



Artvin Çoruh Üniversitesi Yayınları

PROF. DR. HASAN ZUHURİ SARIKAYA
SU YÖNETİMİ, BARAJLAR VE ENERJİ
S E M P O Z Y U M U
BİLDİRİLER KİTABI

ARTVİN - 2024



Artvin Çoruh Üniversitesi Yayınları

PROF. DR. HASAN ZUHURİ SARIKAYA
SU YÖNETİMİ, BARAJLAR VE ENERJİ
SEMPOZYUMU
BİLDİRİLER KİTABI

ARTVİN - 2024

Prof. Dr. Hasan Zuhuri Sarıkaya Su Yönetimi, Barajlar ve Enerji Sempozyumu
Bildiriler Kitabı

Editör: Dr. Öğr. Üyesi Musa AKBAŞ

Artvin Çoruh Üniversitesi Yayın No: 14

e-ISBN 978-605-73316-7-0

Copyright 2024, Bu kitabın tüm yayın hakları Artvin Çoruh Üniversitesine aittir.
Artvin Çoruh Üniversitesi Rektörlüğü Merkez Yerleşke, 08000 Artvin, Türkiye
0466 215 10 00 / Sertifika No: 46167
artvincoruh@artvin.edu.tr

“Bu kitapta yer alan her türlü tablo, şekil, grafik, resim gibi görsel öge, bilimsel düşünce ve ifadelerle ilgili alıntıların sorumluluğu yazarlara aittir. Artvin Çoruh Üniversitesi bu ve benzeri iddialarla ilgili herhangi bir hukukî sorumluluk üstlenmez.”

“Artvin Çoruh Üniversitesi Yönetim Kurulunun 15/05/2024 tarih ve E-12475423-050.04-135968 nolu kararı ile elektronik kitap olarak yayımlanmıştır”

Yayın Katalog Bilgisi:

Prof. Dr. Hasan Zuhuri Sarıkaya su yönetimi, barajlar ve enerji sempozyumu : bildiriler kitabı (23-24 Aralık 2022) / Editör : Musa Akbaş ; Sempozyum onur kurulu : Mustafa Sıtkı Bilgin, Lütfi Akça, Yılmaz Doruk; Sempozyum düzenleme kurulu : Atakan Öztürk, Bülent Sağlam, Halil Akıncı, Özgür Eminağaoğlu, Funda Erşan Bak, Muhammed Ardiç, Celal Tokalak, Mehmet Kalaycıoğlu – Artvin : Artvin Çoruh Üniversitesi, 2024.
Çevrimiçi 1. Baskı (106 sayfa, 295x210 mm) – Artvin Çoruh Üniversitesi yayın no : 14
ISBN: 978-605-73316-7-0

1. Su yönetimi 2. Barajlar 3. Enerji

Kütüphane Katalog No: LCC : TC 405 .P76

PROF. DR. HASAN ZUHURİ SARIKAYA
SU YÖNETİMİ, BARAJLAR VE
ENERJİ SEMPOZYUMU

BİLDİRİLER KİTABI

23 – 24 Aralık 2022

ARTVİN

PROF. DR. HASAN ZUHURİ SARIKAYA
SU YÖNETİMİ, BARAJLAR VE ENERJİ SEMPOZYUMU
23 – 24 Aralık 2022 - ARTVİN

Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Seyitler Yerleşkesi 08100-ARTVİN

Tel: +90 466 215 1035

Fax: +90 466 215 1034

E-Posta: orman@artvin.edu.tr

Web: <https://orman.artvin.edu.tr/>

Sempozyum Web: <https://susemposyumu.artvin.edu.tr/>

SEMPOZYUM ONUR KURULU

Prof. Dr. Mustafa Sıtkı BİLGİN - *Artvin Çoruh Üniversitesi Rektörü*

Prof. Dr. Lütfi AKÇA - *DSİ Genel Müdürü*

Yılmaz DORUK - *Artvin Valisi*

SEMPOZYUM SEKRETERYASI

Dr. Öğr. Üyesi Musa AKBAŞ

Arş. Gör. Fatma Nur YILMAZ

Arş. Gör. Neslihan ATAR

Arş. Gör. Oğuzhan BİLGİLİ

Arş. Gör. Rahmi YILMAZ

SEMPOZYUM DÜZENLEME KURULU

Prof. Dr. Atakan ÖZTÜRK - *Artvin Çoruh Üniversitesi*

Prof. Dr. Bülent Sağlam - *Artvin Çoruh Üniversitesi*

Prof. Dr. Halil AKINCI - *Artvin Çoruh Üniversitesi*

Prof. Dr. Özgür EMİNAĞAOĞLU - *Artvin Çoruh Üniversitesi*

Doç. Dr. Funda ERŞEN BAK - *Artvin Çoruh Üniversitesi*

Doç. Dr. Muhammed ARDIÇ - *Artvin Çoruh Üniversitesi*

Celal TOKALAK - *DSİ 26. Bölge Müdürlüğü (Bölge Md.)*

Mehmet KALAYCIOĞLU - *DSİ 26. Bölge Müdürlüğü (Bölge Md. Yrd.)*

SEMPOZYUM PROGRAMI

Artvin Çoruh Üniversitesi, Nihat Gökyağıt Kongre ve Kültür Merkezi, Artvin-TÜRKİYE

23 Aralık Cuma		
SAAT	KONULAR	DAVETLİ KONUŞMACI
09:30-10:00	Kayıt	
10:00-10:30	Saygı Duruşu ve İstiklal Marşı Açılış Konuşması Protokol Konuşmaları	
AÇILIŞ OTURUMU – 15 Temmuz Milli İrade Salonu Oturum Başkanı: Prof. Dr. Mustafa Sıtkı BİLGİN		
10:30-11:00	Su, Enerji ve Çoruh	Prof. Dr. Lütfi AKÇA DSİ Genel Müdürü
11:00-11:30	Türkiye’de Su Yönetiminin Değerlendirilmesi	Prof. Dr. Cumali KINACI İstanbul Teknik Üniversitesi KKTC Rektörü
11:30-13:00	Öğle Arası	
13:00-13:30	Öğle Yemeği	
OTURUM II – 15 Temmuz Milli İrade Salonu Oturum Başkanı: Prof. Dr. Cumali KINACI		
14:00-14:20	Barajların Su Kalitesine Olan Etkileri	Doç. Dr. Adem BAYRAM Karadeniz Teknik Üniversitesi
14:20-14:40	Havza Su Yönetiminde İndekslerin Kullanımı: Çoruh Havzası Örneği	Doç. Dr. Ayla BİLGİN Artvin Çoruh Üniversitesi
14:40-15:00	Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Su Kullanımı	Doç. Dr. İlker Zeki KURTOĞLU Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
15:00-15:20	Kaliteli ve Kontrollü Su Üretiminde Entegre Havza Yönetiminin Önemi; Erozyon, Sel ve Taşkınlar	Doç. Dr. Mustafa TÜFEKÇİOĞLU Artvin Çoruh Üniversitesi
15:20-15:40	Ara	
OTURUM III – 15 Temmuz Milli İrade Salonu Oturum Başkanı: Prof. Dr. Turgay DİNDAROĞLU		
15:40-16:00	Taşkın Yönetimi	Prof. Dr. Ömer YÜKSEK Karadeniz Teknik Üniversitesi
16:00-16:20	Baraj Havzalarında Heyelanlar ve Çözüm Önerileri	Prof. Dr. Ömer KARA Karadeniz Teknik Üniversitesi
16:20-16:40	Dağlık Havzalarda Kar Erimesi Çalışmaları ve Erzurum Kırkgöze Havzasındaki Uygulamaları	Prof. Dr. Reşat ACAR Atatürk Üniversitesi
16:40-17:00	İHA'lar ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Dere Kenarı Erozyonu ve Koridorlarının Değerlendirilerek Haritalanması: Arhavi Örneği	Doç. Dr. Mehmet YAVUZ Artvin Çoruh Üniversitesi
18:30	Akşam Yemeği	

24 Aralık Cumartesi		
OTURUM IV – Yeşil Salon Oturum Başkanı: Prof. Dr. Reşat ACAR		
SAAT	KONULAR	DAVETLİ KONUŞMACI
09:00-09:20	Su Varlığımız ve İklim Değişikliği	Doç. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
09:20-09:40	İklim Değişikliği ve Kuraklık	Doç. Dr. İsmail DABANLI İstanbul Teknik üniversitesi
09:40-10:00	Baraj Gölü Çevresinde Riparian Zonların Oluşturulmasında Yeni Yaklaşımlar	Prof. Dr. Turgay DİNDAROĞLU Karadeniz Teknik Üniversitesi
10:00-10:20	Çoruh Havzasında Yapılan Deriner, Artvin ve Yusufeli Barajları Su Aynası Altında Kalan Endemik Bitkiler	Prof. Dr. Özgür EMİNAĞAOĞLU Artvin Çoruh Üniversitesi
11:00	Gezi Programı	

ÖNSÖZ

Tarih boyunca tüm canlılar için hayati öneme haiz en değerli doğal varlık olma özelliğini taşıyan su kaynakları, günümüzde de insan hayatını doğrudan etkileyen, gıdadan enerjiye pek çok sektörün vazgeçilmez unsuru olarak önemini sürdürmektedir. Özellikle nüfus artışı, hızlı sanayileşme ve şehirleşme ile küresel iklim değişimi gibi gelişmeler suya olan talebi ve su kaynakları üzerindeki baskıyı giderek artırmaktadır. Başka bir deyişle su; hayatın kaynağıdır. Dünyanın yüzey alanının yarısından fazlası sular ile kaplanmış olmasına rağmen, insanların kullanımı açısından uygun tatlı suyun miktarı çok sınırlıdır. Dünya yüzeyindeki toplamdaki suyun kırkta biri kadar olan toplam tatlı suyun da ancak yüzde ikisi, ekosistem ve insan kullanımına elverişli tatlı su kaynaklarından (Göller, nehirler vd.) oluşmaktadır. Tatlı suların geriye kalanının çoğu kutuplarda ve yüksek dağların buzullarında ve bir kısmı yeraltı rezervlerinde alıkonulmuş halde bulunmaktadır.

Dolayısıyla içme ve kullanma suyuna erişim ve ulaşımın sürekliliğinin sağlanması insan sağlığı ve geleceği için en temel bir ihtiyaçtır. Su kaynaklarına erişim ve ulaşım hususlarında meydana gelecek risklerin en aza indirilmesinin temel yollarından biri de var olan kaynakların verimli kullanılması ve suyun etkin yönetilmesiyle mümkün olabilecektir.

Suyun vazgeçilmez ve ikame edilemez bir kaynak olmasından dolayı, kullanılabilir su kaynaklarının etkin ve kapsayıcı politikalarla korunması gerekmektedir. Bunun yanında su kaynaklarının en yüksek yararı temin edecek şekilde etkin dağıtım ve kullanımında, ilgili tüm paydaşların görev ve sorumluluğunu yerine getirmelerinin gereği ve önemi göz ardı edilmemelidir. Su kaynaklarının yönetiminde hem su kaynaklarının korunması hem de su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde kullanılması, önemli hususlardır. Sürdürülebilir su kullanımı, suyun israf edilmeden çevre ile uyumlu olacak şekilde etkin kullanılmasıyla mümkün olabilecektir. Bu kapsamda, su tüketim miktarlarının en aza indirilip, suyun etkin ve yeniden kullanımına dair yöntemlerin ortaya konması ve sürdürülebilir su yönetimine uygun su tasarrufu modellerinin geliştirilmesi ve tatbik edilmesi gerekmektedir.

Suyun yukarıda bahsedilen küresel ve çevresel öneminden dolayı, su politikaları ve su kaynaklarının yönetimi hususları, küredeki tüm devletler için daima dikkate alınması gereken ve farklı koşul ve durumlara göre de yeniden güncellemeyi gerektiren temel konular arasında yer almalıdır. Bu konular özellikle son yarım asırdır uluslararası siyasetin gündeminde giderek artan oranda yer almaya başlamış ve su kaynaklarının korunması, su politikaları, su yönetiminin sosyal, çevresel, ekonomik ve hukuki kapsamı gibi çeşitli boyutlarıyla ele alınarak tartışılmıştır. Türkiye de bu uluslararası platformlar içinde yer alarak yeni bir milli su vizyon ve stratejisi oluşturmaya başlamıştır. Yirminci yüzyılın sonunda dünyadaki çabalar, çözüm arayışları ve faaliyetlere paralel olarak, yirmi birinci yüzyılın başından itibaren Türkiye’de “Su Politikası ve Yönetimi” konusunda hem Kamu Kurumları hem de STK’lar tarafından azımsanmayacak çalışmalar yapılmaya başlanmış ve bu çalışmalar da günümüzde artarak devam etmektedir.

Türkiye’nin tüketilebilir yerüstü yüzeysel ve yeraltı su potansiyeli verilerine göre toplam yüzeysel su kaynaklarımızın % 49’luk bölümü, yeraltı kaynaklarımızın ise % 17’lik bölümü tüketilebilir durumdadır. Yüzeysel sular kapsamındaki akarsuların potansiyeline baktığımızda; ülkemiz 26 Nehir Havzasına ayrılmış olup, bunlar içerisinde su açısından zengin sayılan havzalar arasında yer alan Çoruh havzası; su varlığına karşılık gelen düşük nüfus yoğunluğundan dolayı su varlığı bakımından

en zengin havzadır. Bol yağış alan havzanın bulunduğu vadinin yüksek kesimlerinden çıkan yeraltı ve yerüstü su kaynakları, tüketilebilir ve kullanılabilir su temininde esas kaynaklardır.

Bu su kaynakları ile ve yağış suları ile beslenen ve vadi boyunca akan Çoruh nehri ise önemli bir “yeşil enerji” kaynağıdır. Çoruh vadisi ana ve yan kolları üzerinde planlanan ve bir kısmı yapılan baraj ve nehir tipi H.E.S. tesislerinden önemli miktarda enerji üretimi beklenmektedir. Bu kapsamda yapımı 2023 yılında tamamlanmış olan Yusufeli Barajı dünyanın en yüksek beşinci barajı olma niteliğini taşımaktadır. Çoruh Vadisi ayrıca su kaynakları ve verimliliği açısından da Türkiye’nin en verimli bölgesidir. Dolayısıyla bu vadi; temiz ve yeşil enerji kaynaklarının kullanımı enerji güvenliği, gelecek nesillerin devamı, doğanın korunması, ekosistemlerin devamlılığı, biyo-çeşitliliğin sürdürülebilmesi, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması ve küresel ısınma ve iklim değişiklikleri gibi olası pek çok tehditlerle baş edebilme açısından oldukça önem taşımaktadır.

Toplumun temiz enerjiyi tanınması ve bu konuda bilinçlenmesine yönelik çalışmalarla yenilenebilir enerjinin yaygın hale gelmesi büyük önem taşıyor. Yapılacak faaliyet ve projelerle yenilenebilir enerji konularında farkındalık meydana getirilmeli; medyada, üniversitelerde ve topluma yönelik düzenlenen panellerde bu enerji kaynaklarının çevresel, mali ve politik yarar ve avantajları uzmanları tarafından etraflıca ele alınıp anlatılmalıdır. Su kaynaklarının yönetimi konusunda ise gerek karar verme aşamasındaki yöneticiler gerekse de konunun uzmanı araştırma amaçlı görevler üstlenen üniversiteler ve kamu kuruluşları ve yerel yönetimler bir araya gelerek enerjilerini birleştirmeli ve çalışmalarını sistematik bir şekilde yürütmeleri sağlanmalıdır.

Bu bağlamda Artvin Çoruh Üniversitesi ile DSİ Genel Müdürlüğü’nün ortaklaşa düzenlediği “Prof. Dr. Hasan Zuhuri Sarıkaya Su Yönetimi, Barajlar ve Enerji Sempozyumu” Türkiye su yönetimi ve geleceği açısından bir mihenk taşıyı teşkil etmektedir. Bu sempozyumun bir meyvesi olarak ortaya çıkan bildiri kitabının Türkiye’nin yukarıda mevzubahis edilen su bilinci, su hedefleri ve geleceğine büyük katkı sağlayacağı şüphesizdir. Zira Artvin Çoruh Üniversitesi yönetimi son üç yıldan beri çağın ihtiyaçları ve toplumun taleplerine cevap verme iddiasıyla içinde bulunduğu şehre ve bölgesel kalkınmaya katma değer yaratmayı amaç edinen pek çok ulusal ve uluslararası bilimsel etkinliklere ev sahipliği yapmaktadır.

İçinde barındırdığı büyük potansiyeliyle bir enerji, barajlar ve su şehri olan Artvin kentinin Üniversitesi olarak gerçekleştirdiğimiz sempozyumda; su yönetimi ve baraj havzaları konularında uzman akademisyenler tarafından 14 bildiri sunulmuş ve bu kitaba 8 adet tam metin ve 5 adet geniş özet ile katkı sunmuşlardır. Bu kitabın teşekkülünde değerli yazıları ile katkıda bulunan yazarlarımıza ayrı ayrı teşekkür ediyorum. Sempozyumun organizasyonunda desteklerini esirgemeyen DSİ Genel Müdürlüğü’ne, Genel Müdür Prof. Dr. Lütfi Akça Bey’e ve DSİ 26. Bölge Müdürü Celal Tokalak’a şükranlarımı sunuyorum. Sempozyumun tertiplenmesinde özveriyle emeği geçen Artvin Çoruh Üniversitesi Rektör yardımcısı Prof. Dr. Atakan Öztürk’e, Prof. Dr. Aydın Tüfekçioğlu’na, Doç. Dr. Funda Erşen Bak’a, DSİ Bölge Müdür yardımcısı Mehmet Kalaycıoğlu’na ve onların emeklerine destek ve katkı sunan Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma Görevlileri Fatma Nur Yılmaz, Neslihan Acar, Oğuzhan Bilgili ve Rahmi Yılmaz’a teşekkür ediyorum. Gerek sempozyumun yürütülmesinde ve gerekse de bu kitabın hazırlanmasında emekleri geçen Sempozyum Sekreteryası Dr. Öğr. Üyesi Musa Akbaşı’ya ayrıca teşekkür ediyorum.

