüksek ortalama konsantrasyon değeri SD-2-4 ölçüm noktasında 362 mg/L, en düşük ortalama konsantrasyon değerinde ise SD-53222-2 ölçüm noktasında 202,63 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yüksek konsantrasyon açısından SD-53212-1 ve SD-53222-2 ölçüm noktalarında sırasıyla 439,63 mg/L ve 282,88 mg/L ölçülen değerler istatistiksel olarak %95 güven aralığının dışındadır. Ortalama konsantrasyon değerleri yüksek olsa da aylık ölçümler sonucunda düşük konsantrasyon açısından pek çok ölçüm noktalarında referans sınır değerinin altında değerler tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında tüm ölçüm noktalarındaki değerler belirlenen alkalinite referans değerinden (166,44 mg/L) yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Saz Deresi boyunca izlenen ve analiz edilen su kalite süreçlerinden beşinci etapta ağır metal parametreleri görselleştirilmiştir (Şekil 5.7). Bakır elementi için, en yüksek ortalama konsantrasyon değeri SD-0-6 ölçüm noktasında 0,08 mg/L olarak tespit

edilmiştir. En düşük konsantrasyon değeri ise SD-5331-2 ölçüm noktasında 0,03 mg/L olarak belirlenmiştir. Yüksek konsantrasyon açısından aykırı değerler gözlemlenmiştir ve SD-0-6, SD-2-2, SD-53212-1 ve SD-53222-2 ölçüm noktalarında sırasıyla 0,37 mg/L, 1,05 mg/L, 0,17 mg/ ve 0,18 mg/L ölçülen değerler istatistiksel olarak %95 güven aralığının dışındadır. Düşük konsantrasyon açısından aykırı değerler gözlemlenmemiştir. Çalışma kapsamında tüm ölçüm noktalarındaki değerler belirlenen bakır elementi referans değerinden (0,0031 mg/L) yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Demir elementi için en yüksek ortalama konsantrasyon değeri SD-5332-1 ölçüm noktasında 1,35 mg/L, en düşük ortalama konsantrasyon değerinde ise SD-53222-2 ölçüm noktasında 0,19 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yüksek konsantrasyon açısından Ocak 2021 tarihinde SCD-0-2, SD-2-2 ve SD-2-4 ölçüm noktalarında sırasıyla 0,63 mg/L, 1,05 mg/L ve 1,72 mg/L ölçülen değerler istatistiksel olarak %95 güven aralığının dışındadır. Düşük konsantrasyon değerleri açısından ise pek çok ölçüm noktası tespit edilmektedir. Çalışma kapsamında tüm ölçüm noktalarındaki değerler belirlenen demir elementi referans değerinden (0,101 mg/L) yüksek olduğu tespit edilmiştir.

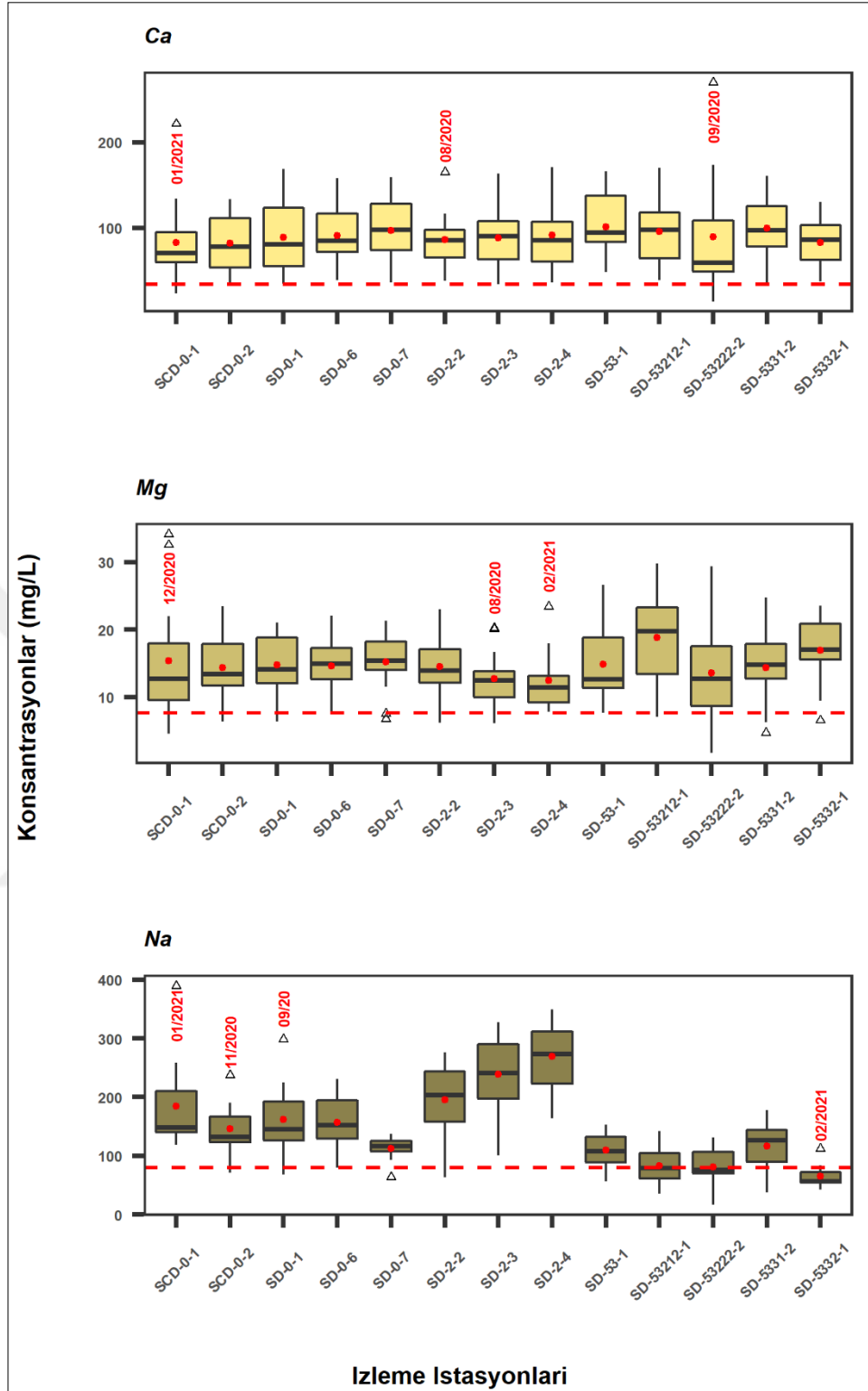


Şekil 5.7: Saz Deresi havzası genelinde ölçülen ağır metallerin alansal ve zamansal değişimi.

Kurşun elementi için, en yüksek ortalama konsantrasyon değeri SD-53222-2 ölçüm noktasında 1,35 mg/L, en düşük ortalama konsantrasyon değerinde ise SD-53222-2 ölçüm noktasında 0,19 mg/L olarak tespit edilmiştir. Düşük konsantrasyon açısından aykırı değerler gözlemlenmemiştir. Yüksek konsantrasyon açısından özellikle Temmuz 2021 tarihinde SD-0-1, SD-2-4, SD-53-1 ve SD-53222-2 ölçüm noktalarında sırasıyla 0,050 mg/L, 0,070 mg/L, 0,079 mg/L ve 0,141 mg/L ölçülen değerler istatistiksel olarak %95 güven aralığının dışındadır. Çalışma kapsamında belirlenen demir elementi referans konsantrasyonundan (0,101 mg/L) görece daha iyi seviyeye sahip ölçüm noktaları SD-0-1, SD-0-6, SD-0-7, SD-2-2, SD-2-3, SD-2-4, SD-53-1, SD-53212-1 ve SD-5332-1'dir.

Çinko elementi için, en yüksek ortalama konsantrasyon değeri SD-2-4 lm noktasında 1,14 mg/L, en düşük ortalama konsantrasyon değerinde ise SD-53212-1 lm noktasında 0,02 mg/L olarak tespit edilmiştir. Düşük konsantrasyon değerlerinde, SD-0-1 lm noktasında 0,05 mg/L llen değer istatistiksel olarak %95 güven aralığının dışındadır. Yüksek konsantrasyon değerlerinde ise özellikle kış mevsimi döneminde SCD-0-1 ve SD-0-1 lm noktalarında aykırı değerler tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında belirlenen çinko elementi referans konsantrasyonundan (0,231 mg/L) görece daha iyi seviyeye sahip ölçüm noktaları, havza genelindeki tüm noktalar olarak tespit edilmiştir.