Bu alışmanın; Artvin ilimiz, Doğu Karadeniz Bölğemiz ve ÷lkemizin temiz su ve enerji kaynakları alanındaki çalışma ve bilimsel faaliyetlere katkı sağlarnasını ve temiz enerji kaynaklarının etkin ve verimli yönetiminde yeni fikirler ve bakış açılarına ışık tutmasını temenni ederim.

Prof. Dr. Mustafa Sıtkı BİLGİN

Artvin, Şubat 2024

Artvin Çoruh Üniversitesi Rektörü

EDİTÖR'DEN

İnsanoğlu, dünya üzerinde varoluşundan bu yana en temel ve zaruri ihtiyaçlarını doğadaki kaynaklardan temin edegelmiştir. İnsanın da var olduğu bu evrende, bütün varlıkların bir dayanışma, yardımlaşma, birbirinin ihtiyacına cevap verme şeklinde ve iç içe girmiş bir denge halinde olduğu bir sistem vardır. İnsanlar toplum olarak düzen ve adalet içerisinde yaşamak için kural ve kanunlara muhtaç olduğu gibi; bu evrende yaşamlarını sürdürmek için de bu evrende zerrelere güneş sistemine kadar cereyan eden denge ve düzen kanunlarına riayet etmeye muhtaç ve mecburdur. Hatta insan kendisine verilen akıl ve istidatlar itibarıyla bu düzen ve dengenin devamından sorumludur. Bu sistemde israfa, bozulmaya ve dengesizliğe yol açacak her türlü hareketinin bedelini kısa veya uzun vadede “zarar” olarak ödeyecektir. Günümüzde özellikle 20. yüzyılda insanoğlu hayatı bir “savaş mücadelesi” felsefesinde gördüğü için doğadaki kaynakları daha önce olmadığı kadar tahrip etmiştir. İnsanın kullandığı ve artık risk altında olan bu kaynaklardan biri de su kaynaklarıdır.

Her canlı besin ve enerji teminine muhtaç olduğu gibi insanoğlu da suya aynı açıdan muhtaçtır. İnsan, kendi vücudunun fonksiyonu için olduğu gibi; kendisi bağlı olduğu sucul ve karasal canlıların işlevini ve hayatını sürdürmesi için su mutlak gereklidir. Sadece rızık olarak değil, insanoğlu suyu enerji temininde de kullanmaktadır. Şüphesiz bu derece yönlü bir kullanımı olan su kaynağının ekosistem içerisinde devamlılığını ve yeterliğini sağlamak çok önemlidir. Yukarıda bahsettiğimiz gibi ekosistemdeki dengeden sorumlu olan insan, elde ettiği bilimsel birikimden yararlanmalı ve ulaştığı teknolojiyi yine bu dengeye hizmet edecek hale getirmelidir.

Ülkemiz, su kaynakları bakımından bölgelerine göre farklı olanaklara sahip bir coğrafyadadır. Su tüketiminin dengeli ve verimli bir şekilde sürdürülmesi ülkemiz için en önemli konulardan biridir. Bundan dolayı etkin su yönetimi politikası oluşturmak, su tasarrufu sağlayacak modeller geliştirmek, su kaynaklarını koruyucu tedbirler almak için bütün imkânların seferber edilmesi yanında bilimsel birikimimizi ve teknik bilgi potansiyelimizi de mezkûr maksatlar için kullanmalıyız. Ülkemizin su kaynakları bakımından zengin bir varlığa sahip olan bir ili Artvin’de düzenlediğimiz “Prof. Dr. Hasan Zuhuri Sarıkaya Su Yönetimi, Barajlar Ve Enerji Sempozyumu’nun” da bu maksatlara bir derece hizmet ettiğini düşünüyoruz. Zira yapılan sunumlara bakıldığında; su kaynaklarının hem doğrudan tüketim veya üretim hem de enerji amaçlı kullanımında, canlı-cansız çevreye ve dolayısıyla insanlığa olası ve mevcut etkileri ortaya konulmuş, etkin ve verimli su yönetimi ve enerji temini için genel ve özel anlamda öneriler ve değerlendirmeler yapılmıştır. Türkiye’de su yönetiminden, barajların su kalitesine ve dere kenarı vejetasyonuna etkilerinden, baraj havzalarında erozyon sel ve taşkın yönetimi ve kontrolüne, iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisine kadar çeşitli konularda sunumlar yapılmıştır. Temennimiz bu sempozyumun meyvesi olan bu kitabın su konusunda topluma ve bilim camiasına yararlı olmasıdır. Sunumları ile ve sunum konularını özet veya tam metin olarak göndererek, bu kitaba katkı sağlayan tüm değerli akademisyen hocalarımıza ayrı ayrı teşekkür ediyoruz.

Bu sempozyumun gerçekleşmesinde öncü olan Artvin Çoruh Üniversitesi Rektörü Sayın Mustafa Sıtkı BİLGİN’e ve katılımcılara konaklama ve yemek hususunda destek olan DSİ 26. Bölge Müdürü Celal TOKALAK Bey’e şükranlarımı sunuyorum. Sempozyumun düzenlenmesinde emeği geçen Prof. Dr. Atakan ÖZTÜRK’e ve Doç. Dr. Funda ERŞEN BAK’a ve sekreteryamızda özverili çalışan değerli mesai arkadaşlarım Orman Fakültesi Araştırma Görevlileri Fatma Nur Yılmaz, Neslihan Acar, Oğuzhan Bilgili ve Rahmi Yılmaz’a teşekkür ediyorum.

Dileğimiz, su, barajlar ve enerji konularında daha kapsamlı ve daha çok katılımlı bir uluslararası sempozyuma ileriki zamanlarda Artvin oruh niversitesi ve Artvin şehri olarak ev sahipliği yapabilmek ve bu vesile ile su yönetim ve tüketiminde çevresel etkileşimlere toplumsal farkındalığı pekiştirmektedir.

Dr. Öğr. Üyesi Musa AKBAş

DESTEKLEYEN KURUM ve KURULUŞLAR

Artvin Valiliği

Artvin Çoruh Üniversitesi Rektörlüğü

DSİ 26. Bölge Müdürlüğü

SEMPOZYUM DANIşMA KURULU

Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU, Artvin Çoruh Üniversitesi

Prof. Dr. Halil AKINCI, Artvin Çoruh Üniversitesi

Prof. Dr. Necati AĞIRALIĞLU, Antalya Bilim Üniversitesi

Prof. Dr. Ömer YÜKSEK, Karadeniz Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Reşat ACAR, Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Servet KARASU, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi

Prof. Dr. Turgay DİNDAROĞLU, Karadeniz Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Âdem BAYRAM, Karadeniz Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. İlknur BEKEM KARA, Artvin Çoruh Üniversitesi

Doç. Dr. İsmail DABANLI, İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet YAVUZ, Artvin Çoruh Üniversitesi

Doç. Dr. Murat KANKAL, Bursa Uludağ Üniversitesi

Doç. Dr. Mustafa TÜFEKÇİOĞLU, Artvin Çoruh Üniversitesi

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

Türkiye’deki Su Yönetiminin Değerlendirilmesi (Cumali KINACI)	1
Barajların Su Kalitesine Olan Etkileri (Adem BAYRAM).....	11
Havza Su Yönetiminde İndekslerin Kullanımı: Çoruh Havzası Örneği (Ayla BİLGİN)	24
Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Su Kullanımı (İlker Zeki KURTOĞLU)	26
Kaliteli ve Kontrollü Su Üretiminde “Entegre Havza Yönetiminin” Önemi; Erozyon, Sel ve Taşkınlar (Mustafa TÜFEKÇİOĞLU)	36
Taşkın Yönetimi (Ömer YÜKSEK).....	38
Baraj Havzalarında Heyelanlar ve Olası Çözüm Önerileri (Ömer KARA)	42
Dağlık Havzalarda Kar Erimesi Çalışmaları ve Erzurum-Kırkgöze Havzasındaki Uygulamaları (Reşat ACAR)	44
IHA’lar ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Dere Kenarı Erozyonu ve Koridorlarının Değerlendirilerek Haritalanması (Mehmet YAVUZ, Mustafa TÜFEKÇİOĞLU)	56
Su Varlığımız ve İklim Değişikliği (Ertuğrul AĞIRBAŞ)	58
Akdeniz Havzasında İklim Değişikliği ve Kuraklık İlişkisi (İsmail DABANLI).....	65
Baraj Çevresindeki Toprak ve Su Koruma Zonlarının Planlanmasında Yeni Yaklaşımlar (Turgay DİNDAROĞLU)	67
Deriner, Artvin ve Yusufeli Barajları Göl Aynası Altında Kalan Endemik Bitkilerin Tespiti ve Korunması (Özgür EMİNAĞAOĞLU)	77

Türkiye'deki Su Yönetiminin Değerlendirilmesi

Cumali KINACI*

*İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Maslak, Sarıyer, İstanbul, Türkiye
İletişim: kinaci@itu.edu.tr

ÖZET

Bu bildiride Türkiye'deki mevcut su yönetim durumu özetlenmiş, mevcut durumun genel bir değerlendirilmesi yapılmış ve iyileştirme için geliştirilen öneriler sunulmuştur.

GİRİŞ

Yerküredeki (atmosferdeki, topraktaki, denizlerdeki, göllerdeki, akarsulardaki) toplam su miktarı sabittir; ne artar, ne de azalır. Ancak hem nüfus artışı, hem sanayinin gelişmesi, hem sulanan arazi miktarının artması, hem hidroelektrik enerji üretimi, hem refah seviyesine bağlı olarak tüketimin ve dolayısıyla üretimin artması gibi sebeplerle suya olan talep her geçen gün artmaktadır. Diğer taraftan kirlenme sebebiyle mevcut kullanılabilir su miktarı da azalmaktadır. Bu sebeple suyun verimli bir şekilde yönetimi her geçen gün daha fazla ön em arz etmektedir.

Bir diğer önemli husus ise yeryüzünde nüfus ve su kaynakları arasındaki dağılımın paralel olmamasıdır. Mesela Türkiye nüfusunun yaklaşık %30'u Marmara Bölgesi'nde yaşarken, tatlı su kaynaklarının ancak %4'ü Marmara bölgesindedir. Konya Havzasında yağış yüksekliği 374 mm iken Doğu Karadeniz Havzasında 2500 mm'dir. Bunun doğal bir sonucu olarak suyun paylaşımı ve iletimi de problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Suyun paylaşımı sadece bölgeler ve su havzaları arasında değil ülkeler arasında da önemli anlaşmazlıklara yol açmaktadır (Örnek: Mısır – Etiyopya, ABD – Meksika, Türkiye – Suriye + Irak). Bu da suyun sadece ülkelerin kendi problemleri olarak değil, küresel olarak ele alınması gereken problemlerden birisi haline gelmiştir.

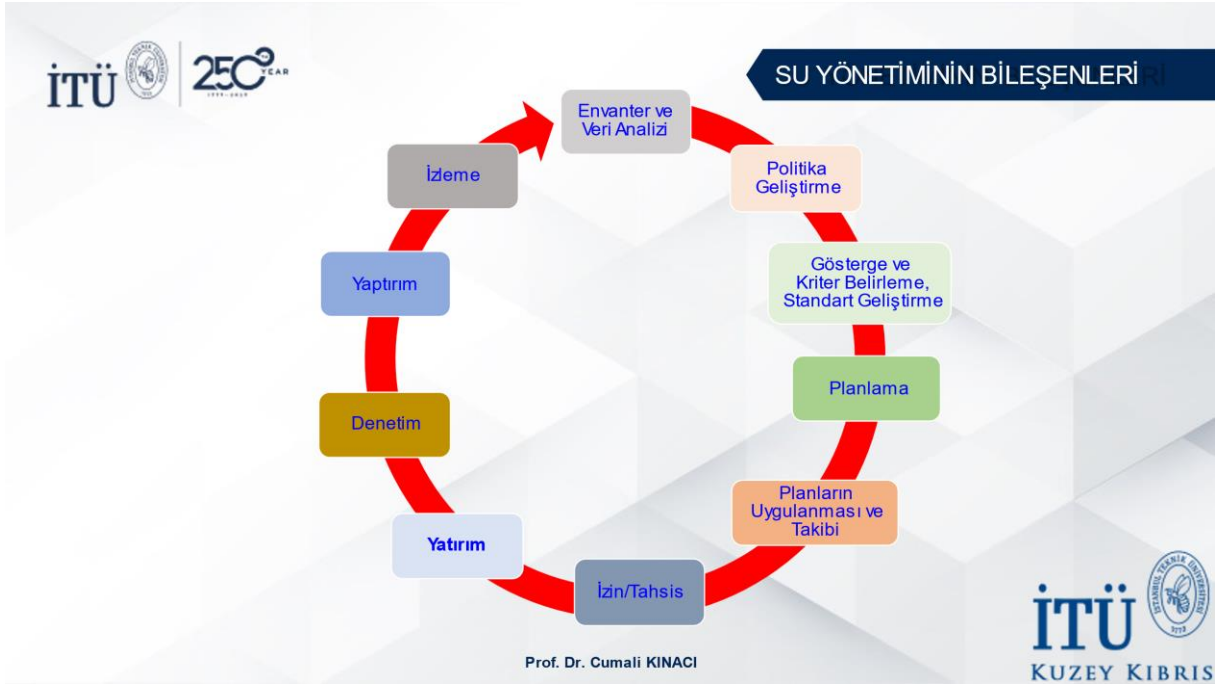
OECD'nin 2008 yılı tespitlerine göre,

- Dünya nüfusunun %40'ını barındıran 80 ülkede su sıkıntısı çekilmektedir.
- Dünyada 2 milyar insan yeterli içme suyundan yoksun olup 2,5 milyar insan sağlıklı suya ulaşmakta sıkıntı çekmektedir. 2025 yılından itibaren 3 milyardan fazla insanın su kıtlığı ile karşı karşıya kalacağı tahmin edilmektedir.
- 2100 itibarıyla orta enlemler ve yarı kurak tropikal bölgelerde su kaynaklarının azalacağı öngörülmektedir.
- Yerkürenin tatlı su kaynaklarının azalmasına karşılık giderek artan tüketim baskısı sonucunda dünya gelecekte “açlık ve susuzluk” karşısında suyun tarım ya da endüstriyel kullanımı arasında bir tercih yapmak zorunda kalınacaktır.

Sonuç olarak su kaynaklarının **sürdürülebilir** ve **entegre** bir şekilde **korunması**, **iyileştirilmesi** ve **optimum kullanımı** yani suyun iyi yönetilmesi gerekmektedir.

Su Yönetimi konusunda çeşitli tanımlar yapılmıştır. Bu konuda “**Bütün canlıların ve su kullanan sektörlerin talepleri dikkate alınarak, su kaynaklarının optimum faydalı kullanımlarını sağlayacak ve olumsuz etkilerini kontrol altına alacak politika geliştirme, planlama, kalite koruma, yatırım, izleme, izin verme, denetim, yaptırım ve koordinasyon faaliyetlerinin bütünüdür**” şeklinde bir tanım yapılabilir.

Su Yönetiminin bileşenleri Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Su Yönetiminin Bileşenleri

TÜRKİYE’DEKİ MEVCUT SU YÖNETİMİ DURUMUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Türkiye’de su yönetimi 1970 öncesi, 1970–2004 arası ve 2004 sonrası olmak üzere 3 dönemde incelenebilir. 1970 öncesi sadece ihtiyaç duyulan su miktarları dikkate alınarak tekil ihtiyaçların karşılanması üzerinde durulmuştur. 1970’lerden sonra su yönetiminde sadece su miktarı değil su kalitesi de gündeme gelmiş, uygulamada su kirliliğinin kontrolü de dikkate alınmıştır. 2004 öncesinde su yönetim anlayışına büyük ölçüde suyun kullanımına yönelik yatırım anlayışı hâkim olmuştur. Türkiye’nin Avrupa Birliğine aday üyeliğe kabul edildiği 2004 sonrasında ise, suyun havza ölçekli yönetimi esas alınarak, tamamen farklı ve kapsamlı bir su yönetim anlayışı uygulamaya başlanmıştır.

Türkiye’de 2004 öncesi su yönetimi, sistematik bir yaklaşımla entegre bir yönetim anlayışından çok, ortaya çıkan problemlerin tekil olarak çözümüne yönelik yaklaşımları içermektedir. Bu doğrultuda Türkiye Cumhuriyeti’nin 1923’te kurulmasının hemen sonrasında 1926 yılında çıkarılan Sular Hakkında Kanun’un sadece yerleşim yerlerinin içme suyu ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik maddeler içerdiği görülmektedir. Zamanla kanalizasyon, su ve atık su arıtımı, taşkın, kuraklık,

sulama, hidroelektrik enerji üretimi, jeotermal sular, doğal mineralli sular, turizm, su ürünleri yetiştiriciliği ve diğer su kullanımları ile ilgili problemler çıktıkça bu konularla ilgili kurumlar diğer kurumlardan bağımsız çeşitli mevzuat çıkarmış ve idari yapılanmaya gidilmiştir. Bu durum kısmen de olsa devam eden önemli problemlerin sürmesine yol açmıştır.

Konunun daha iyi anlaşılması açısından öncelikle Türkiye'nin mevcut su arzı ve talebi, mevcut su yönetimi anlayışı ve problemler hakkında bilgi sunulması faydalı olacaktır.