Saz Deresi boyunca izlenen ve analiz edilen su kalite süreçlerinden altıncı etapta alkali ve toprak alkali metal parametreleri görselleştirilmiştir (şekil 5.8). Kalsiyum elementi için, en yüksek ortalama konsantrasyon değeri SD-53-1 lm noktasında 101,48 mg/L, en düşük ortalama konsantrasyon değerinde ise SCD-0-2 lm noktasında 82,39 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yüksek konsantrasyon değerlerinde, SCD-0-1, SD-2-2 ve SD-53222-2 lm noktasında sırasıyla 221,7 mg/L, 165,4 mg/L ve 269,8 mg/L llen değer istatistiksel olarak %95 güven aralığının dışındadır. Düşük konsantrasyon açısından aykırı değerler gözlemlenmemiştir. Çalışma kapsamında tüm ölçüm noktalarındaki değerler belirlenen kalsiyum elementi referans konsantrasyonundan (33,97 mg/L) yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.8: Saz Deresi havzası genelinde ölçülen alkali ve toprak alkali metallerin alansal ve zamansal değişimi.

Magnezyum elementi için, en yüksek ortalama konsantrasyon değeri SD-53212-1 ölçüm noktasında 18,78 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük konsantrasyon değeri ise SD-2-4 ölçüm noktasında 12,41 mg/L olarak belirlenmiştir. Düşük

konsantrasyon açısından aykırı değerler gözlemlenmiştir. Yüksek konsantrasyon değerlerinde, SCD-0-1, SD-2-3 ve SD-2-4 ölçüm noktasında sırasıyla 32,56 mg/L, 20,22 mg/L ve 23,42 mg/L ölçülen değer istatistiksel olarak %95 güven aralığının dışındadır. Çalışma kapsamında tüm ölçüm noktalarındaki değerler belirlenen magnezyum elementi referans konsantrasyonundan (7,68 mg/L) yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Sodyum elementi için, en yüksek ortalama konsantrasyon değeri SD-2-4 ölçüm noktasında 269,80 mg/L, en düşük ortalama konsantrasyon değerinde ise SD-5332-1 ölçüm noktasında 65,22 mg/L olarak tespit edilmiştir. Düşük konsantrasyon değerlerinde, SD-0-7 ölçüm noktasında 64,18 mg/L ölçülen değer istatistiksel olarak %95 güven aralığının dışındadır. Yüksek konsantrasyon açısından SCD-0-1, SCD-0-2, SD-0-1 ve SD-5332-1 ölçüm noktalarında aykırı değerler tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında belirlenen sodyum elementi referans konsantrasyonundan (80,3 mg/L) görece daha iyi seviyeye sahip ölçüm noktası SD-5332-1'dir.

5.2.Anket Çalışmalarının Sonuçları

Anket çalışması kapsamında, katılımcı sayısının 30 olarak belirlenmesiyle farklı disiplinlerdeki meslek gruplarının yapmış oldukları anket sonuçları değerlendirilmiştir. Çevre mühendisliği, Harita ve İnşaat mühendisliği ve diğer disiplinler (Jeoloji mühendisliği, Meteoroloji mühendisliği, Malzeme ve Metalürji mühendisliği, Eczacılık, Mimarlık ve Coğrafya bölümü) olarak 3 başlık altında incelenmiştir.

5.2.1.Ağırlık Değerleri

Farklı disiplinlere uygulanan anket çalışmasında, ana kriter ve alt kriterlerin nehir değişim düzeyine etkileri göz önünde bulundurularak skor değerler verilmiştir. AHP yönteminin sonucunda her bir ana kriter ve alt kriter için skor değerlerinden sonra ağırlık sonuçları elde edilmiştir. Tutarlılık değerleri de dikkate alınarak katılımcı grupların ortalama değerleri tablolar halinde sunulmuştur.

Tablo 5.1: Ana kriter için ağırlıklandırma sonuçları.

Akademik Disiplinler	ANA KRİTERLER				
	Su Kalitesi	Nehir Yatağı Değişimi	Nehir Kıyısı Değişimi	Taşkın Bölgesi Değişimi	Havza / Vadi
Çevre Mühendisliği	0,51	0,17	0,07	0,10	0,15
Harita-İnşaat Mühendisliği	0,32	0,23	0,13	0,18	0,15
Diğer Disiplinler	0,13	0,19	0,20	0,31	0,17

Nehir değişim düzeyine etkisi açısından ana kriterlerin önem derecesine göre skorlanmasında en yüksek skor değerini alan kriter Çevre, Harita ve İnşaat mühendisleri açısından su kalitesidir (Tablo 5.1). Diğer disiplinlerden katılımcılar en yüksek kriterin taşkın bölgesi değişimi olduğunu belirtmiştir. Nehir kıyısı değişimi Çevre, Harita ve İnşaat mühendisleri değişim düzeyini en az etkileyen kriter olarak belirlerken diğer disiplinler su kalitesi değerini en az etkileyen kriter olarak belirlemiştir. Değişim düzeyi açısından Çevre mühendislerinin en çok etkileyen kriterden en az etkileyen kriter sıralaması; su kalitesi, nehir yatağı değişimi, havza/vadi, taşkın bölgesi değişimi, nehir kıyısı değişimidir. Kriterlerin skorlanmasında önem derecesine göre, en yüksek ağırlıklandırılan kriter ile ikinci derecedeki kriter arasında yaklaşık 3 katlık bir fark tespit edilmiştir. Çevre mühendisleri için su kalitesinin nehir değişim düzeyine etkisi diğer kriterlere nazaran oldukça baskın görülmektedir. Harita ve İnşaat mühendislerinin sıralaması; su kalitesi, nehir yatağı değişimi, taşkın bölgesi değişimi, havza/vadi, nehir kıyısı değişimidir. Diğer disiplinlerin sıralaması ise; taşkın bölgesi değişimi, nehir kıyısı değişimi, nehir yatağı değişimi, havza/vadi, su kalitesi değişimidir. Harita mühendisliği, İnşaat mühendisliği ve diğer disiplinlerdeki katılımcıların kriter skorlamasındaki önem dereceleri göz önüne alındığında, en yüksek kriter ile ikinci kriter ağırlıkları arasında yüksek bir fark görülmemektedir.

Tablo 5.2: Su kalitesi kriteri için ağırlıklandırma sonuçları.

Akademik Disiplinler	SU KALİTESİ	
	Yerinde Ölçüm Parametreleri	Laboratuvar Ölçüm Parametreleri
Çevre Mühendisliği	0,24	0,76
Harita-İnşaat Mühendisliği	0,45	0,55
Diğer Disiplinler	0,23	0,77

Nehir değişim düzeyine etkisi açısından su kalitesi ana kriterinin önem derecesine göre skorlanmasında, tüm katılımcıların laboratuvar ölçüm parametrelerini daha etkin olarak belirlenmiştir (Tablo 5.2). Çevre mühendisliği ve diğer disiplinlerdeki katılımcıların ağırlık sonuçlarının göreceli olarak aynı olduğu tespit edilmiştir. Laboratuvar ölçüm parametresi yerinde ölçüm parametresine göre oldukça baskın olduğu görülmektedir. Harita-İnşaat mühendisliği katılımcılarının ağırlık sonuçlarında ise iki kriterin ağırlık sonuçlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Tablo 5.3: Su kalitesi yerinde ölçüm parametreleri için ağırlıklandırma sonuçları.

Akademik Disiplinler	SU KALİTESİ-YERİNDE ÖLÇÜM PARAMETRELERİ			
	pH	ÇO	Eİ	ORP
Çevre Mühendisliği	0,21	0,53	0,14	0,12
Harita-İnşaat Mühendisliği	0,22	0,47	0,17	0,14
Diğer Disiplinler	0,24	0,41	0,20	0,15

Nehir değişim düzeyine etkisi açısından su kalitesi ana kriterinin alt kriteri olan yerinde ölçüm parametresinin önem derecesine göre skorlanmasında, göreceli olarak tüm katılımcıların verdikleri skor değerler birbirine yakındır (Tablo 5.3). Önem derecesi en yüksek kriter ÇO olarak belirlenmiş ve sırasıyla pH, Eİ ve ORP olarak devam etmektedir. Tüm disiplinler için kriterlerin skorlanmasında önem derecesine göre, en yüksek ağırlıklandırılan kriter ile ikinci derecedeki kriter arasında yaklaşık 2 katlık bir fark tespit edilmiştir. ÇO değerinin nehir değişim düzeyine etkisi diğer kriterlere nazaran oldukça baskın görülmektedir. Skorelama açısından ikinci, üçüncü ve dördüncü kriter için ağırlıklandırma sonuçlarının birbirine yakın değerler olduğu görülmektedir.

Tablo 5.4: Su kalitesi laboratuvar ölçüm parametreleri için ağırlıklandırma sonuçları.

Akademik Disiplinler	SU KALİTESİ-LABORATUVAR ÖLÇÜM PARAMETRELERİ					
	Nütrientler	Alkali ve Toprak alkali metaller	Ağır metaller	Organik karbon	Alkalinite	AK M
Çevre Mühendisliği	0,23	0,04	0,37	0,19	0,06	0,10
Harita-İnşaat Mühendisliği	0,23	0,04	0,27	0,21	0,08	0,17
Diğer Disiplinler	0,20	0,09	0,27	0,27	0,05	0,11

Nehir değişim düzeyine etkisi açısından su kalitesi ana kriterinin alt kriteri olan laboratuvar ölçüm parametresinin önem derecesine göre skorlanmasında, en yüksek skor değerini alan kriter Çevre, Harita ve İnşaat mühendisleri açısından ağır metaldir (Tablo 5.4). Diğer disipline katılımcılar en yüksek skor değerlerini ağır metal ve organik karbon kriterlerine vermiştir. Alkali ve Toprak alkali metal kriteri Çevre, Harita ve İnşaat mühendisleri açısından önem derecesi en düşük olarak belirlerken, diğer disiplinlerdeki katılımcılar alkalinite olarak belirlemiştir. Değişim düzeyi açısından Çevre, Harita ve İnşaat mühendislerinin en çok etkileyen kriterden en az etkileyen kriter sıralaması; ağır metal, nütrientler, organik karbon, AKM, alkalinite, alkali ve toprak alkali metaldir. Çevre mühendislerinin ağırlıklandırma sonuçlarında en yüksek ağırlıklandırılan kriter ile ikinci ve üçüncü derecedeki kriter arasında çok fark tespit edilmemiştir. Bu 3 kritere nazaran diğer kriterlerin ağırlık değerlerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Benzer durum Harita-İnşaat mühendislerinde de görülmektedir. Önem derecesine göre en düşük ağırlığa sahip son iki kriter değeri diğer kriterlere nazaran oldukça düşüktür. Diğer disiplinlerdeki katılımcıların sıralaması ise; ağır metal ve organik karbon eşit öneme sahip, nütrientler, AKM, alkali ve toprak alkali metal, alkalinitedir.

Tablo 5.5: Nehir yatağı değişim kriteri için ağırlıklandırma sonuçları.

Akademik Disiplinler	NEHİR YATAĞI DEĞİŞİMİ			
	Nehir geometrisi	Sediment	Mendereslenme	Nehir içi Bitki Örtüsü ve organik atıklar
Çevre Mühendisliği	0,08	0,14	0,06	0,10
Harita-İnşaat Mühendisliği	0,10	0,14	0,09	0,10
Diğer Disiplinler	0,04	0,16	0,05	0,08
Akademik Disiplinler	Erozyon/Biriktirme Karakteri	Debi/Akış	Nehir içi yapay yapılar	Yeraltı suyu bağlantısı
Çevre Mühendisliği	0,11	0,26	0,13	0,12
Harita-İnşaat Mühendisliği	0,12	0,26	0,13	0,06
Diğer Disiplinler	0,11	0,26	0,08	0,22

Nehir değişim düzeyine etkisi açısından nehir yatağı değişimi ana kriterinin önem derecesine göre skorlanmasında, tüm disiplinlerdeki katılımcıların vermiş olduğu en yüksek ağırlıklandırma değeri eşit ve debi/akış olarak tespit edilmiştir (Tablo 5.5). En düşük ağırlıklandırma değeri açısından, Çevre mühendisleri mendereslenme kriterini, Harita-İnşaat mühendisleri yeraltı suyu bağlantısını, diğer disiplinlerdeki katılımcılar ise nehir geometrisini belirlemiştir. Çevre Mühendisliği ve Harita-İnşaat Mühendisliğindeki katılımcılar için kriterlerin skorlanmasında önem derecesine göre, en yüksek ağırlıklandırılan kriter ile ikinci derecedeki kriter arasında yaklaşık 2 katlık bir fark tespit edilmiştir. Değişim düzeyine etkisi açısından debi/akış kriteri baskın özellik sergilediği gözlemlenmektedir. Çevre mühendislerinin en çok etkileyen kriterden en az etkileyen kriter sıralaması; debi/akış, sediment, nehir içi yapay yapılar, yeraltı suyu bağlantısı, erozyon/biriktirme karakteri, bitki örtüsü ve organik atıklar, nehir geometrisi ve mendereslenmedir. Harita-İnşaat mühendislerinin en çok etkileyen kriterden en az etkileyen kriter sıralaması; debi/akış, sediment, nehir içi yapay yapılar, erozyon/biriktirme karakteri, nehir geometrisi, bitki örtüsü ve organik atıklar, mendereslenme ve yeraltı suyu bağlantısıdır. Diğer disiplinlerdeki katılımcıların sıralaması ise; debi/akış, yeraltı suyu bağlantısı, sediment, erozyon/biriktirme karakteri, bitki örtüsü ve organik atıklar, nehir içi yapay yapılar, mendereslenme ve nehir geometrisidir.

Tablo 5.6: Nehir kıyısı değişim kriteri için ağırlıklandırma sonuçları.

Akademik Disiplinler	NEHİR KIYISI DEğİŞİMİ		
	Nehir kenar materyali	Kıyı bölgesi yapay yapılar	Kıyı bölgesi bitki örtüsü
Çevre Mühendisliği	0,29	0,40	0,31
Harita-İnşaat Mühendisliği	0,30	0,45	0,25
Diğer Disiplinler	0,22	0,36	0,42

Nehir değişim düzeyine etkisi açısından nehir kıyısı değişimi ana kriterinin önem derecesine göre skorlanmasında, Çevre mühendisliği ve Harita-İnşaat Mühendisliğindeki katılımcıların vermiş olduğu en yüksek skor değeri kıyı bölgesi yapay yapılarıdır (Tablo 5.6). Diğer disiplinlerdeki katılımcıların en yüksek skor değeri ise kıyı bölgesi bitki örtüsüdür. En düşük skor değerine sahip kriter, Çevre Mühendisliği ve diğer katılımcıları tarafından nehir kenar materyali olarak belirlenirken, Harita-İnşaat Mühendisleri kıyı bölgesi bitki örtüsü olarak belirlemiştir. Çevre mühendislerinin en çok etkileyen kriterden en az etkileyen kriter sıralaması; kıyı bölgesi yapay yapıları, kıyı bölgesi bitki örtüsü, nehir kenar materyalidir. Harita-İnşaat Mühendislerinin sıralaması; kıyı bölgesi yapay yapıları, nehir kenar materyali, kıyı bölgesi bitki örtüsüdür. Diğer disiplinlerin sıralaması ise; kıyı bölgesi bitki örtüsü, kıyı bölgesi yapay yapıları, nehir kenar materyalidir.

Tablo 5.7: Taşkın bölgesi değişim kriteri için ağırlıklandırma sonuçları.

Akademik Disiplinler	TAŞKIN BÖLGESİ DEğİŞİMİ		
	Nehir kenar materyali	Kıyı bölgesi yapay yapılar	Kıyı bölgesi bitki örtüsü
Çevre Mühendisliği	0,53	0,28	0,18
Harita-İnşaat Mühendisliği	0,58	0,20	0,22
Diğer Disiplinler	0,60	0,28	0,12

Nehir değişim düzeyine etkisi açısından taşkın bölgesi değişimi ana kriterinin önem derecesine göre skorlanmasında, tüm katılımcıların en yüksek skorladığı kriter nehir kenar materyalidir (Tablo 5.7). En düşük skorlanan kriter ise kıyı bölgesi bitki örtüsü olarak belirlenmiştir. Kriterlerin skorlanmasında önem derecesine göre, en yüksek ağırlıklandırılan kriter ile ikinci derecedeki kriter arasında göreceli olarak yaklaşık 3 katlık bir fark tespit edilmiştir. Nehir kenar materyali diğer kriterlere göre

baskın geldiği gözlemlenmektedir. Tüm disiplinler için en çok etkileyen kriterden en az etkileyen kriter sıralaması; nehir kenar materyali, kıyı bölgesi yapay yapılar, kıyı bölgesi bitki örtüsüdür.

Tablo 5.8: Havza/vadi kriteri için ağırlıklandırma.

Akademik Disiplinler	HAVZA / VADİ			
	Arazi kullanımı	Akış sırası	Drenaj yoğunluğu	Kompaktlık katsayısı
Çevre Mühendisliği	0,49	0,17	0,29	0,06
Harita-İnşaat Mühendisliği	0,49	0,20	0,25	0,06
Diğer Disiplinler	0,58	0,16	0,21	0,05

Nehir değişim düzeyine etkisi açısından havza/vadi ana kriterinin önem derecesine göre skorlanmasında, tüm katılımcıların en yüksek skorladığı kriter arazi kullanımıdır (Tablo 5.8). En düşük skorlanan kriter ise kompaktlık katsayısı olarak belirlenmiştir. Kriterlerin skorlanmasında önem derecesine göre, en yüksek ağırlıklandırılan kriter ile ikinci derecedeki kriter arasında göreceli olarak yaklaşık 2 katlık bir fark tespit edilmiştir. Arazi kullanımı diğer kriterlere göre baskın geldiği gözlemlenmektedir. Tüm disiplinler için en çok etkileyen kriterden en az etkileyen kriter sıralaması; arazi kullanımı, drenaj yoğunluğu, akış sırası, kompaktlık katsayısıdır.