Türkiye'nin m²'ye düşen ortalama yıllık yağış yüksekliği İTÜ, DSİ ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü ortak çalışmasına göre 574 mm'dir (Bu değer 2014 yılından önce 643 mm olarak alınmakta ve hesaplar bu değere göre yapılmaktaydı). Türkiye'nin yüzölçümü 780.000 km² ve yıllık ortalama yağış yüksekliği 574 mm alındığında, Türkiye'ye düşen yıllık toplam yağış miktarı 448 km³ olarak hesaplanmaktadır (Bu değer 643 mm yağış yüksekliği alındığında 501 km³ olarak bulunmaktadır). 31 Aralık 2020 itibarıyla Türkiye'nin nüfusu 84 680 273 kişi olup bu durumda kişi başına düşen yıllık su miktarı 1 275 m³ olarak hesaplanmaktadır. Nüfus 108 milyona ulaşırsa kişi başına düşen yıllık su miktarı 1000 m³ mertebesine düşecektir. Sonuç olarak Türkiye'nin su zengini değil, su sıkıntısı olan bir ülke olduğu ortaya çıkmaktadır.

Diğer taraftan Türkiye'nin su potansiyelinin havzalar arası dağılımı, nüfusa göre eşit değildir; yani havzaların “su potansiyeli/hizmet ettikleri nüfus” oranı dengesizdir.

DSİ verilerine göre yıllık toplam buharlaşma miktarı 274 km³ ve yeraltına sızan su 41 km³'tür. Yine DSİ verilerine göre kullanılabilir toplam yıllık su miktarı 112 km³ olup 2020 itibarıyla bu suyun 54 km³'ü kullanılmaktadır. 54 km³ suyun 40 milyar m³'ü (%74) sulamada, 7 milyar m³'ü (%13) içme-kullanmada ve 7 milyar m³'ü (%13) sanayide kullanılmaktadır. Dolayısıyla 2020 itibarıyla kullanılabilir suyun ancak %50'si değerlendirilmekte olup yapılacak daha çok yatırım bulunmaktadır.

Şekil 2'de Türkiye'de hâlihazırda Su Yönetiminden sorumlu kurumlar verilmiştir. Görüldüğü gibi aynı iş için çok sayıda kurum yetkilidir. Bu durum yetki ve sorumlulukta kargaşaya yol açmaktadır. Dolayısıyla kurumlar arası koordinasyonu sağlayacak, yetki ve sorumlulukları net olarak belirleyecek yeni bir yapılanmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

Şekil 3'te ise su miktarı ve kalitesinin izlenmesinden (ölçümünden) yetkili ve sorumlu kuruluşlar gösterilmiştir. İzleme yapan çok sayıda yetkili kurum bulunmakta olup bazan aynı noktada aynı parametre birden fazla kurum tarafından ölçülmekte, bazı önemli noktalarda ise hiç ölçüm yapılmamaktadır. Bu durum hem maddi kayba yol açmakta, hem de yetki ve sorumlulukta kargaşaya yol açmaktadır. Bu konularda izlenecek noktaları, izlenecek parametreleri, ölçüm metotlarını ve ölçme aralıklarını belirleyip takip edecek, aynı zamanda koordinasyonu sağlayacak bir kuruma ihtiyaç bulunmaktadır.

Ülke yönetiminde kurum/kuruluşlar iki sınıfa ayrılırlar: Düzenleyici Kurumlar ve Uygulayıcı Kurumlar. Düzenleyici kurumlar genelde **politika geliştirme, planlama, izleme ve denetim** konularında yetkili ve sorumludur. Uygulayıcı kurum/kuruluşlar ise uygulama yapmakla ve/veya yatırım gerçekleştirmekle mükelleftir. Türkiye'de düzenleyici kurumlara Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü verilebilir. Uygulayıcı Kurumlara ise DSİ, Su ve Kanalizasyon İdareleri, İller Bankası gibi kurumları örnek vermek mümkündür. Bu kurumların görev tanımlarının iyi yapılması, yetki ve sorumluluklarının girişim yapmaması gerekir.



Şekil 2. Türkiye’de Su Yönetiminde Yetkili Kurumlar



Şekil 3. Türkiye’de Su Miktarı ve Kalitesinin İzlenmesinde Yetkili/Sorumlu Kurumlar

Türkiye’deki Mevcut Su Yönetimi Yaklaşımı aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Alıcı ortam kalitesi dikkate alınmadan kirliliği önleme odaklı bir yaklaşım mevcuttur.
- Entegre yaklaşım yerine belirli su kütlelerini kapsayan tekil çözümler üretilmektedir.
- Kendi içinde veya diğer politikalardan kopuk çözüm arayışları mevcuttur.
- Havza ölçekli entegre yaklaşım yerine tekil su taleplerini karşılama odaklı yaklaşım vardır
- İdari sınırlara bağımlı su yönetimi yaklaşımı takip edilmektedir. Bu da havza yaklaşımının önündeki en büyük engeldir.
- Yönetim anlayışı tüm aktörleri (paydaşları) kapsamamaktadır.
- Kurumlar arası koordinasyon eksikliği mevcuttur.
- Su hukuku ve politikası konularında uzman eksikliği vardır.
- Sınır aşan suların yönetiminde işbirliği anlayışının eksikliği hissedilmektedir.
- **Sonuç:** Türkiye’de su yönetimi verimi düşüktür.

SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ ÇALIŞMALARI

Hem Türkiye’de su yönetimi yaklaşımının iyileştirilmesi, hem de AB Su Çerçeve Direktifine uyum ihtiyacı çerçevesinde, ulusal ve uluslararası düzeyde koordinasyon sağlamak, uyum mevzuatını hazırlamak ve çıkarmak, su kaynaklarının havza bazında kalite ve miktar olarak kullanımı ve korunması için politika geliştirmek üzere, 04.07.2011 tarih ve 645 sayılı Kanun Hükmünde Kararname (KHK) ile Orman ve Su İşleri Bakanlığı Merkez Teşkilatı bünyesinde **Su Yönetimi Genel Müdürlüğü** kurulmuştur.

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü’ne aşağıdaki görev, yetki ve sorumluluklar verilmiştir:

1. Planlama (Havza Eylem ve Yönetim Planları)
2. Kurumlar arası Koordinasyon
3. Su Politikası, Sınır aşan ve Sınır oluşturan Sular
4. Su ile İlgili Uluslararası İlişkiler
5. Su Hukuku ve Mevzuat Geliştirme, Su Güvenliği
6. Envanter ve Ulusal Su Bilgi Sistemi
7. Havza Esaslı Sektörel Su Tahsisi
8. Yeraltı Sularının Kalitesinin Yönetilmesi
9. Su Kütlelerinin Kalitesini Belirleme ve Sınıflandırma
10. Alıcı Ortam Su Kalite Standardı ve Kriterleri Geliştirme
11. Hassas Alanların Belirlenmesi ve Yönetimi
12. İzleme İstasyonlarını, İzlenecek Parametreleri, İzleme Periyotlarını ve Metotlarını Belirleme
13. İzleme Programı Hazırlama ve Uygulamaları İzleme
14. Kalite Ölçümlerinin Koordinasyonu
15. Taşkın Yönetimi Planlaması
16. Kuraklık Yönetimi Planlaması

17. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi ve Uyum
18. Su Verimliliği
19. Arıtma Sistemleri ve Su Teknolojisi
20. Su Kaynaklarının Modellenmesi

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü ilk 10 yıl içerisinde Su Kanunu ve Taşkın Kanunu tasarılarını hazırlamış; 2 adet Strateji Belgesi yayımlamış; 12 adet Yönetmelik, 10 adet Tebliğ, 15 adet Genelge olmak üzere 37 adet mevzuat yayımlamış; 11 Havza Yönetim, 23 Taşkın Yönetim, 15 Kuraklık Yönetim ve 6 Havza Sektörel Tahsis olmak üzere toplam 55 Havza Planı hazırlamıştır. Ayrıca Havza Koruma Eylem Planları, İçme Suyu Havza Koruma Planları, Havza Yeraltı Sularının Yönetimi Planları, İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi ve Değişikliğe Uyum Planları hazırlanmıştır. Ülkemize Özgü Su Kalitesi Ekolojik Sınıflandırma Sistemi Geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Sonuç olarak Avrupa Birliği Çevre Faslı'nın su ile ilgili gerekliliklerin tamamı yerine getirilmiştir.

Su Yönetimi Genel Müdürlüğünce Ulusal Su Bilgi Sistemi kurularak su ile ilgili bütün bilgi ve belgeler dijital ortama yüklenmiştir. Havza Hidrolojik, Ekolojik ve Su Kalite Modelleri Geliştirilmesi çalışması tamamlanarak Hidrotürk isimli model geliştirilmiştir. Ülkemize Özgü Tehlikeli ve Endokrin Bozucu Maddelerin Belirlenmesi çalışması ile sularımızda bulunma ihtimali olan kanser yapıcı ve hormonal yapıyı bozucu maddeler tespit edilmiş, bunların sularda bulunma maksimum konsantrasyonlarını belirten standartlar geliştirilmiştir. Ötrofikasyona Hassas Alanların Belirlenmesi projesi ile iç ve kıyı suları incelenerek alınacak tedbirler ortaya konulmuştur. GAP Bölgesinde Sulamadan Dönen Suların Kontrolü Projesi ile sulanan arazilerden dışarıya akan suların pestisit, azot ve fosfor konsantrasyonları ölçülerek alınacak tedbirler geliştirilmiştir. Ulusal İzleme Ağının Belirlenmesi projesi ile bütün havzalarda en küçük su yönetim birimi olan su kütleleri belirlenmiş, her bir kütlede ölçülecek parametreler, bu parametrelerin ölçüm metot ve periyotları tespit edilmiştir. İçme Suyu Kaynakları ve Arıtma Tesislerinin İyileştirilmesi Projesi ile Türkiye'deki bütün su arıtma tesisleri incelenmiş, gerek tasarım ve inşaa, gerekse işletme problemleri tespit edilerek iyileştirme için öneriler sunulmuştur. Yüzeysel Sular ile Yüzme ve Rekreasyon Amacıyla Kullanılan Kıyı Sularında Siyanobakteriler için Alarm Seviyelerinin ve Limitlerin Belirlenmesi, Müdahale ve Mücadele Yöntemlerinin Geliştirilmesi Projesi de başarıyla tamamlanmış ve proje çıktıları mevzuata dönüştürülmüş ve uygulaması yapılmıştır.

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından Su Verimliliği alanında da çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu kapsamda İçme Suyu Şebekelerinde Su Kayıplarının Kontrolü, Sulama Suyunda Kayıp ve Kaçakların Kontrolü, Arıtılmış Atık Suların Sulamada Kullanımı, Endüstriyel Proseslerde Suyun Yeniden Kullanımı, Türkiye Su Ayak İzinin Belirlenmesi, Temiz Üretim, Yağmur Suyu Hasadı ve Su Tasarrufu ile ilgili uygulanabilir çözümler üretilmiş ve mevzuat geliştirilmiştir.

SU VE KANALİZASYON İDARELERİ

1982 öncesinde şehirlerde su temini işleri, kanalizasyondan ayrı olarak başlangıçta genellikle Bayındırlık Bakanlığı, Valilik ve Belediyelerin ortak yönetiminde oluşturulan Sular İdareleri sorumluluğunda yürütülmüş, ancak gerek hizmet kalitesi gerekse işletme verimi düşük kalmıştır. Kırsal alandan kentlere hızlı göçün yol açtığı ve hızlı şehirleşmenin ortaya çıkardığı altyapı sorunlarından birisi de su temini, kanalizasyon ve yağmur suyu drenaj hizmetleri olmuştur. Göç ve

hızlı kentleşmeye paralel olarak altyapı inşa ve işletmesindeki güçlükler de katlanarak artmıştır. Bu altyapı tesislerinin inşası kadar, hatta daha fazla işletme problemleri ortaya çıkmış, bu problemleri çözecek kurum/kuruluşların tanımı yapılmadığından ve ayrıca yetişmiş eleman eksikliği sebepleriyle yerleşimlerde büyük problemler meydana gelmiştir. Verilen hizmetlerin denetimi yapılamamıştır; çünkü hizmeti veren kurum/kuruluşlar aynı zamanda denetçi konumunda kalmışlardır.

Başta İstanbul (DAMOC, 1966-1970) ve Ankara (Camp Harris Mesera, 1968 – 1969) olmak üzere su, kanalizasyon ve yağmur suyu master planları hazırlanmış, ancak bunlar hızlı nüfus artışı sebebiyle kısa sürede yetersiz kalmıştır.

Sular İdaresi sadece su temini ile uğraşmasına rağmen bu hizmeti vermede bile yetersiz kalmıştır. Bunun üzerine nüfusu 100.000 üzerindeki şehirler için DSI, altındaki yerler için İller Bankası devreye girmiştir. Ancak kanalizasyon, atık su arıtma, yağmur suyu drenajı konuları sahihsiz kalmıştır. Zira altyapıların inşa ve işletilmesi büyük yatırım, dolayısıyla finansman ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Diğer taraftan kurum/kuruluşlar arasında yetki ve sorumluluk karmaşası ortaya çıkmış, kurumlar arası koordinasyon sağlanamamıştır. Herkes yetkiyi üstlenmiş, ancak sorumluluğu diğerinin üzerine atmıştır.

Mevcut uygulamaların yetersiz kalması üzerine 20 Kasım 1981 tarihinde İSKİ Kanunu çıkarılarak 1982 yılında müstakil bütçeli İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi kurulmuştur. İSKİ başlangıçta İstanbul Valiliğine bağlı iken 1984 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesine bağlanmıştır.

İSKİ'nin su ve kanalizasyon problemlerinin çözümünde çok başarılı olması üzerine 1987 yılında Ankara, İzmir ve Adana'da da Su ve Kanalizasyon İdareleri kurulmuştur. Nüfusu 750.000'in üzerindeki şehirlerin büyükşehir statüsüne alınması üzerine 2014 yılında Büyükşehir Belediye, dolayısıyla Su ve Kanalizasyon İdaresi sayısı 30'a yükselmiştir.

1 Ocak 2019 tarihi itibarıyla Türkiye nüfusu 82.003.882 kişi olup 63.495.314 kişi Büyükşehir Belediye sınırları içinde yaşamaktadır. Dolayısıyla 2019 yılı itibarıyla Türkiye nüfusunun %77'si büyükşehirlerde yaşamakta olup su, atık su ve yağmur suyu hizmetleri Su ve Kanalizasyon İdareleri tarafından yürütülmektedir.

2018 itibarıyla Belediye teşkilatı olan yerleşimlerin %82'sinde atık su arıtma tesisi mevcut olup evsel atık sular arıtılmaktadır. Diğer taraftan 2019 itibarıyla faal olan 233 Organize Sanayi Bölgesi'nin (OSB'nin) 129'unda ya Atık su Arıtma Tesisi hiç yoktur veya atık suları doğrudan şehir kanalizasyonuna bağlıdır. Atık su arıtma tesisi bulunan OSB'lerin sayısı 104'tür. Bu tesislerin de çalışma performansı hakkında veri yoktur. Münferit sanayi atık su arıtma tesislerinin sayısı ve performansları hakkında yeterli veri bulunmamaktadır. Daha küçük ölçekli olan bu tesislerin çalıştırılmadığı kanaati yaygındır. Sonuç olarak yeterli denetim yapılmadığı kanaati yaygındır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı verilerine göre Ülkenin genelinde 2019 itibarıyla atık su arıtma tesislerinin %46'sı verimli çalışmakta, %54'ünün ise bakım onarım veya revizyon ihtiyacı bulunmaktadır. Bunun için gerekli maliyet 1 Temmuz 2019 itibarıyla 4,8 milyar TL (838 milyon US Dolar) olarak hesaplanmıştır.

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yapılan bir projede ise Türkiye'deki 193 içme suyu tesisinin bakım onarım ve/veya revizyona ihtiyacı bulunduğu ortaya çıkmıştır.

2017 DSI verilerine göre su kaynaklarından içme kullanma maksadıyla bir yılda çekilen su miktarı 7 milyar m³'tür. Türkiye içme suyu sistemlerinde su kayıp kaçak oranı TÜİK 2017 verilerine göre %36 olup bunun anlamı yılda 2,5 milyar m³ suyun faturalanmadığı anlamına gelmektedir. Kişi başına günlük su tüketimi 200 litre alındığında 2,5 milyar m³ suyun 34 milyon kişinin su ihtiyacına karşılık geldiği görülmektedir. Bu değer aynı zamanda İstanbul'un 2,3 yıllık su ihtiyacına eşdeğerdir.

2018 fiyatlarına göre, bütün belediyelerin su kayıp kaçak oranlarını %36'dan %30'a düşürmek için 3,85 milyar TL, %25'e düşürmek için ise 5,52 milyar TL yatırıma ihtiyaç bulunmaktadır. Harcanan para %30 için 2,5 yılda, %25 için ise 3,7 yılda kendini amorti edecektir.

Sonuç olarak Su ve Kanalizasyon İdareleri, Türkiye'de altyapı hizmetlerinin yürütülmesinde önemli bir fonksiyon icra etmiştir. Altyapı finansman ihtiyacını kendi karşılamıştır. Önemli bir tecrübe ve bilgi birikimi meydana gelmiştir. Dolayısıyla Türkiye'deki Su ve Kanalizasyon İdaresi yapılanması diğer ülkelere örnek teşkil edecek nitelik taşımaktadır.

Su ve Kanalizasyon İdarelerinin daha da iyileştirilmesi için personel kalitesinin ve kurumsal verimliliğin artırılması gerekmektedir. Elde edilen finansmanın daha verimli kullanılması mümkündür. Diğer taraftan Su ve Kanalizasyon İdarelerinin organizasyonunu ve olumlu etkileşimini sağlayacak bir organizasyon düşünülebilir (düzenleyici-uygulayıcı kuruluş ilişkisi). Ayrıca akıllı sistemler ve yeni teknolojik yaklaşımlarla hizmet kalitesinin artırılma ihtiyacı bulunmaktadır.

SULAMA SİSTEMLERİ VE KAYIPLARI

Türkiye'deki su kaynaklarının %72'si sulamada kullanılmaktadır. 2017 DSI verilerine göre sulama oranı %64, sulama randımanı %48'dir.

Sulama Sistemlerindeki Verimlilik Oranları sulama sistemlerine göre değişmektedir. Verim klasik (salma) sulamada %40-50, yağmurlama sulamada %60-70, damla sulamasında %80-90 mertebesinde. Dolayısıyla uygun olan yerlerde damla veya yağmurlama sulamaya geçilmesi su tasarrufu bakımından büyük önem arz etmektedir.

Sulama Tesisleri, Sulama Birlikleri ve Sulama Kooperatifleri tarafından işletilmektedir. Ancak işletmede önemli sorunlarla karşılaşmaktadır. Bugüne kadar ki uygulamada ana sulama kanallarını doğru ve etkin bir şekilde işletecek yapı oluşturulamamıştır. Diğer taraftan bu yapının başına gelen kişiler seçimle geldiği için seçmenlerin baskısı altında kalmakta, etkin ve verimli çalışmamaktadır. Seçilen başkanlar işletmecilik konularında yeteri ölçüde etkin olamamakta, bütçe kaynaklar verimli kullanılamamaktadır. Birliklerde çalışan personel gerekli eğitimleri alamadıkları ve yetkin kişilerle çalışmadığı için hizmet kalitesi düşüktür.

Sulama Birlikleri ve Sulama Kooperatifleri sulama tesislerinin bakım ve onarımlarını kendileri yapmakla, işletme giderlerini de kendileri karşılamakla mükelleftir. Dolayısıyla gerekli bakım, onarım ve işletme maliyetlerini hizmet verdikleri arazi sahiplerinden almaları gerekmektedir. Bu durumda tarımsal sulama fiyatlandırması gündeme gelmektedir. DSI'nin tespitlerine göre Türkiye'de hektar başına sulama ücretleri, ortalama olarak, cazibeli su temininde 80 ABD Doları, basınçlı su temininde ise 210 ABD Doları olarak verilmektedir. Fiyatların düşmesi için öncelikle su tasarrufu sağlayan sistemlerin seçilmesi, su kayıp ve kaçakların önlenmesi, sulamada su tasarrufu için hacimsel su

tarifelerinin uygulanması, sulama personelinin verimli çalışan profesyonel kişilerden oluşması gerekmektedir.

Sonuç olarak Sulama Birliklerinin ve Sulama Kooperatiflerinin yapısında düzenleme ve sıkı denetim ihtiyacı bulunmaktadır.

TÜRKİYE'DE SU YÖNETİMİNDE ETKİNLİĞİ SAĞLAYACAK BAZI YAKLAŞIMLAR

Öncelikle merkezi yönetimde bazı düzenlemeler yapılması ihtiyacı bulunmaktadır. Kurumların Görev-Yetki çakışmasının önlenmesi ve yönetim otoritesi sağlanması gerekmektedir. Mesela Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, DSİ Genel Müdürlüğü, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Su Yönetimi Dairesi gibi kurumların uhdeğinde bulunan yönetim (planlama, izin, izleme denetim) görevlerinin tek çatı altında toplanması düşünülebilir. Bu hem etkin karar almayı hem de verimli bir şekilde uygulamayı sağlayacaktır.

Büyükşehir olmayan yerlerde de İl ölçeğinde Su ve Kanalizasyon İdarelerinin, İSKİ modeline benzer şekilde, İl Özel idareleri ve İl içindeki bütün belediyeleri ve köyleri kapsayacak şekilde kurulması yatırımları ve hizmet kalitesini artıracaktır. Böylece kurumsal kapasite artışı, hizmette verim ve yönetim ölçeğinin büyümesinden dolayı birim maliyetlerde azalma sağlanacaktır. Bu yeni yapılanma sayesinde yeterli ve sağlıklı içme suyu temini ile atıksuların toplanması daha hızlı ve verimli bir şekilde sağlanacak, su ve atıksu arıtma tesisleri daha verimli işletilecektir. Çevresel altyapı yatırımı ve işletilmesinde verimlilik (Fonksiyonellik, Enerji Tüketimi, Arıtma Verimi, Ekonomiklik vs) artacaktır. Planlama, Projelendirme, İşletme, Finans Temini kolaylaşacaktır.

Türkiye'de su mevzuatı ile ilgili mevcut yapıda çok sayıda çakışma ve boşluklar bulunmaktadır. Mesela doğal mineralli suların tanımı ve tahsisinde karmaşa mevcuttur. Bu konuda Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Su ve Kanalizasyon İdareleri, Milli Emlak Genel Müdürlüğü ve benzeri kurumların mahkemelere intikal eden davaları bulunmaktadır. Diğer taraftan kullanılmış suların tekrar kullanımı ile ilgili hukuki boşluklar bulunmaktadır. Taşkınların önlenmesi için alınacak tedbirlerden sorumlu kurumların tanımında eksiklikler, hatta çakışmalar mevcuttur. Yeraltı sularının sahipliği ve işletilmesi konusu da muğlaktır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye'de Su Yönetimini etkinleştirip verimi yükseltmek için aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir

- 1) Kurumlar arası koordinasyonu sağlayacak; kurumsal çerçevenin tanımlandığı; kurumların yetki ve sorumluluklarının açıkça belirtildiği; çakışma, çelişme ve boşlukların giderildiği; havza yönetimine yasal altlık oluşturacak **Su Kanunu** acilen çıkarılmalıdır.
- 2) Mevcut bütün su mevzuatının gözden geçirilmesi, boşluk, çakışma ve mükerrerliklerin giderilmesi gerekmektedir. Bazı mevzuatın birleştirilmesi, ihtiyaç bulunan konularda ise yeni mevzuat çıkarılması düşünülmelidir.
- 3) Havza, Taşkın, Kuraklık Yönetim Planlarının uygulanması zorunlu hale getirilmeli, ortaya çıkacak olumsuz etki ve zararlardan yetkili ve ilgili kurumlar/kuruluşlar sorumlu tutulmalıdır.

- 4) Kurumlar arasında koordinasyonu sağlayacak, üst düzey kararları olgunlaştırıp en üst makama sunacak, ilgili bakanlık ve paydaş temsilcilerinin de temsil edildiği bir üst Kurul oluşturulmalıdır.
- 5) Su miktarı ve kalitesini izleyecek, aynı zamanda denetim yapacak, bütün Bakanlıklar ile Su ve Kanalizasyon İdarelerine hizmet verecek, doğrudan Cumhurbaşkanlığına bağlı **İzleme ve Denetim Genel Müdürlüğü** kurulmalıdır. Böylece bütün noktalarda izleme ve denetim yapılması ve veri üretilmesi mümkün olacaktır.
- 6) Su ve Kanalizasyon İdareleri hâlihazırda sadece 30 Büyükşehirde kurulmuş olup su ve kanalizasyon hizmetlerinin yürütülmesinde oldukça etkili çözümler üretilmiştir. Bu sebeple kalan 51 şehirde de Su ve Kanalizasyon İdaresi kurulmalıdır. Nüfusu küçük iki veya üç şehir için tek bir Su Kanalizasyon İdaresi kurulabilir (Mesela Bayburt – Gümüşhane Su Kanalizasyon İdaresi olabilir). Böylece daha hızlı ve etkili hizmet götürülebilir. İl Özel İdarelerinden devredilecek yeni yükümlülükler ilgili kurumlara verilmelidir (mesela enerji nakil hatları, sulama ve diğer işlerin önemli kısmı Su ve Kanalizasyon İdareleri ile ilgili değildir).
- 7) Kentsel alandaki yağmur sularının drenajı, bedeli bağlı olduğu belediyelerce karşılanmak kaydıyla, Su ve Kanalizasyon İdarelerine devredilmelidir.
- 8) Su kayıp ve kaçaklarının kontrolü üzerinde durulmalı, gerçekçi bir planlama ile belirli bir sürede yerleşimlerdeki su kayıp kaçak oranı %10'un altına düşürülmelidir. Su kayıp kaçakları önlemeden yeni kaynaklardan su alınmasına izin verilmemelidir.
- 9) Bütün yerleşimler için Su Güvenliği planları hazırlanmalıdır. Bu planlarda kurak dönemlerde, afet durumlarında, su iletim ve dağıtım hatlarında uzun süreli arıza meydana gelmesi hallerinde, suyun kalitesinin halk sağlığını olumsuz yönde etkileyecek şekilde aniden bozulması durumlarında, su ihtiyacının nasıl karşılanacağı gösterilmelidir.
- 10) Su Yönetiminde Verimlilik kavramının gereği olarak su tasarrufu sağlayacak teknoloji kullanımı, temiz üretim tekniğinin zorunlu hale getirilmesi, kayıp kaçaklarının kontrol altına alınması, yağmur suyu hasadı, atık suların yeniden kullanımı ve benzeri uygulamalara ağırlık verilmelidir.
- 11) Su ve Kanalizasyon İdareleri başta olmak üzere su ile ilgili kurumların, Stratejik Varlık Yönetimi Planlarını hazırlama ve Çalışan Kalitesini Yükseltme çalışmalarını yapma zorunlu hale getirilmelidir.
- 12) Sağlıklı bir finans sistemi kurulabilmesi için “Kullanan ve Kirleten Öder” ilkesi tavizsiz bir şekilde uygulanmalıdır. Tarifelerin hazırlanmasında Tam Maliyet İlkesi esas alınmalıdır.

Bundan sonraki dönemde Temiz Üretim; Su Kayıp ve Kaçaklarının Tespiti ve Kontrolü; Tarımda Suyun Verimli Kullanımı; Arıtılmış Atık Suların Sulamada Kullanımı; Yağmur Suyu Hasadı; Su Tasarrufu; Uzun Kurak Dönemlerde Su İhtiyacının Nasıl Karşılanacağı; Deniz Sularından İçme Kullanma Suyu Temin Teknolojileri; Yeraltı Sularının Arıtılmış Atık Sularla ve Yağmur Suları ile Beslenmesi; Buharlaştırmanın Azaltılması; Su İletim Hatlarında Arıza Olması Durumunda Acil Müdahale ve Su Temin Planları; Su Kaynaklarına Kalite Bozucu Kimyasalların, Biyolojik, Radyoaktif ve Nükleer Maddelerin Karışması Durumunda Yapılabilecekler gibi geniş bir alanda karşılaşılabilecek problemlere çözüm üretilebilmek için kamu – üniversite işbirliği ile araştırmalar yapılmalıdır.

Barajların Su Kalitesine Olan Etkileri

Adem BAYRAM*

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon
İletişim: abayram@ktu.edu.tr

ÖZET

Hidroelektrik enerji üretimi, içme ve kullanma suyu temini, sulama, taşkın koruma vb. amaçlarla inşa edilen barajların birçok faydasının yanı sıra göl sahası içerisinde kalan yerleşim yerlerini ve tarım arazilerini sular altında bırakmaları, memba mansap arası balık geçişlerini engellemeleri, kimi yerlerde heyelanlara sebep olmaları vb. sebeplerle sakıncaları da olabilmektedir.

İşletmedeki barajların akarsu kalitelerine olabilecek olumlu ya da olumsuz etkilerine yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Havzası akarsularından Harşit Çayı ana kol üzerinde hidroelektrik enerji üretimi amacıyla inşa edilen Torul Barajı (Gümüşhane) ile Galyan Deresi ana kol üzerinde içme ve kullanma suyu temini amacıyla inşa edilen Atasu Barajı'nın (Trabzon) söz konusu akarsuların kalitesine olan etkilerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

Harşit Çayı Havzası'nda askıda katı madde (AKM), bulanıklık, toplam krom (Cr), toplam demir (Fe), mangan iyonu (Mn^{+2}), alüminyum iyonu (Al^{+3}), toplam azot (TN), orto-fosfat fosforu ($o-PO_4^{-3}-P$) ve toplam organik karbon (TOC) değişkenleri ile Torul Barajı'nın ve Galyan Deresi Havzası'nda AKM, bulanıklık, TN, toplam fosfat fosforu (TP) ve TOC değişkenleri ile Atasu Barajı'nın su kalitesine olan etkileri, her biri bir yıllık çalışma kapsamında araştırılmıştır.

Her biri 24 çalışmadan oluşan memba ve mansap su kalitesi verileri karşılaştırıldığında, Harşit Çayı Havzası'nda taşınan AKM yükünün %78.6'lık kısmının normal su kotunda $168 \times 10^6 m^3$ göl hacmine sahip Torul Barajı haznesinde tutulduğu ve bulanıklığın %66.6 azaltıldığı, Mn^{+2} yükünde %20.2 ve Al^{+3} yükünde de %18.7'lik bir giderimin olduğu anlaşılmıştır. Galyan Havzası'nda taşınan AKM yükünün de %61.7'lik kısmının $35.75 \times 10^6 m^3$ göl hacmine sahip Atasu Barajı haznesinde tutulduğu ve bulanıklığın da azaltıldığı görülmüştür.

TN yükünde %9.6, TP yükünde %5.5 ve TOC yükünde %7.1'lik bir düşüşe neden olan Atasu Barajı'na kıyasla, TN yükünde %11.9, $o-PO_4^{-3}-P$ yükünde %17.8 ve TOC yükünde %23.2'lik bir giderim sağlayan Torul Barajı'nın su kalitesine katkıda daha etkin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atasu Barajı, Galyan Deresi, Harşit Çayı, Su Kalitesi, Torul Barajı

GİRİŞ

Her geçen gün artan su ve enerji taleplerinin karşılanmasında yaygın olarak kullanılan barajlar, üzerinde bulundukları akarsuların fiziksel karakterleri, hidrolojik özellikleri ve su kalitesini etkilemektedir. Akarsu rejimini değiştirmeleri ve sürekliliği kesintiye uğratmaları sebebiyle barajların su kalitesi üzerindeki etkileri farklılık göstermektedir (Graf 2006, Bayram ve Önsoy 2011). Kurunc vd. (2006) Kelkit Çayı üzerinde inşa edilen Kılıçkaya Barajı'nın (Sivas) inşa öncesi (1984-1988) ve

sonrası (1990-2001) dönemler için su kalitesi değişkenlerinden toplam çözünmüş katılar (TÇK), sodyum iyonu (Na^+), potasyum iyonu (K^+), kalsiyum iyonu (Ca^{+2}), magnezyum iyonu (Mg^{+2}), klorür iyonu (Cl^-) ve sülfat iyonu (SO_4^{-2}) üzerindeki etkisini araştırmıştır. Na^+ ve Cl^- değişkenleri hariç diğer su kalitesi değişkenlerin yüklerinde bir miktar düşüler tespit etmiş ve Kılıçkaya Barajı'nın Kelkit Çayı su kalitesini etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Wei vd. (2009) Lancang-Mekong Nehri (Çin) üzerinde inşa edilen Manwan ve Dachaoshan barajlarının su kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Baraj rezervuarlarında genişleyen kesit sebebiyle akış hızının azaldığı ve su sıcaklığının arttığını, bu durumun da suyun kendi kendini arıtma kapasitesini düşürdüğünü ortaya koymuşlardır. Bayram ve Kenanoğlu (2016) Çoruh Nehri üzerinde hidroelektrik enerji üretimi ve taşkın koruma amacıyla inşa edilen Borçka Barajı'nın (Artvin) askıda katı madde (AKM) taşınımı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Barajın memba ve mansabında seçilen gözlem istasyonlara ait yıllık ortalama AKM (mg/L) ve bulanıklık (T, NTU) verileri dikkate alındığında, Çoruh Nehri ve Murgul Çayı tarafından taşınan AKM'nin sırasıyla %92.4 ve 99.8'inin rezervuarda çökeldiğini ortaya koymuşlardır. Çoruh Nehri ve Murgul Çayı'ndaki bulanıklığı da sırasıyla %92 ve 96 azalttığını tespit etmişlerdir. Al Murib ve Wells (2019) üzerinde Musul ve Kut barajları ile Tharthar Gölü'nün yer aldığı Dicle Nehri'nde (İran) debi kontrolünün TÇK üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Nehrin membanda debide %15'lik bir artışın TÇK konsantrasyonunda yaklaşık %5'lik bir azalmaya neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Bor ve Elçi (2022) Çine Çayı üzerinde sulama, hidroelektrik enerji üretimi ve taşkın koruma amacıyla inşa edilen Adnan Menderes Barajı'nın (Aydın) su kalitesi üzerindeki etkilerini barajın inşa öncesi ve sonrası (2006-2019) için birer istasyona ait su kalitesi verilerini kullanarak araştırmışlardır. Barajın pH, elektriksel iletkenlik, TÇK, Na^+ , Cl^- , SO_4^{-2} , nitrat iyonu (NO_3^-), alüminyum iyonu (Al^{+3}) ve mangan iyonu (Mn^{+2}) değerlerinde anlamlı düşüşler meydana getirdiğini tespit etmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı takibi yapılan çeşitli fiziksel ve inorganik-kimyasal su kalite değişkenleri bakımından Doğu Karadeniz Havzası akarsularından Harşit Çayı ana kol üzerinde inşa edilen Torul Barajı (Gümüşhane) ile Galyan Deresi ana kol üzerinde inşa edilen Atası Barajı'nın (Trabzon) su kalitesi üzerindeki olası etkilerinin araştırılması ve değerlendirilmesidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanı

Torul Barajı, Gümüşhane İli'nin Torul İlçesine 14 km uzaklıkta ve Harşit Çayı üzerinde yer almaktadır. Baraj yeri Gümüşhane'nin 40 km kuzeybatısında, Trabzon'un 90 km güneybatısındadır. 01.11.1998 tarihinde ihalesi yapılan Torul Barajı ve HES tesisleri işinde, 14.11.2000 tarihinden itibaren fiilen işe başlanmış ve 2007 yılında ise iş tamamlanmıştır. Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu tipinde olan barajın (Şekil 1) temelden yüksekliği 142 m, talvegden yüksekliği 137 m ve kret kotu 922 m olup havza alanı 2,096 km², normal su kotunda göl alanı 3.62 km² ve göl hacmi ise 168 × 10⁶ m³'dür (aktif hacim: 83.30 × 10⁶ m³). Hemen mansabında 2. 08 km² göl alanına ve 80.25 × 10⁶ m³ göl hacmine sahip Kürtün Barajı ve HES yer almaktadır.