Nihai ağırlık değerleri oluşturulurken, yukarıda sonuçları verilen her bir ana kriterin ağırlık değerleri ile ona bağlı olan alt kriterlerin ağırlık değerleri çarpılmıştır ve sonuçlar Tablo 5.9’da verilmiştir. Su kalitesi ana kriteri, diğer ana kriterlerden farklı olarak yerinde ölçüm parametreleri ve laboratuvar ölçüm parametreleri olarak detaylandırılmıştır. Bu nedenle su kalitesi parametrelerinin ağırlıkları üç aşamalı çarpım işlemi yapılarak belirlenmiştir.

Tablo 5.9: Kriter ve alt kriterler için nihai ağırlık değerleri.

Ana kriterler			Alt kriterler	W'
Nehir Değişim Düzeyi	Su Kalitesi	Yerinde Ölçüm Parametreleri	pH	0,022017
			ÇO	0,046408
			Eİ	0,016603
			ORP	0,013462
		Laboratuvar Ölçüm Parametreleri	Nütrientler	0,049551
			Alkali ve toprak alkali metaller	0,012633
			Ağır metaller	0,067975
			Organik karbon	0,050073
			Alkalinite	0,013982
			AKM	0,027949
	Nehir Yatağı Değişimi	Nehir geometrisi		0,014539
		Sediment		0,02828
		Mendereslenme		0,013009
		Nehir içi bitki örtüsü ve organik atıklar		0,018178
		Erozyon/biriktirme karakteri		0,022157
		Debi/akış		0,051336
		Nehir içi yapay yapılar		0,022711
		Yeraltı suyu bağlantısı		0,026063
	Nehir Kıyısı/Kenarı Değişimi	Nehir kenar materyali		0,035074
		Kıyı bölgesi yapay yapılar		0,052422
		Kıyı bölgesi bitki örtüsü		0,04302
	Taşkın Bölgesi Değişimi	Yapay yapılar		0,113334
		Bitki örtüsü		0,050533
		Sulak alanlar		0,033891
	Havza/Vadi	Arazi kullanımı		0,080516
		Akış sırası		0,027267
		Drenaj yoğunluğu		0,038416
		Kompaktlık katsayısı		0,008601

5.3.Hidromorfolojik Değişim Düzeyi

Her bir alt kriter için, Bölüm 4.3’de açıklanan yöntemle belirlenen değişim seviyeleri Ek-A’da verilmiştir. Bu alt kriterlerin nihai ağırlıkları ise Tablo 5.9’da sunulmuştur. Bu iki veri kullanılarak Hidromorfolojik Değişim Düzeyleri (HDD) eşitlik 5.1 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$HDD = \sum (\text{Kriterin değişim seviyesi} \times \text{Kriterin ağırlığı}) \quad (5.1)$$

Bu şekilde, ağırlıklandırılmış hidromorfolojik değişim düzeyleri her bir alt havza için ayrı ayrı hesaplanarak Tablo 5.10’da sunulmuştur.

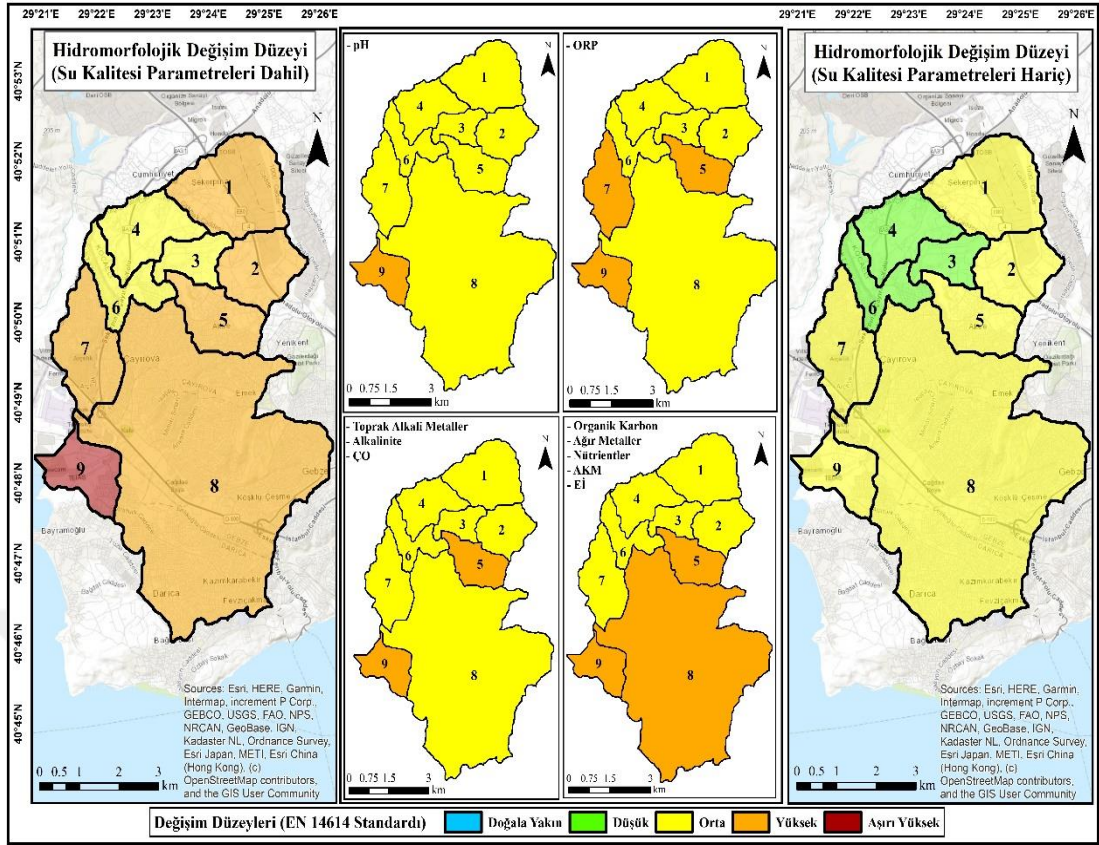
Tablo 5.10: Hidromorfolojik değişim düzeyi.

Alt havza	Hidromorfolojik Değişim Düzeyi
No 1	3,6
No 2	3,5
No 3	3,4
No 4	3,3
No 5	4,2
No 6	3,2
No 7	3,8
No 8	4,1
No 9	4,5
ORTALAMA	3,7

Tablo 5.9’a göre, alt havza 3, alt havza 4 ve alt havza 6 orta derece değişim düzey sınıfında, alt havza 1, alt havza 2, alt havza 5, alt havza 7 ve alt havza 8 yüksek derece değişim düzey sınıfında yer almaktadır. Alt havza 9 ise aşırı derece değişim düzey sınıfına dâhil olmaktadır. Tüm havzanın nihai Hidromorfolojik Değişim Düzeyi “yüksek derece değişim” olarak belirlenmiştir. Tüm alt havzalar genelinde nehir kıyısı/kenarı değişiminin hidromorfolojik değişim düzeyine önemli derecede etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu durum Saz Deresi’nin kıyısı boyunca yapılan köprü, yol gibi yapay yapılar sebebiyle vejetasyonun neredeyse yok olma seviyesine gelmesi ile ilişkilidir.

5.3.1 Su Kalitesi Kriterinin Hidromorfolojik Düzeye Etkisi

Bir havzanın su kalitesi seviyesinin hidromorfolojik değişim düzeyine etkisini belirlemek amacı ile iki farklı durum analiz edilmiştir. Birinci durumda su kalitesi parametresi değişiminin hidromorfolojik analizine dâhil edildiği, ikinci durumda ise su kalitesi parametresi değişiminin dâhil edilmediği durumlar 9 alt havza özelinde görselleştirilmiştir (Şekil 5.9). Genel bir bakışla, tüm alt havzaların değişim düzeyleri, su kalitesi parametresinin etkisinin göz ardı edilmesi durumunda olumlu yönde bir seviye yukarı çıktığı tespit edilmiştir. Su kalite parametrelerinin dâhil olduğu ve dâhil olmadığı her iki durum için havza genelinde “Doğala Yakın Değişim” gösteren hiçbir alt havza bulunmamaktadır.



Şekil 5.9:Saz – Çayırova Havzası Hidromorfolojik değişim düzeyi.

Su kalite parametrelerinin hidromorfolojik değişime etkisi incelenirken öncelikle, tek bir parametrenin değişimi dikkate alınıp diğerlerinin referans düzeye göre değişmediği kabulü yapılmıştır. Şekil 5.9’da, hidromorfolojik değişime aynı alt havza içerisinde aynı derecede etki eden parametreler gruplandırılmıştır. Buna göre, toprak alkali metaller, Alkalinite ve Çözülmüş Oksijen parametrelerinden oluşan grubun etkisi ile Organik Karbon, Ağır Metaller, Nütrientler, Askıda Katı Madde ve Elektriksel İletkenlik grubunun etkisi iki ayrı harita üzerinde incelenmiştir. pH ve ORP parametrelerinin farklı havzalardaki etkisi ise ayrı ayrı haritalandırılmıştır.

Buna göre, hidromorfolojik değişim düzeyi analizine sadece pH parametresinin dâhil olduğu durumda alt havza 3, alt havza 4 ve alt havza 6 değişim düzeyinin düşük derece değişim düzeyinden orta derece değişim düzeyine yükseldiği görülmektedir. Alt havza 9 özelinde ise bir derece artış göstererek yüksek değişim düzeyi tespit edilmiştir.

Sadece ORP parametresinin dâhil olduğu durum, sadece pH’ın eklendiği durumla benzerlik gösterirken, buna ilaveten alt havza 5 ve alt havza 7’nin değişim düzeyi orta dereceden yüksek derece değişim düzeyi sınıfında kümelenmiştir. ORP ve

pH parametrelerinin bahsi geçen alt havzalara etkisi, önceki bölümlerde tartışıldığı gibi, endüstriyel deşarjların etkisi ile beklenen durumdur. Alt havza 5 ise yayılı kentsel yükleri temsil eden bir bölgeyi temsil ettiğinden dolayı, organik maddece zengin yüzey suların bu bölgedeki ORP etkisini ortaya çıkaracağı muhtemeldir.

Toprak alkali metaller, alkalinite, çözülmüş oksijen parametrelerinin değişim düzeyi analizine ayrı ayrı ilavesi sonucunda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Alt havza 3, alt havza 4 ve alt havza 6 bölgelerinin değişim düzeyleri düşükten orta seviyeye yükseldiği ve alt havza 5 ve alt havza 9'un ise yüksek derece değişim olacak şekilde bir seviye artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Organik karbon, ağır metaller, nütrientler, askıda katı madde, elektriksel iletkenlik parametrelerin ayrı ayrı analize dâhil edildiği durumlarda ise, diğer su kalitesi parametrelerinde gözlemlendiği gibi alt havza 3, alt havza 4, alt havza 5, alt havza 6 ve alt havza 9 için benzer etkiye sahiptir. Farklı olarak, bu parametreler alt havza 8'deki değişim düzeyini ortadan yüksek dereceye artış göstermesine neden olmuştur. Sadece bu beş su kalite parametresinin alt havza 8'deki değişim düzeyine etki etmesi, saha ve laboratuvar çalışmaları ile doğrulanmış Çayırova kollarından gelen metal ve nütrient içeriğince zengin suları kanıtlar niteliktedir.

Tüm su kalitesi parametresinin dâhil olduğu durumda, alt havza 3, alt havza 4 ve alt havza 6 orta derece değişim skalasında, alt havza 1, alt havza 2, alt havza 7 ve alt havza 8 yüksek derece değişim skalasında ve alt havza 9 aşırı derece değişim skalasında olduğu belirlenmiştir. Hiçbir su kalitesi parametresinin değişim düzeyi hesaplamasına dâhil edilmediği durumda ise alt havza 3, alt havza 4 ve alt havza 6 düşük derece değişim skalasında, alt havza 1, alt havza 2, alt havza 7, alt havza 8 ve alt havza 9 ise orta derece değişim skalasında olduğu belirlenmiştir.

Diğer alt havzalara nazaran alt-havza 6'da nehir kıyısı/kenarı değişimi, su kalitesi değişimi ve havza/vadi değişimi hidromorfolojik değişim düzeyi açısından eşit oranda etkilemektedir. Alt-havza 8 ve alt-havza 9 nehir kıyısı/kenarı değişimiyle birlikte aynı derecede etki gösteren faktör taşkın bölgesidir.

Su kalitesi parametrelerinin Saz-Çayırova havzasında yapılan hidromorfolojik değişim düzeyinde önemi beklenen bir durumdur. Örneğin, Alt-havza 1 içerisinde yer alan akarsu yan kollarından bazıları Otomotiv Tedarik Sanayi Bölgesi'nin (OTSB) atıksu arıtma tesisinin alıcı ortamı olarak kullanılmaktadır. OTSB'nin 1980'li yıllardan itibaren faaliyette olduğu ve hızla büyüyen sanayileşmeye bağlı olarak üretim kapasitelerinin arttığı düşünüldüğünde, bu alt-havzanın su kalitesinde diğer

parametrelere nazaran gözle görülür bir fark olacağı aşikârdır. Destekler nitelikte, Alt-havza 2'deki kollar Gebze Organize Sanayi Bölgesi'nin arıtılmış atıksularının alıcı ortamını temsil etmektedir. Bu nedenle, Alt-havza 2 içinde benzer durumdan bahsetmek yanlış olmayacaktır. Alt-havza 1 ve alt-havza 2 içerisinde sırasıyla 5 ve 2 istasyon yer almaktadır. Bu alt havzaların hidromorfolojik değişim düzeyini su kalitesi açısından en çok etkileyen değişkenler sırasıyla yerinde ölçüm parametrelerinden ORP (mV) ve Eİ ($\mu\text{s/cm}$), organik karbon türevlerinden BOİ, KOİ ve TOC (mg/l), nütrientlerden amonyum azotu (mg/l), ağır metallerden demir bakır ve kurşun (mg/l), alkali ve toprak alkali metallerden ise kalsiyum (mg/l) olarak görülmektedir (bkz Şekil.5.3, Şekil.5.4, Şekil.5.5, Şekil.5.7 ve Şekil.5.8).

Diğer alt-havzalarda Alt-havza-3 Alt-havza-1 ve alt-havza-2 kadar olmasa da süresiz endüstrilerin olduğu ve özellikle yağışlı günlerde deşarjların yapıldığı arazi gözlemleri ile belirlenmiştir. Ayrıca, Alt-havza 6 çevresinde hayvancılık ve seracılık faaliyetlerinin yapıldığı bilinmekte ve bu durumun organik kirliliğe neden olduğu düşünülmektedir. Bu alt havzadaki baskın su kalitesi parametresi amonyum azotu (mg/l) ve toplam fosfor (mg/l) olarak tespit edilmiştir. Saz Deresi'nde gözlemlenen su kalitesi ile ilgili bu durum hidromorfolojik değişim düzeyinin bir seviye yukarı çıkmasına neden olmaktadır.

Havzanın çıkışını temsil eden Alt-havza 9'da su kalitesinin dâhil olması ile orta derece değişim düzeyinden en üst düzey değişim seviyesi olan “aşırı derece değişim” düzeyine yükselme görülmüştür. Bu durum, Çayırova Deresi'nden gelen oldukça kirlenmiş suların Saz Deresine dâhil olması ile açıklanabilir. Çayırova deresi kollarının atıksu kanalı karakterine sahip olduğu arazi ve laboratuvar gözlemleri ile valide edilmiştir. Yerinde ölçüm parametrelerinden Eİ, laboratuvar ölçüm parametrelerinden ise, BOİ, KOİ, TOC, amonyum azotu (mg/l) ve toplam fosfor (mg/l) parametrelerinin sınır değerden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

6.SONUÇ DEĞERLENDİRME

Bu çalışma, günümüzde oldukça yeni bir araştırma konusu olan hidromorfolojik değişim düzeyini etkileyen fiziksel süreçlerin yanı sıra kimyasal süreçlerin etkisini de değerlendirmektedir. Bu amaçla su kalitesi değerleri zamansal ve mekânsal olarak incelenmiş ve su kalitesi de dâhil tüm kriterlerin birbirlerine göre olan üstünlükleri AHP yaklaşımı ile ortaya konulmuştur. Üstünlük veya önem derecesinin belirlenmesi aşamasında farklı disiplinlerden katılımcıların yer aldığı anket çalışmalarından faydalanılmıştır.