Şekil 1. Torul Barajı, Gümüşhane (rezervuarın boş ve dolu durumları)

Memba gözlem istasyonu Trabzon-Erzurum karayolunun (D 885) 77. km'sinde ve Torul ilçesinin girişinde (Gümüşhane'ye 23 km mesafede), 907 m kotunda ve $40^{\circ} 33' 56.7''$ K - $39^{\circ} 17' 54.7''$ D koordinatlarında seçilmiştir. Mansap gözlem istasyonu Giresun-Gümüşhane (Tirebolu-Torul) karayolunun (D 877) 53. km'sinde ve Torul HES'in çıkışında, 642 m kotunda ve $40^{\circ} 38' 39.7''$ K - $39^{\circ} 11' 03.0''$ D koordinatlarında seçilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Torul Baraj Gölü memba ve mansabında seçilen su kalitesi gözlem istasyonları

Atasu Barajı, Trabzon ilinin Maçka ilçesinde ve Galyan Deresi üzerinde yer almaktadır. 02.12.1997 tarihinde ihalesi yapılan Atasu Barajı ve HES tesisleri işinde, 27.04.1998 tarihinden itibaren fiilen işe başlanmış, 2010 yılında ise iş tamamlanmıştır. Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu tipinde olan barajın (Şekil 3) temelden yüksekliği 118 m, talvegden yüksekliği 116 m ve kret kotu 320 m olup havza alanı 191.4 km^2 , normal su kotunda göl alanı 0.83 km^2 ve göl hacmi ise $35.75 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'dür.



Şekil 3. Atasu Barajı, Trabzon (rezervuarın boş ve dolu durumları)

Memba gözlem istasyonlarından ilki Kuşul Deresi üzerinde, Meyvecik AGİ'nin de konumlandığı 304 m kotunda ve 40° 50' 31.9" K - 39° 42' 43.4" D koordinatlarında, ikincisi ise Galyan Deresi üzerinde, Bibat AGİ'nin de konumlandığı 427 m kotunda ve 40° 49' 44.5" K - 39° 41' 06.2" D koordinatlarında seçilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Atasu Baraj Gölü membaında seçilen su kalitesi gözlem istasyonları

Mansap gözlem istasyonu Trabzon-Erzurum karayoluna (D 885, 13. km) 2 km mesafedeki Galyan regülatörünün membaında, 175 m kotunda ve 40° 51' 54.8" K - 39° 41' 53.3" D koordinatlarında seçilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Atasu Baraj Gölü mansabında seçilen su kalitesi gözlem istasyonu

Arazi Çalışmaları

Harşit Çayı'nda yerinde bulanıklık ölçümleri ve yüzeysel ham su örnekleme çalışmaları 05.03.2009 tarihinde başlatılmış, 15 günlük aralıklarla düzenli olarak devam ettirilmiş ve 20.02.2010 tarihindeki 24. çalışma ile bir yıla tamamlanmıştır. Bulanıklık (NTU) ölçümleri Japon menşeli Horiba U-10 (water quality checker) isimli portatif cihaz yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Bayram 2011).

Galyan Deresi'nde yerinde bulanıklık ölçümleri ve yüzeysel ham su örnekleme çalışmaları 12.01.2014 tarihinde başlatılmış, yine 15 günlük aralıklarla düzenli olarak devam ettirilmiş ve 24.12.2014 tarihindeki 24. çalışma ile bir yıla tamamlanmıştır. Bulanıklık (NTU) ölçümleri Hydrolab DS5 isimli portatif cihaz yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Satılmış 2015).

Akarsu ham su örneklerinin alınması, muhafazası ve laboratuara nakli standart yöntemlere uygun olarak gerçekleştirilmiştir (APHA, 1992).

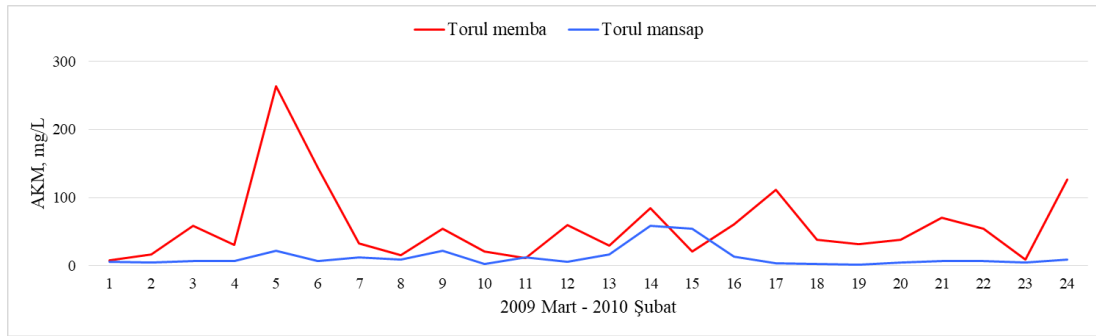
Laboratuvar İşlemleri

Su örneklerinin laboratuvarlarda çeşitli su kalite değişkenleri için analizinden önce filtre edilmesi gerekmektedir. AKM tayini için gözenek boyutu 1.2 µm olan 55 mm çaplı Sartorius marka cam elyaf (FT-3-1103-055) filtreler ve diğer değişkenler içinse gözenek boyutu 0.45 µm olan 50 mm çaplı selüloz asetat (kod no: 11106-50-N) ve selüloz nitrat (kod no: 11306-50-N) filtreler kullanılmıştır. Filtrasyon işlemi için 47 mm çaplı süzme haznesine sahip Sartorius marka (kod no: 16307) vakumlu filtrasyon seti kullanılmıştır.

Harşit Çayı filtre edilmemiş su örneklerinde toplam krom (Cr) ve toplam demir (Fe) ile filtre edilmiş su örneklerinde Mn^{+2} , Al^{+3} , toplam azot (TN), $o-PO_4^{-3}-P$ ve toplam organik karbon (TOC) tayinleri Dr. Lange marka ve Cadas 200 model UV-VİS spektrofotometre ve ilgili küvet testler (kit) yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Bayram 2011). Galyan Deresi filtre edilmiş su örneklerinde TOC, toplam fosfat fosforu (TP) ve TN tayinleri Hach Lange marka ve Dr. 5000 model UV-VİS spektrofotometre ve ilgili küvet testler (kit) yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Satılmış 2015).

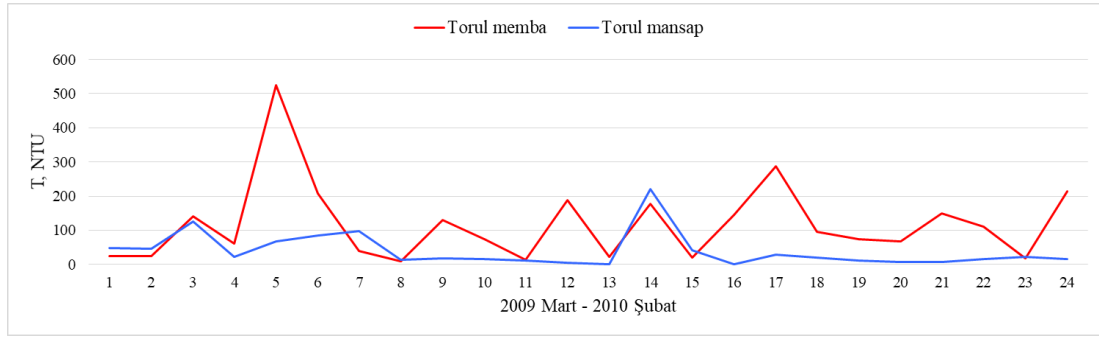
BULGULAR VE TARTIŞMA

Torul Baraj Gölü membada 8.2 ile 263.4 mg/L aralığında değişen AKM konsantrasyonu HES çıkışında 1.6 ile 58.0 mg/L aralığında değişmektedir (Şekil 6). Yıllık ortalama değerler membada 57.9 mg/L ve mansapta 12.4 mg/L olarak hesap edilmiştir. Hidrolik bekleme süresi sayesinde rezervuarın AKM'nin %78.6'lık kısmını tutarak mansap su kalitesine olumlu bir etki yaptığı anlaşılmıştır (Bayram 2011; Bayram vd. 2014).



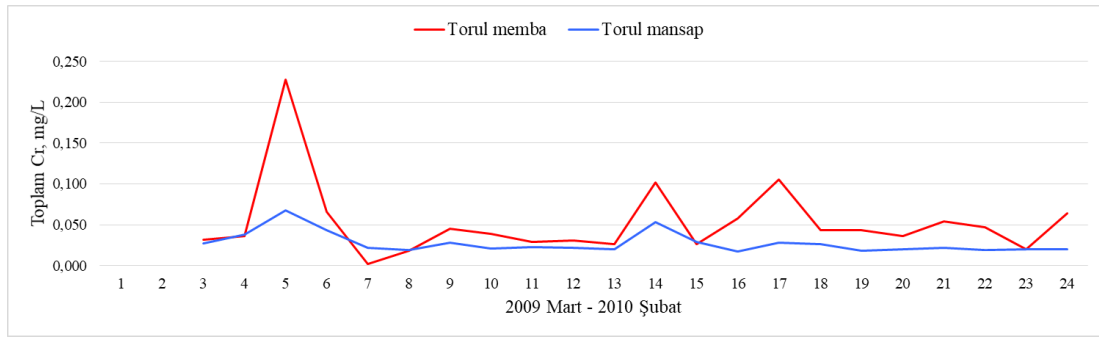
Şekil 6. Torul Baraj Gölü membada ve mansabında askıda katı madde değişimi

Torul Baraj Gölü membada 10 ile 525 NTU aralığında değişen bulanıklık HES çıkışında 0 ile 221 NTU aralığında değişmektedir (Şekil 7). Yıllık ortalama değerler membada 117 NTU ve mansapta 39 NTU olarak hesap edilmiştir. Hidrolik bekleme süresi sayesinde rezervuarın bulanıklığı %66.6 azaltarak mansap su kalitesine olumlu bir etki yaptığı anlaşılmıştır (Bayram 2011; Bayram vd. 2014).



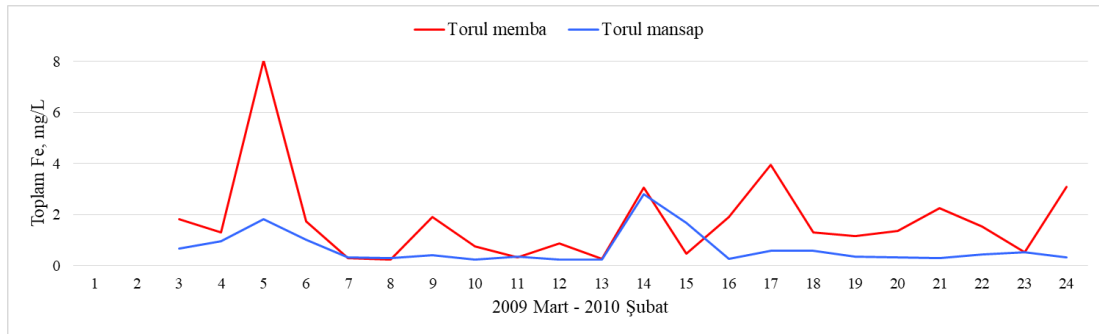
Şekil 7. Torul Baraj Gölü memba ve mansabında bulanıklık değişimi

Torul Baraj Gölü membada 0.002 ile 0.228 mg/L aralığında değişen toplam Cr konsantrasyonu santral çıkışında 0.017 ile 0.068 mg/L aralığında değişmektedir (Şekil 8). Yıllık ortalama değerler membada 0.052 mg/L ve mansapta 0.027 mg/L olarak hesap edilmiştir. Hidrolik bekleme süresi sayesinde rezervuarın toplam Cr'nin %47.6'lık kısmını tutarak mansap su kalitesine olumlu bir etki yaptığı anlaşılmıştır (Bayram 2011).



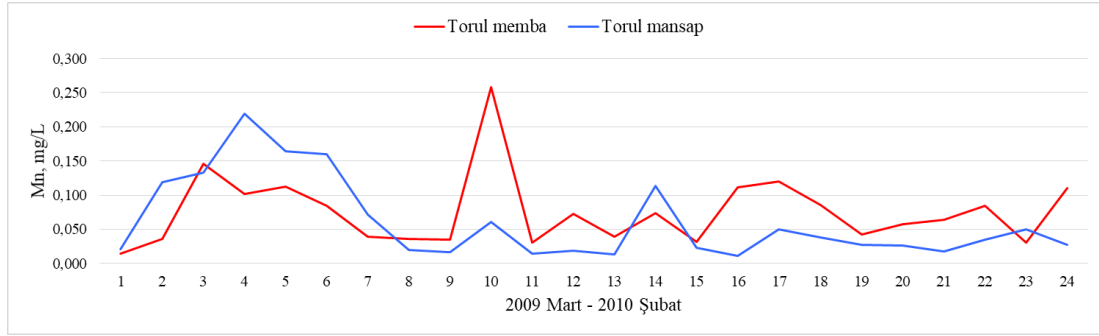
Şekil 4. Torul Baraj Gölü memba ve mansabında toplam krom değişimi

Torul Baraj Gölü membada 0.226 ile 8.020 mg/L aralığında değişen toplam Fe konsantrasyonu santral çıkışında 0.226 ile 2.810 mg/L aralığında değişmektedir (Şekil 9). Yıllık ortalama değerler membada 1.728 mg/L ve mansapta 0.668 mg/L olarak hesap edilmiştir. Hidrolik bekleme süresi sayesinde rezervuarın toplam Fe'nin %61.3'lük kısmını tutarak mansap su kalitesine olumlu bir etki yaptığı anlaşılmıştır (Bayram 2011).



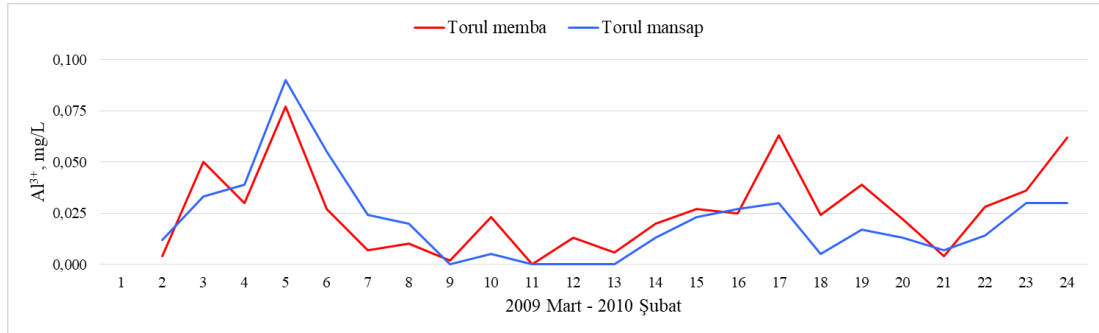
Şekil 9. Torul Baraj Gölü memba ve mansabında toplam demir değişimi

Torul Baraj Gölü membada 0.014 ile 0.258 mg/L aralığında değişen Mn^{+2} konsantrasyonu santral çıkışında 0.011 ile 0.219 mg/L aralığında değişmektedir (Şekil 10). Yıllık ortalama değerler membada 0.076 mg/L ve mansapta 0.060 mg/L olarak hesap edilmiştir. Hidrolik bekleme süresi sayesinde rezervuarın Mn^{+2} 'nin %20.2'lik kısmını tutarak mansap su kalitesine olumlu bir etki yaptığı anlaşılmıştır (Bayram 2011).



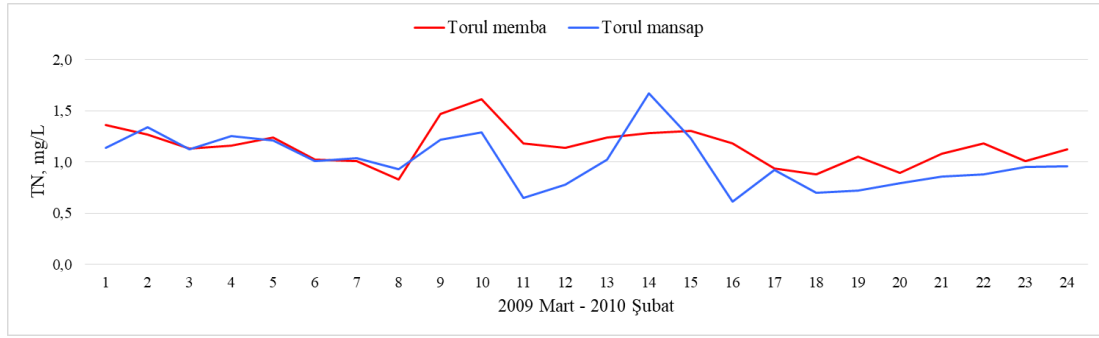
Şekil 5. Torul Baraj Gölü membada ve mansabında mangan iyonu değişimi

Torul Baraj Gölü membada 0.002 ile 0.077 mg/L aralığında değişen Al^{+3} konsantrasyonu santral çıkışında 0.000 ile 0.090 mg/L aralığında değişmektedir (Şekil 11). Yıllık ortalama değerler membada 0.026 mg/L ve mansapta 0.021 mg/L olarak hesap edilmiştir. Hidrolik bekleme süresi sayesinde rezervuarın Al^{+3} 'nin %18.7'lik kısmını tutarak mansap su kalitesine olumlu bir etki yaptığı anlaşılmıştır (Bayram 2011).