Hidromorfolojik değişim düzeyi belirleme konusunda dünya genelinde özellikle Avrupa ülkelerinde geliştirilmiş ulusal yöntemlerin yanı sıra uluslararası uygulama standartları da yer almaktadır [24] - [31]. Fakat bu yöntemlerin hiçbirinde hidromorfolojik değişime etki eden faktörlerin (nehir içi yapılar, nehir kıyısı kenarındaki fiziksel değişiklikler, taşkın bölgesindeki yapılar vb.) hiçbirini için herhangi bir önem derecesi belirleme yaklaşımı benimsenmemiştir. Diğer bir deyişle tüm bu kriterlerin aynı öneme sahip olduğu kabul edilmiştir. Bu tez çalışması ile kriterlerin önem derecesine göre ağırlıklandırıldığı farklı bir yaklaşım önerilmektedir. Benzer şekilde kriterlerin önem derecesine göre ağırlıklandırıldığı bir hidromorfolojik değişim düzeyi belirleme yöntemi Gündüz ve Şimşek (2021) tarafından yapılan çalışmada da önerilmektedir. Bu çalışmada nehir su kütlelerinin hidromorfolojik durumunu değerlendirmek için, sadece nehir morfolojisinin ana özelliklerini temsil eden; hidroloji, süreklilik, habitat kalitesi ve yatak modifikasyonu kriterleri göz önünde bulundurulmuştur. Bu tez çalışmasında ise hidromorfolojik değişime etki eden EN 15843:2010 standardındaki tüm kriterlerin yanı sıra, havza özellikleri (kompaktlık katsayısı, drenaj yoğunluğu, akış sırası, arazi kullanımı) ve su kalitesi parametreleri de değerlendirmeye eklenmiştir. Böylece değişim düzeyinin belirlenmesine yönelik detaylı bir analiz gerçekleştirilmiştir. Saz Deresi'nin küçük bir havza alanına sahip olması bu detaylı verilerin toplanmasında önemli bir kolaylık sağlamıştır. Böylece çalışma alanının tümü gözlemlenebildiğinden elde edilen değişmişlik düzeyinin doğrulaması hassas bir şekilde yapılabilmiştir. Büyük havzalarda hidromorfolojik değişim düzeyi belirlenmesinde önerilen bu yöntemin uygulanabilmesi için arazi çalışmalarına ihtiyaç olduğundan zaman ve maliyet gereksinimi doğmaktadır. Bununla birlikte su kalitesi verilerinin düzenliği izlendiği ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin mevcut olduğu büyük havzalarda arazi çalışmaları azaltılabilir. Bu

durumda uydu görüntülerini işleyebilecek personel ihtiyacı öne çıkmaktadır. Büyük havzalardaki arazide meydana gelebilecek morfolojik değişimlerin gözlemlenebilmesi için diğer bir teknolojik veri ise insansız hava araçlarıdır (dron). Bu ekipmanların kullanımının yaygınlaşması sebebi ile maliyetleri de azalmakta fakat elde edilecek görüntülerin işlenmesi konusunda yine uzman bir personel ihtiyacı doğmaktadır.

Hidromorfolojik değişim düzeyi belirleme yöntemleri konusunda Türkiye’de yapılan çalışmaların henüz başlangıç seviyesinde olması sebebiyle bu tez çalışması kapsamında önerilen yeni yöntem önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] Akın M., Akın G., (2007), “Suyun önemi, Türkiye’de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği”, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 47(2), 105–118.
- [2] Doğan A., (2019), “Dokuzsele Deresi ve Banaz Çayının su kalite parametreleri ve hidrolojik açıdan değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi.
- [3] Vogel R. M., (2011) “Hydromorphology”, Journal of Water Resources Planning and Management, 137(2), 147–149.
- [4] Ning S. K., Chang N. B., (2002), “Multi-objective, decision-based assessment of a water quality monitoring network in a river system”, Journal of Environmental Monitoring, 4(1), 121–126.
- [5] Barış N., Şimşek C., Gündüz O., Elçi A., (2016), “Cumaovası yüzeysel su kalitesinin analitik hiyerarşi süreci (AHS) ile değerlendirilmesi”, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası 7.Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Yaşam Çevre Teknoloji.
- [6] Kavurmacı M. M., Üstün A. K., (2016), “Çok kriterli karar verme analizi ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) kullanılarak su kalitesinin değerlendirilmesi”, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi 19(2), 208–220.
- [7] Sarkar K., Majumder M., (2020), “Application of AHP-based water quality index for quality monitoring of peri-urban watershed”, Environment, Development and Sustainability.
- [8] Bozdağ A., (2015), “Combining AHP with GIS for assessment of irrigation water quality in Çumra irrigation district (Konya), Central Anatolia, Turkey”, Environmental Earth Sciences, 73(12), 8217–8236.
- [9] Gündüz O., Şimşek C., (2021), “Assessment of river alteration using a new hydromorphological index”, Environmental Monitoring and Assessment, 193(4), 193–226.
- [10] Kılınç S. F., Kay P., (2018), “Determination of the most suitable assessment methods of river hydromorphology for Turkey”, Turkish Journal of Water Science and Management, 2(2), 110–148.
- [11] Xi X., Poh K. L., (2014), “A novel integrated decision support tool for sustainable water resources management in singapore: synergies between system dynamics and analytic hierarchy process”, Water Resources Management, 29(4), 1329–1350.

- [12] Selçuk L., Selçuk A. S., Kasapoğlu D., (2016), “Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çok kriterli karar analizi (ÇKKA) kullanılarak, Van ili merkez ilçelerinin kentsel taşkın duyarlılık değerlendirmesi, Van/Türkiye”, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 37(1), 1–18.
- [13] Memişoğlu T., Çolak H.E., (2017), “Alt havzaların çevresel kirlilik risk alanlarının tespitinde CBS tabanlı çok kriterli karar verme yöntemlerin uygulanması : Trabzon ili Akçaabat - Düzköy vadisi örneği”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.
- [14] Luu C., Meding J. V., Kanjanabootra S., (2018), “Assessing flood hazard using flood marks and analytic hierarchy process approach: a case study for the 2013 flood event in Quang Nam, Vietnam”, *Natural Hazards*, 90(3), 1031–1050.
- [15] Ahmad I., Verma M. K., (2018), “Application of analytic hierarchy process in water resources planning: A GIS based approach in the identification of suitable site for water storage”, *Water Resources Management*, 32(15), 5093–5114.
- [16] Khoshand A., Kamalan H., Rezaei H., (2018), “Application of analytical hierarchy process (AHP) to assess options of energy recovery from municipal solid waste: a case study in Tehran, Iran”, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(3), 1689–1700.
- [17] Richardson C. P., Amankwatia K., (2018), “GIS-Based analytic hierarchy process approach to watershed vulnerability in bernalillo county, New Mexico”, *Journal of Hydrologic Engineering*, 23(5).
- [18] Kumar A., Krishna A. P., (2018), “Assessment of groundwater potential zones in coal mining impacted hard-rock terrain of India by integrating geospatial and analytic hierarchy process (AHP) approach”, *Geocarto International*, 33(2), 105–129.
- [19] Zelenáková M., Dobos E., Kováčová L., Vágo J., Abu-Hashim M., Fijko R., Purcz P., (2018), “Flood vulnerability assessment of Bodva cross-border river basin”, *Acta Montanistica Slovaca*, 23(1), 53–61.
- [20] Ciritci D., Türk T., (2019), “Alternatif katı atık depolama alanlarının analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile otomatik olarak belirlenmesi: Sivas ili örneği”, *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 6(1), 61–74.
- [21] Tekiner F., (2019), “Su kıyısı rekreasyon alanlarının AHS tekniğine göre değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi.

- [22] Uzundumlu A., Aşkan E., Çelik Z., (2020), “İçme suyu olarak belediye şebeke suyunun tüketici tercihlerindeki yerinin belirlenmesi: Iğdır ili örneği”, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(2), 1350–1360.
- [23] Guo Y., Chen G., Mo R., Wang M., Bao Y., (2020), “Benefit evaluation of water and soil conservation measures in Shendong based on particle swarm optimization and the analytic hierarchy process,” Water, 12(7) 1–18.
- [24] Platts W S., Megahan G. W., Minshall G. W., (1983), “Methods for evaluating stream, riparian, and biotic condition,” Weatherwise, 36(4), 202–206.
- [25] Raven P.J., Holmes N. T.H., Dawson F. H., Fox P. J. A., Everard M., Fozzard I. R., K. J. Rouen K. J., (1998), “River Habitat Quaity”, Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699.
- [26] Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussettini M., (2013), “A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI)”, Geomorphology, vol. 180(181), 96–108.
- [27] Orlando-Bonaca M., Mavrič B., Urbanič G., (2012), “Development of a new index for the assessment of hydromorphological alterations of the Mediterranean rocky shore”, Ecological Indicators, 12(1), 26–36.
- [28] Belletti B., Rinaldi M., Buijse A. D., Gurnell A. M., Mosselman E., (2015), “A review of assessment methods for river hydromorphology”, Environmental Earth Sciences, 73(5), 2079–2100.
- [29] Anderson J. R., (1993), “State of the Rivers Project”, Queensland, Department of Primary Industries.
- [30] “Système d’évaluation de la qualité de l’eau des cours d’eau (SEQ-Eau)”, MEDD & Agences de l’eauLa réalisation de ce rapport de présentation de la version 2
- [31] “Gewaesserstrukturkartierung in der Bundesrepublik Deutschland Übersichtsverfahren”, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).
- [32] Web 1, (2013), <https://www.riverhabitatsurvey.org/page/2/>, (Erişim Tarihi: 26/01/2022).
- [33] Raven P. J., Holmes N. T. H., Charrier P., Dawson F. H., Naura M., Boon P J., (2002), “Towards a harmonized approach for hydromorphological assessment of rivers in Europe: A qualitative comparison of three survey methods”, Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 12(4), 405–424.