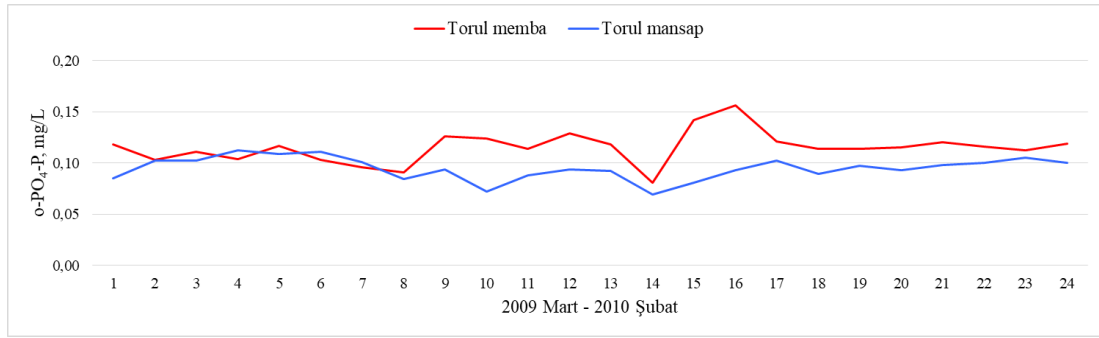
Şekil 11. Torul Baraj Gölü membada ve mansabında alüminyum iyonu değişimi

Torul Baraj Gölü membada 0.830 ile 1.610 mg/L aralığında değişen TN konsantrasyonu santral çıkışında 0.610 ile 1.670 mg/L aralığında değişmektedir (Şekil 12). Yıllık ortalama değerler membada 1.149 mg/L ve mansapta 1.012 mg/L olarak hesap edilmiştir. Hidrolik bekleme süresi sayesinde rezervuarın TN'nin %11.9'luk kısmını tutarak mansap su kalitesine olumlu bir etki yaptığı anlaşılmıştır (Bayram 2011; Bayram vd. 2012).



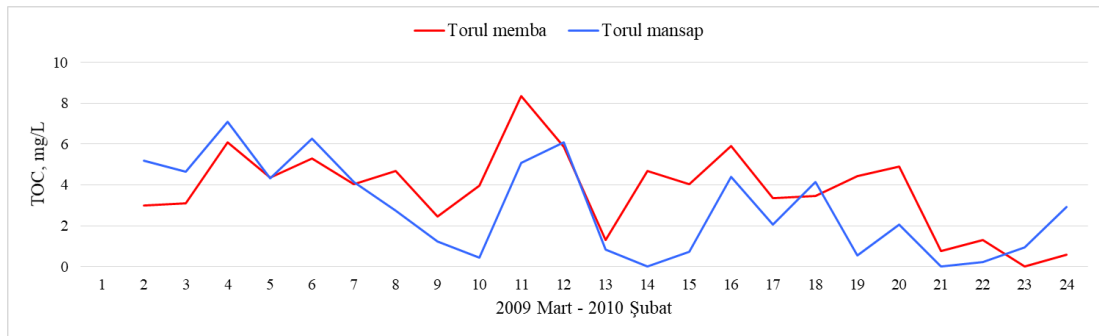
Şekil 12. Torul Baraj Gölü memba ve mansabında toplam azot değişimi

Torul Baraj Gölü membada 0.081 ile 0.156 mg/L aralığında değişen $\text{o-PO}_4^{3-}\text{-P}$ konsantrasyonu santral çıkışında 0.069 ile 0.112 mg/L aralığında değişmektedir (Şekil 13). Yıllık ortalama değerler membada 0.115 mg/L ve mansapta 0.095 mg/L olarak hesap edilmiştir. Hidrolik bekleme süresi sayesinde rezervuarın $\text{o-PO}_4^{3-}\text{-P}$ 'nin %17.8'lik kısmını tutarak mansap su kalitesine olumlu bir etki yaptığı anlaşılmıştır (Bayram 2011; Bayram vd. 2012).



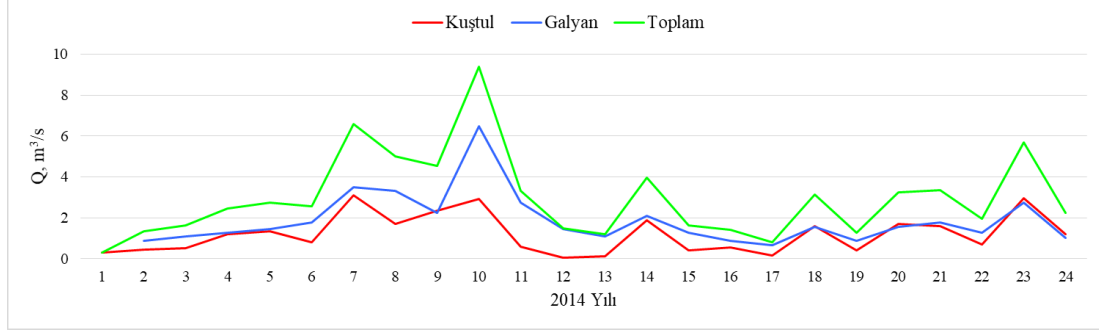
Şekil 13. Torul Baraj Gölü memba ve mansabında orto-fosfat fosforu değişimi

Torul Baraj Gölü membada 0.00 ile 8.35 mg/L aralığında değişen TOC konsantrasyonu santral çıkışında 0.00 ile 7.08 mg/L aralığında değişmektedir (Şekil 14). Yıllık ortalama değerler membada 0.115 mg/L ve mansapta 0.095 mg/L olarak hesap edilmiştir. Hidrolik bekleme süresi sayesinde rezervuarın TOC'nin %23.2'lik kısmını tutarak mansap su kalitesine olumlu bir etki yaptığı anlaşılmıştır (Bayram 2011; Bayram vd. 2011).



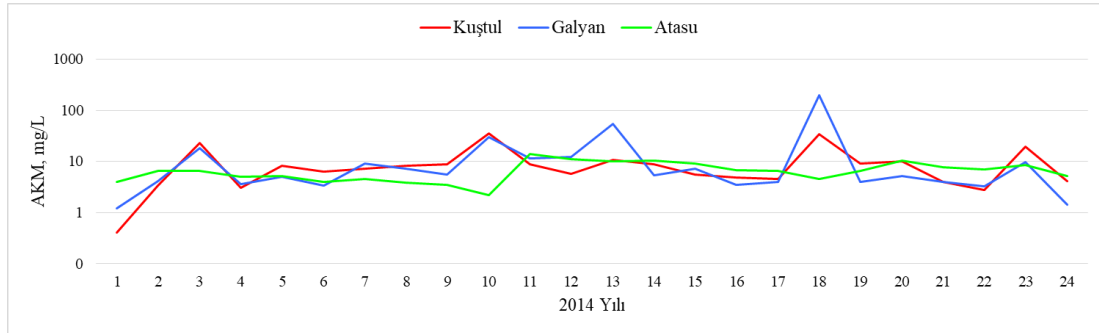
Şekil 14. Torul Baraj Gölü memba ve mansabında toplam organik karbon değişimi

Şekil 15’de görüldüğü üzere Galyan Havzası’nda günlük ortalama debi değerleri Kuştul Deresinde 0.049 ile 3.090 m³/s ve Galyan Deresinde 0.665 ile 6.470 mg/L aralığında değişmektedir (DSİ 2017; DSİ 2018).



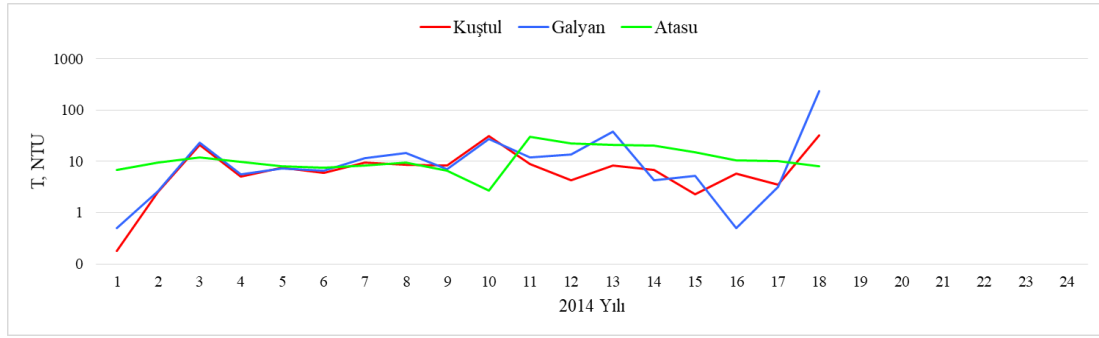
Şekil 15. Atasu Baraj Gölü memba ve mansabında debi değişimi

Şekil 16’da görüldüğü üzere Kuştul Deresinde 0.4 ile 35.1 mg/L ve Galyan Deresinde 1.2 ile 197.3 mg/L aralığında değişen AKM konsantrasyonu mansapta 2.2 ile 13.9 mg/L aralığında değişmektedir (Satılmış 2015). Atasu Baraj Gölünü besleyen akarsularının günlük ortalama debileri dikkate alınarak hesaplanan ortalama AKM yükleri Kuştul’da 1.374 ton/gün, Galyan’da 2.971 ton/gün ve mansapta 1.663 ton/gün olarak hesap edilmiştir. Hidrolik bekleme süresi sayesinde AKM yükünün %61.7’lik kısmı baraj gölünde tutularak mansap su kalitesine olumlu bir etki yapıldığı anlaşılmıştır.



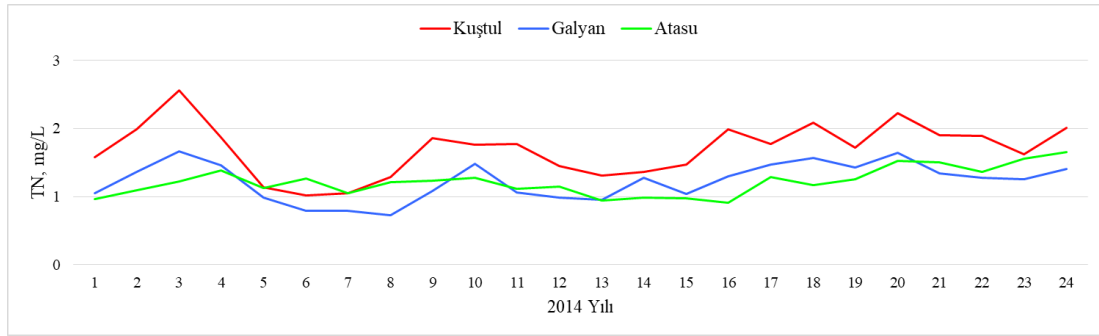
Şekil 16. Atasu Baraj Gölü memba ve mansabında askıda katı madde değişimi

Şekil 17’de görüldüğü üzere Kuştul Deresinde 0.2 ile 32.1 NTU ve Galyan Deresinde 0.5 ile 238 NTU aralığında değişen bulanıklık mansapta 2.7 ile 30.1 NTU aralığında değişmektedir (Satılmış 2015). Hidrolik bekleme süresi sayesinde rezervuarın bulanıklığı azaltarak mansap su kalitesine olumlu bir etki yaptığı anlaşılmıştır.



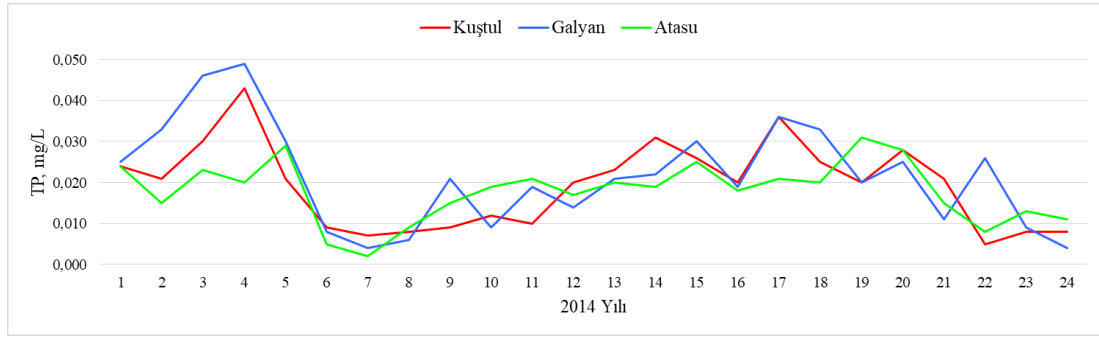
Şekil 17. Atasu Baraj Gölü memba ve mansabında bulanıklık değişimi

Şekil 18’de görüldüğü üzere Kuşul Deresinde 1.013 ile 2.560 mg/L ve Galyan Deresinde 0.724 ile 1.660 mg/L aralığında değişen TN konsantrasyonu mansapta 0.912 ile 1.650 mg/L aralığında değişmektedir (Satılmış 2015). Atasu Barajını besleyen akarsularının günlük ortalama debileri dikkate alınarak hesaplanan ortalama TN yükleri Kuşul’da 175.132 kg/gün, Galyan’da 192.931 kg/gün ve mansapta 332.726 kg/gün olarak hesap edilmiştir. Hidrolik bekleme süresi sayesinde TN yükünün %9.6’lık kısmı baraj gölünde tutularak mansap su kalitesine olumlu bir etki yapıldığı anlaşılmıştır.



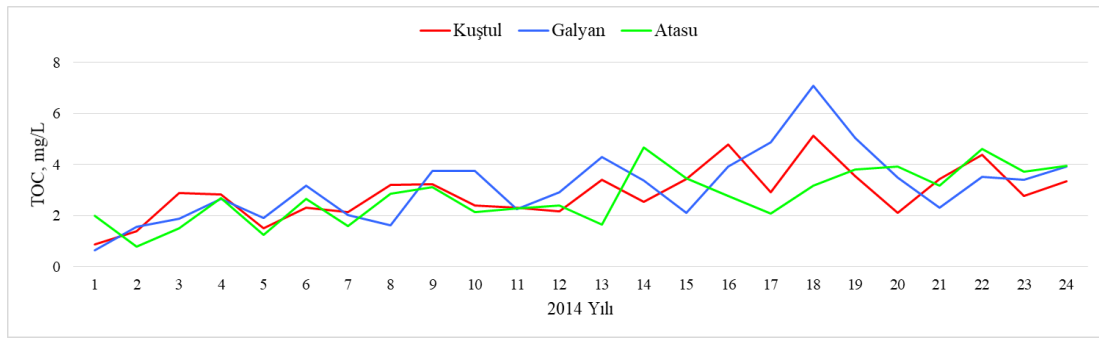
Şekil 18. Atasu Baraj Gölü memba ve mansabında toplam azot değişimi

Şekil 19’da görüldüğü üzere Kuşul Deresinde 0.005 ile 0.043 mg/L ve Galyan Deresinde 0.004 ile 0.049 mg/L aralığında değişen TP konsantrasyonu mansapta 0.002 ile 0.031 mg/L aralığında değişmektedir (Satılmış 2015). Atasu Barajını besleyen akarsularının günlük ortalama debileri dikkate alınarak hesaplanan ortalama TP yükleri Kuşul’da 1.730 kg/gün, Galyan’da 2.795 kg/gün ve mansapta 4.278 kg/gün olarak hesap edilmiştir. Hidrolik bekleme süresi sayesinde TP yükünün %5.5’lik kısmı baraj gölünde tutularak mansap su kalitesine olumlu bir etki yapıldığı anlaşılmıştır.



Şekil 19. Atasu Baraj Gölü memba ve mansabında toplam fosfat fosforu değişimi

Şekil 20’de görüldüğü üzere Kuştlu Deresinde 0.881 ile 5.130 mg/L ve Galyan Deresinde 0.651 ile 7.090 mg/L aralığında değişen TOC konsantrasyonu mansapta 0.783 ile 4.680 mg/L aralığında değişmektedir (Satılmış 2015). Atasu Baraj Gölünü besleyen akarsularının günlük ortalama debileri dikkate alınarak hesaplanan ortalama TOC yükleri Kuştlu’da 302.832 kg/gün, Galyan’da 504.230 kg/gün ve mansapta 749.865 kg/gün olarak hesap edilmiştir. Hidrolik bekleme süresi sebebiyle TOC yükünün %7.1’lik kısmı baraj gölünde tutularak mansap su kalitesinin olumlu etkilendiği anlaşılmıştır.



Şekil 20. Atasu Baraj Gölü memba ve mansabında toplam organik karbon değişimi

SONUÇLAR

Hidroelektrik enerji üretimi amacıyla Harşit Çayı üzerinde inşa edilen ve 16.10.2008 tarihi itibarıyla işletmede olan Torul Barajı, hidrolik bekleme süresi sayesinde askı madde yükünün %78.6’lık kısmını tutarak ve bulanıklığı %66.6 azaltarak gerek su kalitesine olumlu bir etki yaptığı ve mansabındaki Kürtün Barajı’nın işletme ömrünü artıracak sonucuna ulaşmıştır. Askı maddesinin büyük bir kısmını baraj gölünde çökeltirerek, gerek toplam krom konsantrasyonunda %47.6 gerekse toplam demir konsantrasyonunda %61.3’lük bir azalmaya neden olmuş ve mansap su kalitesine olumlu bir etki yapmıştır. Mangan iyonu konsantrasyonunda %20.2 ve alüminyum iyonu konsantrasyonunda da %18.7’lik bir azalma Torul Barajı’nın neden olduğu sonuçlar arasındadır. Harşit Çayı tarafından taşınan toplam azot yükünde %11.9, orto-fosfat fosforu yükünde %17.8 ve toplam organik karbon yükünde %23.2’lik bir düşüşe sebep olarak su kalitesine olumlu bir katkıda bulunmuştur.