- [34] Toland M., Murphy M., (2013), “river hydromorphology assessment technique (Rhat) training manual”, Northern Ireland Environment Agency.
- [35] Rowan J. S., Greig S. J., Armstrong C. T., Smith D. C., Tierney D., (2012), “Development of a classification and decision-support tool for assessing lake hydromorphology”, *Environmental Modelling and Software*, 36, 86–98.
- [36] Looy K. V., Tormos T., Souchon Y., (2014), “Disentangling dam impacts in river networks”, *Ecological Indicators*, 37(PART A), 10–20.
- [37] Straatsmaa M. W., Perkb M., Schipperc A. M., Nooijd R. J. W., Leuven R. S. E. W., Huthoffe F., Middelkoopb H., (2013), “Uncertainty in hydromorphological and ecological modelling of lowland river floodplains resulting from land cover classification errors”, *Environmental Modelling and Software*, 42, 17–29.
- [38] Schmitt R., Bizzi S., Castelletti A., (2014), “Characterizing fluvial systems at basin scale by fuzzy signatures of hydromorphological drivers in data scarce environments”, *Geomorphology*, 214, 69–83.
- [39] Looy K. V., Piffady J., Cavillon C., Tormos T., Landry P., Souchon Y., (2014), “Integrated modelling of functional and structural connectivity of river corridors for European otter recovery”, *Ecological Modelling*, 273, 228–235.
- [40] Villeneuve B., Souchon Y., Usseglio-Polatera P., Ferréol M., Valette L., (2015), “Can we predict biological condition of stream ecosystems? A multi-stressors approach linking three biological indices to physico-chemistry, hydromorphology and land use”, *Ecological Indicators*, 48, 88–98.
- [41] Jähnig S. C., (2007), “Comparison between multiple-channel and single-channel stream sections hydromorphology and benthic macroinvertebrates”, PhD Thesis, derUniversität Duisburg-Essen.
- [42] Flener C., (2015), “Remote sensing for three-dimensional modelling of hydromorphology”, PhD Thesis, University of Turku.
- [43] John G., (2008), “Hydromorphology of Within-Channel”, PhD Thesis The University of Melbourne
- [44] Web 2, (2012), <https://suen.gov.tr/Suen/catdty.aspx?val=165>, (Erişim Tarihi: 26/01/2022).
- [45] Web 3, (2016), <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/sygm%20b%C3%BClten/B%C3%BClten%2010.pdf>, (Erişim Tarihi: 26/01/2022).
- [46] Rinaldia M., Bellettia B., Bussettinib M., Comitic F., Golfierid B., Lastoriab B., Marchesec E., Nardia L., Surian N., (2017) “New tools for the hydromorphological assessment and monitoring of European streams”, *Journal of Environmental Management.*, 202, 363–378.

- [47] Ediş S., Ulaş E., (2017), “Çankırı Acıçay-Tatlıçay Havzalarında arazi kullanım türlerinin Bayes Ağları yöntemiyle tahmin edilmesi”, Türkiye Ormancılık Dergisi, 18(3), 212–218, 2017.
- [48] Ioana-Toroimac G., Zaharia L., Minea G., Moroşanu G. A., (2017), “Using a multi-criteria analysis to identify rivers with hydromorphological restoration priority: Braided rivers in the south-eastern Subcarpathians (Romania)”, Science of the Total Environment, 599(600), 700–709.
- [49] Knehtl M., Petkovska V., Urbanič G., (2018), “Is it time to eliminate field surveys from hydromorphological assessments of rivers?—Comparison between a field survey and a remote sensing approach”, Ecohydrology, 11(2), 1–12.
- [50] Wiatkowski M., Tomczyk P., (2018), “Comparative assessment of the hydromorphological status of the rivers Odra, Bystrzyca, and Ślęza using the RHS, LAWA, QBR, and HEM methods above and below the hydropower plants”, Water, 10(7).
- [51] Kaffas K., Hrissanthou V., Sevastas S., (2018), “Modeling hydromorphological processes in a mountainous basin using a composite mathematical model and ArcSWAT”, Catena, 162, 108–129.
- [52] Yu Y., Mei X., Dai Z., Gao J., Li J., Wang J., Lou Y., (2018), “Hydromorphological processes of Dongting Lake in China between 1951 and 2014”, Journal of Hydrology, 562, 254–266.
- [53] Zaharia L., Ioana-Toroimaca G., Moroşanua G. A., Galie A. C., Moldoveanu M., Canjevace I., Belleudyb P., Plantake M., Buzjake N., Bocic N., Legoutb C., Bigot S., Ciobotaru N., (2018), “Review of national methodologies for rivers’ hydromorphological assessment: A comparative approach in France, Romania, and Croatia”, Journal of Environmental Management, 217, 735–746.
- [54] Stefanidis K., Papaioannou G., Markogianni V., Dimitriou E., (2019), “Water quality and hydromorphological variability in Greek Rivers: A nationwide assessment with implications for management”, Water, 11(8).
- [55] Hajdukiewicz H., Wyzga B., (2019), “Aerial photo-based analysis of the hydromorphological changes of a mountain river over the last six decades: The Czarny Dunajec, Polish Carpathians”, Sci. Total Environ., 648, 1598–1613.
- [56] Paul K., Sharma D., Singh E., Paul K., Mukherjee S., (2019), “Assessment of hydromorphological conditions of upper and lower dams of river Teesta in Sikkim”, Artic. J. Spat. Hydrol., 15(2), 1–22.

- [57] Atasayan Ö., Küçükyağcı Ö., Çalışkan Ö., (2013), “Çayırova (Saz) Deresi çevresinin doğal peyzaj dönüşümünün değerlendirilmesi (2003-2013 yılları)”, Peyzaj Mimarlığı 5. Kongresi ,1196–1201.
- [58] Oruç H. N., Çelen M., Gülgen F., Öncel M. S., Vural S., Kılıç B., (2020), “Sensitivity of the SWAT model to soil data parameterization; case study in Saz-Çayırova Stream, Turkey”, 5th EurAsia Waste Management Symposium.
- [59] Web 4, (2019), <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2018-iklim-raporu.pdf>, (Erişim Tarihi: 26/01/2022).
- [60] Web 5, (1994), <https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-part1>, (Erişim Tarihi: 26/01/2022).
- [61] Web 6, https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/meden-potansiyel_2010/kocaeli_madenler.pdf, (Erişim Tarihi: 26/01/2022).
- [62] Web 7, <http://www.mobdek.8m.net/madenler.htm>, (Erişim Tarihi: 26/01/2022).
- [63] Baird R. B., Eaton A. D., Rice E. W., (2017), “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, 23rd edition, American Public Health Association.
- [64] WFD CIS Guidance Document No. 13, “Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential”, Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC).
- [65] Elmacı A., Topaç F. O., Teksoy A., Özengin N., Başkaya H. S., (2010), “Ulubat gölü fizikokimyasal özelliklerinin yönetmelikler çerçevesinde değerlendirilmesi”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 15(1), 149–157.
- [66] ResGaz 1, (2021), Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 16 Haziran 2021 tarih ve 31513 sayılı Resmi Gazete, Madde1.
- [67] Çil İ., “Karar Analizi,” İstanbul Üniversitesi Açık Ve Uzaktan Eğitim Fakültesi, http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/endustrimuhlt_ue/kararanalizi.pdf.
- [68] Topcu Y. İ., (2000), “Çok ölçütlü sorun çözümüne yönelik bir bütünsel karar destek modeli”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [69] Genç G. B., (1994), “Karar verme sürecinin analizi”, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi.
- [70] Gürsakal N., (2011), “Karar analizi üzerine bazı notlar”, 213–224.
- [71] Özden Ü. H., “Çok kriterli karar verme yöntemleri”, İstanbul Ticaret Üniversitesi.

- [72] Orhan M., (2013), “Karar alma problemlerinde ahp’nin yeri ve kalkınmışlık kriterleriyle avrupa birliği üyesi ülkeleri karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi.
- [73] Web 8, (2008), <http://www.hasanbaltalar.com/index.php?id=43>, (Erişim Tarihi: 26/01/2022).
- [74] ResGaz 2, (2021), Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 16 Haziran 2021 tarih ve 31513 sayılı Resmi Gazete, Madde6.
- [75] Selek Z., Karaaslan Y., (2019), Ekosistem Esaslı Su Kalitesi Yönetimi, Tarım ve Orman Bakanlığı.
- [76] ResGaz 3, (2004), Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete.
- [77] Dobermann A., Fairhurst T., (2000), Research Institute., “Rice : nutrient disorders & nutrient management”, Potash & Phosphate Institute, East & Southeast Asia Programs.
- [78] Minareci O., Sungur Ö., (2019), “Akgöl ve Gebekirse Göllerinde (Selçuk, İzmir, Türkiye) bazı fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değişimi”, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 9(4), 751–758.
- [79] Güler Ç., Çobanoğlu Z., (1997), “Su Kalitesi”, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, Ankara, 43.
- [80] Kishe M. A., Machiwa J. F., (2003), “Distribution of heavy metals in sediments of Mwanza Gulf of Lake Victoria, Tanzania”, Environment International, 28, 619–625.
- [81] Güler Ç., Çobanoğlu Z., (1994), “Su Kirliliği”, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, Ankara, 12.
- [82] Turoğlu H., Uludağ M., Aykut T., (2020), “Meriç nehri yatak içi kum alımının jeomorfolojik değerlendirmesi”, Coğrafya Dergisi – Journal of Geography.
- [83] Katip A., (2010), “Ulubat Gölü Su Kalitesinin İzlenmesi”, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi.
- [84] Smith R. D., Ammann A., Bartoldus C., Brinson M. M., (1996), “An approach for assessing wetland functions using hydrogeomorphic classification, reference wetlands, and functional indices”, Wetlands Research Program Technical Report WRP-DE-9.
- [85] Chaney R. L., Malikz M., Li Y. M., Brown S. L., Brewer E. P., Angle J. S., BakeR A. J. M., (1997), “Phytoremediation of soil metals”, Current Opinion in Biotechnology, 8, 279–284.
- [86] Bache D. H., Macaskill L., (1981), “Vegetation in coastal and stream-bank protection”, Landscape Planning, 8, 363–385.

- [87] Kaplan E., (2013) “Aliğa bölgesinde oluşan kıyı erozyonu nedenler”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- [88] Yıldırım Ü., Güler C., Kurt M. A., Güven O., (2020), “Kaynağından Akdeniz’e Deliçay’ın (Mersin) debisi ve su kalitesinin değerlendirilmesi”, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Dergisi, 10 (4), 1121–1135.
- [89] Kazezyelmaz-Alhan C.M., Medina M. A., (2008), “The effect of surface/ground water interactions on wetland sites with different characteristics”, Desalination, 226(1), 298–305.
- [90] Hohensinner S., Habersack H., Jungwirth M., Zauner G., (2004), “Reconstruction of the characteristics of a natural alluvial river-floodplain system and hydromorphological changes following human modifications: The Danube River (1812-1991)”, River Research and Applications, 20(1), 25–41.
- [91] Kidová A., Radecki-Pawlik A., Rusnák M., Plesiński K., (2021), “Hydromorphological evaluation of the river training impact on a multi-thread river system (Belá River, Carpathians, Slovakia)”, Scientific Reports, 11(1).
- [92] Demiralp J. K., (1998) “Nehir kıyı kentsel mekan kullanımlarının değerlendirilmesi üzerine bir çalışma”, Yüksek Lisans Çalışması, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [93] RAMSAR, (1971), “Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat, Ramsar, Iran”.
- [94] Getahun Y. S., Gebre S. L., (2015), “Flood hazard assessment and mapping of flood inundation area of the awash river basin in ethiopia using GIS and HEC-GeoRAS/HEC-RAS model”, Civil & Environmental Engineering, 5(4), 1–12.
- [95] British Standard, (2010), “Water quality - Guidance standard on determining the degree of modification of River hydromorphology”, BS EN:15843.
- [96] Rinaldi A., Belletti B., Bund W. V., Bertoldi W., Gurnell A., Buijse T., Mosselman E., (2013), “Review on eco-hydromorphological methods”, REFORM (REstoring Rivers for Effective Catchment Management), Project funded by the European Commission within the 7th Framework Programme.
- [97] Vidal R., Ma Y., Sastry S. S., (2016), “Statistical methods”, Springer.
- [98] Web 9, (2004), <https://stat.ethz.ch/pipermail/r-help/2004-March/046856.html>, (Erişim Tarihi: 26/01/2022).

ÖZGEÇMİŞ

Sinem VURAL YURTSEVER, Lisans derecesini 2015 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği alanında almıştır ve 2017 yılından itibaren Gebze Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. Gebze Teknik Üniversitesi Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü'nde 119Y032 numaralı TÜBİTAK Projesinde bursiyer olarak çalışmaktadır.



EKLER

Ek A: Hidromorfolojik Değişim Seviyeleri

Her bir kriter ve alt kriterler için EN 14614 standardı göz önünde tutularak hazırlanan hidromorfolojik değişim seviyeleri; Tablo A1.1, Tablo A1.2, Tablo A1.3, Tablo A1.4, Tablo A1.5 ve Tablo A1.6’da sunulmuştur.

Tablo A1.1: Yerinde ölçüm parametreleri için 5’lik skalada hidromorfolojik değişim seviyeleri.

	Yerinde Ölçüm Parametreleri			
	pH	ÇO	Eİ	ORP
Alt havza 1	3	1,4	4	4
Alt havza 2	3	2,5	4,5	4
Alt havza 3	3	2	4	4
Alt havza 4	3	2	4	4
Alt havza 5	3	2	4	4
Alt havza 6	3	2	4	4
Alt havza 7	3	2	4	4
Alt havza 8	3	1	4	4
Alt havza 9	3	3	4	4

Tablo A1.2: Laboratuvar ölçüm parametreleri için 5’lik skalada hidromorfolojik değişim seviyeleri.

	Laboratuvar Ölçüm Parametreleri					
	Nütrientler	Alkali ve Toprak alkali metaller	Ağır metal	Organik Karbonlar	Alkalinite	AKM
Alt havza 1	3,67	3,27	3,10	2,53	3,40	3,80
Alt havza 2	3,67	4	3,50	3,33	4	4,50
Alt havza 3	3,67	4	3	2,67	4	5
Alt havza 4	4,33	3,67	2,75	1,67	4	4
Alt havza 5	3	3	3	2,33	4	4
Alt havza 6	4	4	2,75	2,33	4	4
Alt havza 7	4	4	2,75	2,67	4	1
Alt havza 8	3,67	4	3,25	4	4	4
Alt havza 9	3,67	4	3	4,33	4	5

Tablo A1.3: Nehir yatağı değişim kriteri için 5'lik skalada hidromorfolojik değişim seviyeleri.

	Nehir yatağı değişimi							
	Kanal geometrisi	sediment	Menderes- lenme	Bitki örtüsü ve organik atıklar	Erozyon biriktirme karakteri	Debi	Yapay yapılar	Yeraltı suyu bağlantısı
Alt havza 1	4,8	5	4,8	4,2	4,2	4	4,2	4,8
Alt havza 2	3	5	3	4	4,5	4	4,5	3
Alt havza 3	4	5	4	3	5	4	5	1
Alt havza 4	4	5	4	3	5	4	5	1
Alt havza 5	5	5	5	5	5	5	5	5
Alt havza 6	3	5	3	3	5	4	5	1
Alt havza 7	2	5	2	3	5	4	5	1
Alt havza 8	2	5	2	4	5	4	5	1
Alt havza 9	4	5	4	5	5	4	5	5

Tablo A1.4: Nehir kıyısı/kenarı değişim kriteri için 5'lik skalada hidromorfolojik değişim seviyeleri.

	Nehir kıyısı/kenarı değişimi		
	Nehir kenar materyali	Yapay yapılar	Bitki örtüsü ve organik atıklar
Alt havza 1	4,8	4,8	5
Alt havza 2	3,5	3,5	3,5
Alt havza 3	3	3	4
Alt havza 4	2	2	4
Alt havza 5	5	5	5
Alt havza 6	1	1	5
Alt havza 7	4	4	5
Alt havza 8	4	4	5
Alt havza 9	5	4	5

Tablo A1.5: Taşkın bölgesi değişim kriteri için 5’lik skalada hidromorfolojik değişim seviyeleri.

	Taşkın bölgesi değişimi		
	Yapay yapılar	Bitki örtüsü ve organik atıklar	Sulak alanlar
Alt havza 1	-	-	-
Alt havza 2	-	-	-
Alt havza 3	-	-	-
Alt havza 4	-	-	-
Alt havza 5	-	-	-
Alt havza 6	-	-	-
Alt havza 7	2	2	3
Alt havza 8	3	3	4
Alt havza 9	3	3	5

Tablo A1.6: Havza/Vadi değişim kriteri için 5’lik skalada hidromorfolojik değişim seviyeleri.

	Havza/Vadi			
	Arazi kullanımı	Akış sırası	Kompaktlık katsayısı	Drenaj yoğunluğu
Alt havza 1	3	3	1	3
Alt havza 2	3	3	1	3
Alt havza 3	3	3	1	3
Alt havza 4	3	3	1	3
Alt havza 5	3	3	1	3
Alt havza 6	3	3	1	3
Alt havza 7	3	3	1	3
Alt havza 8	3	3	1	3
Alt havza 9	3	3	1	3