Trabzon ilinin içme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyacının temini için Galyan Deresi üzerinde inşa edilen ve 15.04.2011 tarihi itibarıyla işletmede olan Atası Barajı, hidrolik bekleme süresi sayesinde askı madde yükünün %61.7'lik kısmını tutarak ve bulanıklığı azaltarak su kalitesine olumlu bir etki yaptığı ve mansabındaki Esiroğlu İçmesuyu Arıtma Tesislerinin arıtma yükünü azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Atası Barajı, Kuşul ve Galyan derelerinin taşıdığı toplam azotta %9.6, toplam fosfat fosforunda %5.5 ve toplam organik karbonda %7.1'lik bir düşüşe sebep olarak insani tüketim amaçlı su kalitesine olumlu bir katkıda bulunduğu ortaya konmuştur.

TEŞEKKÜR

Danışmanlığında Yüksek Lisans Tez çalışmalarını büyük bir özveri ve başarıyla tamamlayan, yine danışmanlığında Doktora Tez çalışmalarını sürdüren kıymetli öğrencilerim ve de çalışma arkadaşlarım İnş. Yük. Müh. Uğur SATILMIŞ ve İnş. Yük. Müh. Betül METE'ye bu çalışmaya verdikleri desteklerinden ötürü en içten teşekkürlerimi sunarım.

REFERANSLAR

- Al-Murib, Muhanned D., and Wells, Scott A. 2019. "Hydrodynamic and total dissolved solids model of the Tigris River using CE-QUAL-W2." *Environmental Processes* 6 (3): 619–641. doi:10.1007/s40710-019-00381-y.
- APHA. 1992. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater." 18th ed., APHA, AWWA, WEF, Washington, D.C.
- Bayram, A. 2011. "Harşit Çayı Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi ve Askı Madde Konsantrasyonunun Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Tahmin Edilmesi." Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Bayram, A., ve Önsoy, H. 2011. "Barajların su kalitesine etkilerinin incelenmesi Torul Barajı örneği (Harşit Çayı - Gümüşhane)." 5. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, ss: 957–970, İstanbul, Türkiye.
- Bayram, A., Önsoy, H., Akinci, G., and Bulut, Volkan N. 2011. "Variation of total organic carbon content along the stream Harsit, Eastern Black Sea Basin, Turkey." *Environmental Monitoring and Assessment* 182 (1–4): 85–95. doi:10.1007/s10661-010-1860-2.
- Bayram, A., Önsoy, H., Kömürcü, Murat I., and Bulut, Volkan N. 2012. "Effects of Torul dam on water quality in the stream Harsit, NE Turkey." *Environmental Earth Sciences* 65 (3): 713–723. doi:10.1007/s12665-011-1118-5.
- Bayram, A., Önsoy, H., Kankal, M., and Kömürcü, Murat I. 2014. "Spatial and temporal variation of suspended sediment concentration versus turbidity in the stream Harsit Watershed, NE Turkey." *Arabian Journal of Geosciences* 7 (11): 4987–4996. doi:10.1007/s12517-013-1122-z.
- Bayram, A., and Kenanoğlu, M. 2016. "Variation of total suspended solids versus turbidity and Secchi disk depth in the Borçka Dam Reservoir, Çoruh River Basin, Turkey." *Lake and Reservoir Management*, 32(3): 209–224. doi:10.1080/10402381.2016.1160168.
- Bor, A., and Elçi, Ş. 2022. "Impacts of construction of dam on the flow regimes and water quality: a case study from Turkey." *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(5): 4069–4086. doi:10.1007/s13762-021-03886-y.
- DSİ. 2017. "2014 Akım Gözlem Yıllığı" T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, DSİ Teknoloji Dairesi Başkanlığı Basım ve Foto-Film Şube Müdürlüğü, Ankara.
- DSİ. 2018. "2015 Akım Gözlem Yıllığı" T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel

Müdürlüğü, DSİ Teknoloji Dairesi Başkanlığı Basım ve Foto-Film Şube Müdürlüğü, Ankara.

- Graf, William L. 2006. "Downstream hydrologic and geomorphic effects of large dams on American rivers." *Geomorphology*, 79(3–4): 336–360. doi:10.1016/j.geomorph.2006.06.022.
- Kurunc, A., Yurekli, K., and Okman, C. 2006. "Effects of Kilickaya Dam on concentration and load values of water quality constituents in Kelkit Stream in Turkey." *Journal of Hydrology*, 317 (1–2): 17–30. doi:10.1016/j.jhydrol.2005.05.006.
- Satılmış, U. 2015. "Değirmendere Havzası (Trabzon) Yerüstü Su Kalitesinin Mekana ve Zamana Bağlı Değişiminin İncelenmesi." Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Wei, G., Yang, Z., Cui, B., Li, B., Chen, H., Bai, J., and Dong, S., 2009. "Impact of dam construction on water quality and water self-purification capacity of the Lancang River, China." *Water Resources Management*, 23 (9): 1763–1780. doi:10.1007/s11269-008-9351-8.

Havza Su Yönetiminde İndekslerin Kullanımı: Çoruh Havzası Örneği

Ayla BİLGİN*

* Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 08000, Artvin

İletişim: ayla.bilgin@artvin.edu.tr

ÖZET

Su kalitesi izleme, nüfus ve kentleşmedeki hızlı büyüme nedeniyle birçok gelişmekte olan ülkeler için en önemli konulardan biridir. Yüzey sularının kalitesi, özellikle kentsel alanlardaki insan sağlığını ve ekolojik sistemleri etkileyen önemli bir faktördür. Çünkü nehirler ve bunların şehirlerden geçen kolları endüstriyel, evsel, kanalizasyon ve tarımsal atıklardan kaynaklanan birçok kirletici madde deşarj edilmektedir. Su kaynaklarının kalitesi, atık su arıtma tesisleri ve kentsel alanlar, madencilik ve tarım alanlarından kaynaklanan akışlar ve insan faaliyetlerinden etkilenmektedir.

Yakın zamanlarda pek çok ülke su kalitesini değerlendirme önemli bir konu haline getirmiştir. Özellikle gelecekte yaşanabilecek su kıtlığı problemi için önlemler almaya başlamıştır. Nehir suyu kalitesini değerlendirmek için yapılan uzun dönemli gözlem programları sonucunda büyük veri setleri elde edilmekte ve bu veri setlerinin yorumlanması zor olmaktadır.

Son yıllarda, çeşitli araçlar matematiksel modeller, optimizasyon yaklaşımları ve entegre karar destek sistemleri de dahil olmak üzere su kalitesi yönetimine yardımcı olmak için geliştirilmiştir. Çevresel verilerin azaltılması, fiziksel ve kimyasal ölçümlerin yorumlanması için veri analizlerinin yapılması gerekmektedir. Çevresel verilerin yorumlanması ve açıklayıcı data analizi uygulanması çok değişkenli istatistiksel analiz ile çok kolay yapılabilir.

Havza alanındaki arazi kullanımı sedimanların ve besin maddelerinin su kütlelerinin nehir yataklarına girmesinde önemli rol oynamaktadır. Sucul ortamlar, yoğunlukla kentsel genişleme ve tarımsal ürün üretimindeki artış nedeniyle antropojenik baskılara maruz kalmaktadır. Ormansızlaşma, tarımsal faaliyetler ve kentleşme çoğu zaman dünya yüzeyinin özelliklerini değiştirmekte, yüzey akış hacmindeki değişiklikleri tetiklemekte, su sıcaklığındaki değişiklikleri etkilemektedir.

İndeksler su kalitesindeki fizikokimyasal değişiklikleri belirlemek için geliştirilmiştir. Bununla birlikte ekolojik yapıdaki değişiklikleri de göstermektedir. Çoruh havzası için yapılan çalışmada 2011-2014 yılları arasında yıl bazında ölçülen su kalite parametreleri için CWQI hesaplanmıştır. İndeks hesaplamasına pH, EC, TDS, Na, Cl, SO₄, NH₄, NO₃, NO₂, ÇO, BOİ, Bulanıklık ve TP parametreleri kullanılmıştır. Su kalite parametreleri 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete de yayınlanan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ve TS 266'da verilen sınır değerlere göre hesaplaması yapılmıştır. CWQI hesaplandığında 35.54-39.63 arasında hesaplanmış olup “zayıf” su sınıfı olarak değerlendirilmiştir.

Borçka Baraj gölü trofik durumunu tespit etmek için Trofik Durum İndeksi (TSI) indeksi kullanılmıştır. Carlson TSI indeksi ve Türk mevzuatına göre baraj gölü su kalitesinin TP, TN verileri açısından baraj gölü mezotrofik olarak değerlendirilmektedir. Bu parametrelerin ölçüm sonuçları dip noktalarda daha yüksek ve yüzeyde daha düşüktür. İndeks metodunun kullanımı yöneticilerin başlangıç su sorununu tespit etmekle başarılı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Su Kalite İndeksi, Su Yönetimi, Su kalitesi

Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Su Kullanımı

İlker Zeki KURTOĞLU*

*Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Rize

İletişim: ilker.kurtoglu@erdogan.edu.tr

ÖZET

Türkiye su ürünleri yetiştiriciliği 2022 yılı itibarıyla 514.805 ton/yıl değerine ulaşmıştır. Bu miktarın 191.517 ton/yıl değerine karşılık gelen kısmı tatlı su balıklarından elde edilmektedir. Tatlı su balıklarının neredeyse tamamı alabalık yetiştiriciliğine endekslidir. İç su kaynaklarında kapasite bakımından ağırlıklı olarak su haznelerinde konuşlu ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği yürütülmekteyken, sayısal çoğunluğu ise kara tabanlı işletmelerde yürütülmektedir. Geçmişte birçok nedenden dolayı Doğu-Güneydoğu bölgeleri haricinde yoğunlaşmış bir saha kullanımı söz konusuysa, günümüzde yeni yatırımlar, bol oksijenli, endüstriyel ve evsel etkilerden uzak su kaynaklarının bulunduğu potansiyel sahalarda yeni yatırım için yatırım çalışmaları yoğunluk kazanmaktadır.

Balık yetiştiriciliği akışkan, biyolojik ve kimyasal açıdan temiz su kaynaklarında gerçekleştirilmelidir. Amerika, Avrupa, Uzak Doğu, Orta Doğu, Asya'da 41 ülkeye doğrudan ihracat yapılmıştır. Bu ihracat performansı balık kalitesinin olumsuz etkilenmemesi amacıyla zararlı kalıntı maddeler bakımından düzenli olarak izlenmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliği sektörü ihracat gelirinin yanında önemli istihdam ve üretim oluşturan endüstriyel sektör halini almıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı, daha önceleri 2023 yılı için planlanan toplam yetiştiricilik kapasitesine daha erken ulaşmıştır. Sektörel gelişim beraberinde çevresel etkileşim ihtimalini de beraberinde getirmiştir.

Su kaynağından işletmeye olan potansiyel etkiler olabileceği gibi balık çiftliklerinin de çevre üzerine etkileri söz konusu olabilmektedir. Sürdürülebilir kaynak kullanımında koru-kullan dengesi gözetilmelidir. Kurlum ve işletim aşamalarında su kaynakların taşıma kapasiteleri ve su kaynağının özümseme kapasitelerinin sayısal verilerin kullanıldığı eşitliklerle değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Kurulum sonrasında işletmelerde ve alıcı ortam su kaynaklarında düzenli veri toplama yoluyla olası çevresel değişim trendi öngörülerek olumsuzluklar geri dönüşümsüz aşamaya gelmeden çözüm yollarının belirlenmesi mümkün olabilmektedir. Zira su kaynakları miras değil gelecek nesillerin emanetidir.

Anahtar kelimeler; Su ürünleri yetiştiriciliği, Su kalitesi, Çevresel sürdürülebilirlik

GİRİŞ

Su ürünleri yetiştiriciliği 2 milyar ABD doları aşan ihracat kapasitesiyle önemli bir endüstriyel faaliyet alanı halini almıştır (Anonim 1). Bununla birlikte sucul kaynakların zenginliği ile bilinen ülkemizde (Anonim 2) su kaynaklarının yönetimi ve sürdürülebilir kullanımı güncel konuların başında konuşulur hale gelmiştir.

Ülkelerin nüfusları ve ekonomileri büyüdükçe, su konusundaki çatışmaların daha sık ve ciddi olması beklentisi yaygın ve hemfikir olunan bir gerçektir. Su kaynakları sonlu ve hayati olduğu açıktır. Suyun kullanımı mekânsal, zamansal ve ekonomik olarak planlanmalıdır. Kurumsal iş birliği yoluyla su

kaynaklarının ekonomik faydalarının artırabilme yöntemlerinin ortaya konulması hayati öneme sahiptir. Ulusal su kaynaklarının korunması ve kullanılması yasal mevzuatlar gereği yönetilmesi sürdürülebilir kullanımı da beraberinde getirecektir. Mekânsal boyutta ise doğal sürdürülebilirliğinin yanında eş kullanıcıların güç ilişkilerinin ve asimetriklerin göz önünde bulundurularak su tahsisi planlamaları ortaya konulmalıdır. Zamansal boyutta ise, su kaynaklarının mevcut yapısı ve geçmişi göz önünde bulundurularak, değişen çevresel şartlarında dâhil edileceği simülasyonlarla kısa-orta-uzun vadeli planlamalarla çözüm önerilerinin planlanması gerekmektedir.

Artan hava sıcaklıkları yağış ve tüm su döngüsünü değiştirmektedir. İklim değişikliği beraberinde su kıtlığı ve suyla ilgili tehlikelerin daha sık duyulmasına neden olmaktadır.

Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için koru-kullan dengesinin gözetilmesi elzemdir. İnsan kaynaklı etkilerin geri dönüşümsüz noktaya doğru evrilmesi, sınırlı olan ve küresel iklim değişiklikleriyle sürekli olumsuz etkilerin maruziyeti altında özellikle tatlı su kaynaklarının ani veya kronik etkilere tepkileri tahmin edilemez boyutlara ulaşabilir. Bu değişim kaynak kullanıcısı insan topluluklarını etkilese de sucul hayatın parçası olan ekosistem paydaşı canlı organizmaların doğrudan hayati ölçüde etkilenmesiyle sonuçlanabilmektedir.

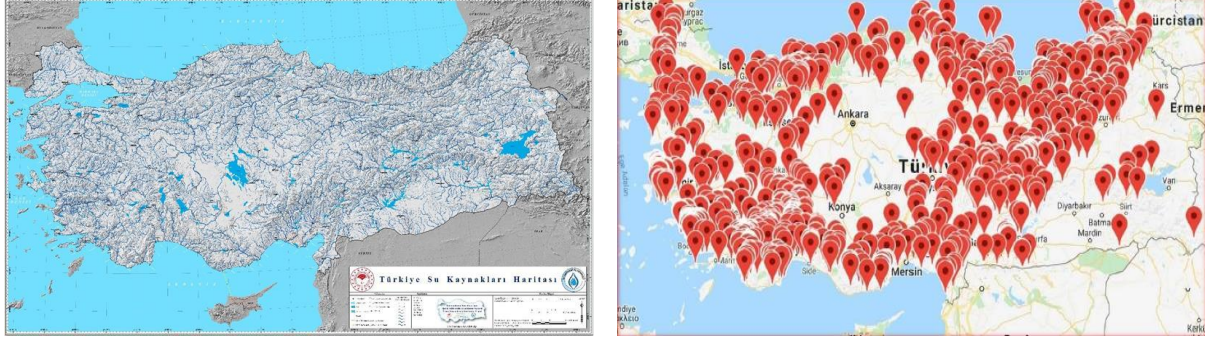
İnsan kaynaklı birçok etki içerisinde yeraltı suları, akarsular, iç su hazneleri ve deniz haznelerinde faaliyet gösteren balık yetiştiriciliği de su kaynaklarının kullanımında pay sahibidir. Gerek kurulum sırasında ve kullanım sırasında mekanik etkileşimler var ise de daha çok işletim aşamasında karşılaşılan etkileşimler hem ekolojik ve hem de ekonomik etkiler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Su ürünleri yetiştiriciliği ve su kaynakları

Türkiye hem iç su hem deniz suyu kaynakları bakımından oldukça zengin bir coğrafyadır (Şekil 1, sol resim). 2010 yılından itibaren oldukça ivmeli bir gelişim içerisinde olan balık yetiştiriciliği sektörü iç su kaynaklarında tüm Anadolu'ya yayılım göstermiştir (Şekil 1, sağ resim). Sayısal yoğunluk kara tabanlı balık çiftliği yerleşiminde olsa da baraj, göl, gölet ve deniz gibi su haznelerinde kurulu bulunan ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği kapasite bakımından oldukça yüksek rakamlara ulaşmıştır (Korkmaz vd., 2008). Bilişim sektöründen sonra en çok kazandıran sektörlerden biri olan su ürünleri yetiştiriciliği sektörü, coğrafik özelliklerinden dolayı yaşam standartlarının zor olduğu kırsalda üretim ve istihdamı artırdığı gibi, aynı zamanda Avrupa Birliği üyesi ülkeler dahil 100'ün üzerinde ülkeye ihraç eder duruma gelmiştir (Anonim 1).

İç su kaynaklarında oldukça çeşitli su kalite kriterleri mevcuttur. Muğla ili Milas beldesinde tuzlu yeraltı su kaynakları deniz balıkları yetiştiriciliğinde değerlendirilirken, Van gölü gibi sodalı su kaynakları herhangi bir yetiştiricilik aktivitesi için henüz aktif olarak kullanılmamaktadır. Ilıman su kaynakları (18-28°C) ılıman su balıkları için potansiyel içermesine karşı yıl boyunca <18-22°C su sıcaklığına sahip tatlı su kaynaklarında Salmonid balıkları yetiştiriciliği önerilmektedir (Çelikkale, 1994; Emre ve Kürüm, 2007). Anadolu'da soğuk tatlı su kaynaklarında yaygın olarak yetiştirilen balık türü gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) türüdür. Türkiye gökkuşağı alabalığı yetiştiricilik miktarı Avrupa'da ilk sırada, dünyada ikinci sırada yer almaktadır. Şekil 1'de sağ resimde de gösterildiği üzere tüm Anadolu'ya yayılmış su ürünleri yetiştiricilik

miktarı 2022 yılı verilerine göre 514.805 ton/yıl değerine ulaşmıştır. Alabalık yetiştiriciliği toplam yetiştiricilik miktarının yaklaşık %39'una tekabül etmektedir (Anonim 3; FAO, 2023).



Şekil 1. Türkiye su kaynakları (sol resim) ve Türkiye su ürünleri yetiştiriciliği (Anonim 1, Anonim 2)

Su kalitesi ve su ürünleri yetiştiriciliği

Su ürünleri yetiştiriciliği değerli besin içeriğinden dolayı rağbet görse de karlı bir faaliyet olabilesi için temiz su kalitesinde yürütülmesi zorunludur. Gerek çevresel sürdürülebilirlik, gerekse sürdürülebilir ekonomik faaliyet için Bakanlıkça asgari çevresel şartlar belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Tarım ve Orman Bakanlığınca belirlenen alabalık yetiştiriciliği su kalite kriterleri için bazı temel su kalite kriterleri (Anonim 4)

ALABALIK YETİŞTİRİCİLİĞİ İÇİN SU KALİTE KRİTERLERİ		
ÖZELLİKLER	DEĞERLER	AÇIKLAMA
Su Sıcaklığı (°C)	9-17	-
pH	6,5-8,0	(Hafif asitlik 6,5)
Oksijen (O ₂) (mg/L)	9,2-11,5	Doyma derecesinde
Amonyak (NH ₃)	<0,02	-
	<0,005	Yavru balıklar için
Nitrit (NO ₂) (mg/L)	<0,1	Yumuşak sularda
	<0,2	Sert sularda
Nitrat (N-NO ₃) (mg/L)	<25-35	
Hidrojen Sülfür (H ₂ S) (mg/L)	0,002	
Karbondiyoksit (CO ₂) (mg/L)	<25	
Gaz doygunluğu (%)	<110	Doygunluk en fazla toplam gaz basıncı
Yüzen ve çöken maddeler (mg/L)	15-80	-
Bakır (mg/L)	0,006	Yumuşak sularda
	0,03	Sert sularda
	ABG 2=100mg/L	
	CaCO ₃	
Çinko (mg/L)	0,005-0,04	Su sertliğine bağlı olarak
Kurşun (mg/L)	0,3 0,01-0,03	-
Bulanıklık (JTU)	10	Jackson bulanıklık ölçüsü

Balık çiftlikleri temiz su kaynağının bulunabildiği çok farklı sahalarda tesis edilebilmektedir. Kara tabanlı, bir başka deyişle suyun bir kez tank veya havuz yapılarında kullanıldıktan sonra alıcı ortama geri bırakıldığı çiftlik yapılarında balık yetiştiriciliği sayısal çoğunluğa sahip olsa da ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği toplam kapasite kullanımında daha yüksek hasat değerlerine sahiptir (Şekil 2).



Şekil 2. Türkiye su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe sayısal ve birim kapasite dağılımı (Anonim 1)

Su ürünleri yetiştiriciliğinde yer seçimi ve su kaynakları etkileşimi

Su ürünleri yetiştiriciliği yatırımlarının projelendirilmesi, lisanslanması, izlenmesi süreçleri Tarım ve Orman Bakanlığı merkez ve taşra teşkilatları tarafından yönetilmektedir (Anonim 4). Kara tabanlı işletmeler temiz su kaynağına ulaşabilmek amacıyla yerleşim yerlerinden daha yüksek, iklim şartlarının nispeten zor olduğu alanlarda faaliyet göstermektedirler. Çoğunluğu aile işletmesi hüviyetinde (0-50 ton/yıl) olmakla birlikte, baraj ve deniz ağ kafes işletmeciliğinin ihracata dayalı yaygınlaşması ile ihtiyaç duyulan somon adayı olarak isimlendirilen 5-500 g/adet ağırlığındaki balıkların üretildikleri işletmeler olarak işlev kazanmaya başlamışlardır.

Kara tabanlı işletmelerde damızlık balık ve kuluçkahane yapıları daha çok yeraltı suları (memba suları, keson kuyu veya artezyen kuyular gibi) yürütülmektedir. Yeraltı suları debisi ve su sıcaklığı, bulanıklığı gibi stabil yapısı ve mikrobiyal girişimlerden uzak olması gibi önemli avantajları vardır. Bununla birlikte, suyun tek sefer kullanımını hedefleyen açık sistem işletmecilikte sınırlı su debisi yüksek kapasitelerde tesisleşmeye imkan verememektedir. Yüzey suları ise debisinin yüksek olması oksijen düzeyinin kabul edilebilir sınırlar içinde olmasına rağmen, anlık ve mevsimsel su kalitesi değişimi oldukça yüksektir. Özellikle havzadan kaynaklanan mikrobiyal bulaş riski, bulanıklık ve su sıcaklığı değişimleri yüzey sularının en önemli tehdit unsurları olarak göze çarpmaktadır (Çelikkale, 1994; Emre & Kürüm, 2007).

Sağlıklı, tahmin edilebilir, tekrarlanabilir balık yetiştiriciliği performansının yürütülebilmesi için temiz su kaynağına ihtiyaç vardır. Su kaynakları da canlılar gibi hor kullanımla erken yaşlanabilmekte, hatta geri dönüşümsüz seviyelerde etkileşimlere maruz kalabilir. Ağ kafes balık çiftlikleri teknoloji ve kapasite olarak hızlı bir gelişim içindedir. Tarım ve Orman Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü çalışmalarıyla baraj yapılarında en düşük kotta ne kadar bir yüzey alanının tesisleşmeye açılmasının su haznesi sürdürülebilir ekosistem yönetimine el verebileceği hesaplanarak işletmeciliğe açılmaktadır (Anonim 1). Balık yetiştiriciliği faaliyetleri başladıktan sonra baraj suyunun su kalitesi düzenli olarak takip edilmelidir. Olası kötüye gidiş tespit edildiğinde belirli tedbirlerin alınması hayatidir. Bu tedbirlerin başında kapasitelerin sınırlandırılması gelmektedir.

Balık yetiştiriciliğinde ihtiyaç duyulan su miktarını belirleyen ana unsurlar suyun kalitesi yanında balık türü, balık büyüklüğü, biyomas (canlı balık kütlesi) ve balığa verilen yem miktarıdır. İşletmede ihtiyaç duyulan su miktarı en yoğun biyomasa sahip olunan dönemde, aktif metabolizma anında balığa ihtiyaç duyacağı oksijen miktarını taşıyabilecek, aynı zamanda balıkların suya bırakacağı karbondioksit ve amonyak gibi toksik metabolik atıkların uzaklaştırılmasını sağlamaktır (Amirkolaie, 2011; Healey vd., 2016; Çelikkale, 1994; Miller & Semmens, 2002). Suyun oksijen içeriğini rakım, su sıcaklığı ve suyun karışımında bulunan diğer bileşenler etkilemektedir. Birim ağırlık üzerinden, yavru balıklar büyük balıklara nazaran daha yüksek bir metabolik oksijen tüketimi performansına sahiptirler. Kritik hesaplamalarda en yoğun oksijene ihtiyaç duyulabilecek, en yüksek biyomasa sahip olunan dönem göz önünde bulundurulur (Bhavsar vd., 2016; Rees, 2014)). Bu yaklaşım işletmenin sürdürülebilir sağlıklı üretim ve yetiştiricilik yapmasına imkan sağlarken, çevresel sürdürülebilirliğin tesis edilmesinde de hayati öneme sahiptir. Su kaynağındaki kötüye gidiş, balık sağlığını doğrudan etkileyecek su kalitesinin de bozulması anlamına gelir.

İşletmeden su kaynağına oluşabilecek tehditler

Balık çiftliklerinin projelendirilmesinde su kaynakları doğal ekosistemine geri dönüşümsüz etkiye sebebiyet vermeyecek imalat ve işletim göz önünde bulundurulmalıdır. Akarsulardan yararlanarak üretim ve yetiştiricilik yapan işletmelerde bazı temel etkiler öne çıkmaktadır. İnsan kaynaklı olan su kaynağı içinde taze beton imalatında sızan beton suyunun dere yatağına ulaşması akarsu pH'sının yükselmesine, dolayısıyla akarsuyun bütün canlılığını hedef alan yoğun tahribatlara neden olabilmektedir. Bu işlem bazen ihmalden dolayı oluşabildiği gibi, bazen de kalıp patlaması gibi kazalar sonucu akarsuya karışan beton harcından da kaynaklanabilmektedir (Kurtoğlu vd., 2016). Alınabilecek önlemlerle bunu bertaraf etmek mümkündür. İmalattan çıkacak suyun bir haznede toplanması ve nötralizasyondan sonra akarsuya verilmesi doğal tahribatın önüne geçmek için yeterli olacaktır.

Dere yatağından suyun işletmeye yönlendirilmesi için inşa edilecek regülatör yapısının dere yatağındaki göçmen türlerin nehir boyunca aşağı ve yukarı hareketlerine mani olmayacak şekilde dizayn edilmesi akarsu ekosistem sürdürülebilirliği için hayati önem taşımaktadır (Sülüki, 2010). Regülatör yapısı bazen dere yatağındaki suyun tamamen işletmeye yönlendirilmesini sağlayabildiği gibi bazen de yükseltilerle yukarı yönlü göçlere fırsat vermeyecek tarzda inşaatlar gerçekleştirilmektedir. Regülatör yapısından “can suyu” olarak ifade edilen debideki suyun dere yatağında her zaman var olmasına müsaade edilmesi gerekmektedir. Can suyu olarak bırakılacak debi standart olmayıp, akarsu yatağı zemin malzemesine göre

uyarlanmasında yarar olacaktır. Büyük çakıllıklı bir zemin yapısında, regülatör yapısından bırakılacak suyun kaybolması su canlılarının can suyu işlevi görmesi beklenemez. Su canlıları olarak balıklar, kabuklu eklem bacaklı türler ve diğerlerinin farklı evrelerdeki bireylerini kapsayacak bir terim olarak genelleştirilmiştir.

Diğer önemli bir etki de tesiste su kullanımı amacıyla ilk doldurma ve işletim esnasındaki tamamen boş havuzların doldurulması ve boşaltılmasıdır. İlk kullanımda bütün havuzların doldurulması için dere yatağının tamamen kesilmesi veya işletmedeki suyun birden akarsu yatağına verilmesi anlık olsa bir tehdit unsuru taşıyabilmektedir.

Balık yemleri yüksek protein, yağ, karbonhidrat ve mineral içeriğine sahiptir. Yem içeriği ve yapısı ne kadar balık tarafından başarılı ete dönüştürülse de dışkı gibi katı atık yanında idrar gibi çözünmüş halde önemli miktarda atığın alıcı ortama verilmesi kaçınılmazdır (White, 2013; NOA, 2023). İşletmede kullanılan suyun alıcı ortama verilmesinde önemli etkilerden biri de katı ve çözünmüş atıkların doğaya verilmesi olarak anılmaktadır. Organik ve inorganik deşarj, alıcı ortamın taşıma kapasitesinin üzerine taşıdığı ekosistem yapısı olumsuz etkilenme süreci başlayacaktır. Etkinin uzun sürmesi, taşıma kapasitesinin üzerinde bir yığılma sebebiyet verilmesi doğal sucul ekosistemin kirlilik göstergesi olan ötrofikasyon riskini gündeme getirecektir. Bu etkinin azaltılması amacıyla kara tabanlı çiftlik çıkışında bilinçli imal edilecek çökertme havuz sisteminin ve donanımının işletimi önemlidir. Çökertme havuzunda toplanacak askı yük içerdiği yüksek organik içeriği bakımından bir tehdit unsuru olsa da tarımsal faaliyetler için önemli ekonomik değerliliğe sahiptir. Bu yığılmanın işleminden geçirilerek tarımsal gübrelemede kullanılır hale getirilmesi mümkündür. Balık çiftliği çıkışından elde edilebilecek çökeltinin ekonomik olarak değerlendirilmesi çiftlik karlılığına katkı sağlaması açısından değerlendirildiğinde kıymetli bir yaklaşım olacaktır.

Normal şartlar altında sağlıklı bir ekosistem denge durumundadır. Balık çiftliklerinden alıcı ortama balık kaçıışı, kaçan balık türüne bağlı olarak değişen ölçülerde olmak kaydıyla, beslenme rekabeti, hibridisasyon ve predasyon baskısı gibi olumsuz etkiler oluşturabilmektedir (Leggatt vd., 2010). Balık çiftliğinden balık kaçıışının önlenmesi ekosistem üzerine baskının azaltılması anlamı taşırken, kaçıışı önlenen her bir balık çiftlik ekonomisine kazandırılan artı bir değer olacağı açıktır. Balık kaçıışının balık çiftliği yönetiminde ciddi bir ele alınması gerekmektedir.

Benzer etkiler baraj, göl ve göletler gibi su haznelerinde kurulan ağ kafes balık çiftliklerinde de oluşabilmektedir (Dikel, 2005; Emre vd., 2008; Søndergaard vd., 2007). Özellikle işletmenin kurulum yeri seçiminde derinlik, su hareketliliğinin aktif olduğu alanların tercih edilmesi işletmeden çevreye verilecek etkinin azaltılmasına avantaj sağlayacaktır. Kıyısız bölgeye yakın, sığ kesimlerde ağ kafes balık çiftliği kurulumu, ışık geçirgenliğine bağlı olarak zemin canlılığını baskılayacak yapıda ve kapasitede olmamalıdır. İmkan olduğu ölçüde kurulum aşamasında belirlenen saha üzerinde rotasyon ihtimalinin göz önünde bulundurularak sürdürülebilir balık yetiştiriciliğine ilaveten sürdürülebilir çevre için planlamaların yapılması gerekmektedir.

Su kaynağından balık çiftliğine oluşabilecek tehditler;

Yoğun meteorolojik faaliyetler yüzey suları kalitesinin ani değişimlerine neden olabilmektedir. Özellikle bulanma işletme karlılığına etkimektedir. Görerek beslenen balıklarda yem alınamayan gün sayısı, işletme için kaybedilmiş zaman anlamına gelmektedir. Her bir işletme mevsimsel değişiklikleri kaydederek planlama ve önlem mekanizmasını etkin çalıştırmaktadır (Çelikkale 1994; Emre & Kürüm, 2007). Ortalama, en yüksek, en düşük sıcaklık değerleri değişimi, yıllık yağış miktarının düşmesi, asit yağmurları gibi küresel menşeli değişimlerin etkileri alınacak tedbirlerle ancak azaltılması mümkün olabilecektir.

Su haznelerinde kurulu bulunan ağ kafes işletmeleri suyun bulanıklık, oksijen değişimi, alg patlaması gibi doğal etkilere maruz kalabilmektedir. Besin elementlerince zenginleşen nehirler, göller, göletler ve rezervuarlar gibi tatlı su ekosistemlerinde doğal görünmeyen, çoğunlukla kötü kokulu ve bazen de zehirli alg patlamaları daha yaygın hale gelmektedir (Healey vd., 2016; Miller & Semmens 2002). Çoğunlukla gözlemlenen Cyanobacteria, ve Cryptophytae gibi türlerdir. Dinoflagellatlar ve diatomlar çok yoğunlaşarak veya toksin üreterek sucul ekosistem paydaş organizmalar üzerinde ölümcül etkilere sebep olmaktadır. Mevsime bağlı değişiklikler öngörüldüğü takdirde çözüm önerisi üretmek mümkün olabilecektir.

Su kaynaklarının bazıları kuş göç yollarının üzerindedir. Küçük veya büyük yoğunluklu kuş popülasyonları ziyaretlerine ev sahipliği yapmaktadır (Özkazanç & Özay, 2019). Bu tür alanlarda balık yetiştiriciliği faaliyetleri balıkçı kuşlar tarafından predasyona maruz kalabilmekte veya sınır aşırı balık sağlığı patojenlerin bulaşı sonucunda ekonomik kayıplarla karşılaşmaktadırlar. Kuluçkahanelerde yalı çapkını kuşları, açık tank veya kafeslerde martı, balıkçıl kuşların balık kaçırmaları sıklıkla karşılaşılan etkilerdir. Kovucu mekanizmalar veya uzak tutucu yöntemler uygulansa da zararın tamamen önlenmesi çoğu kez mümkün olamamaktadır. Dışkılama sonu oluşan bakteri, mantar, parazit veya viral kaynaklı etkiler yetiştiricilik materyali balıklara bulaşabilmektedir. İnsan sağlığı için zararlı olan patojen sayısı oldukça nadir olsa da yoğun ekonomik kayıplara neden olan patojen etkisine sıklıkla rastlanmaktadır.

Eş kullanıcı sektörlerden kaynaklanan etkiler işletme üzerinde hayati öneme sahiptir. Birçok farklı sektörde faaliyet gösteren fabrika veya atölye atıklarının arıtmasız, nötralizasyon yapılmadan drene edilmesi temiz su kullanımına muhtaç balık çiftlikleri için en büyük tehdit olarak öne çıkmaktadır. Bu atıklar azot, fosfor, pH, oksijen değişimi, yağ/gres, metal, bulanıklık, toksik kimyasallar gibi birçok değişime neden olarak balık çiftliklerine olabildiği gibi, doğal hayvansal ve bitkisel yapının da zarar görmesine neden olabilmektedir. Bir çimento mikserinin su kenarında yıkanması, çöp kamyonlarının su haneleri kıyısına dökülmesi, yerleşim birimlerinin kanalizasyon atıklarının son alıcı ortam su kaynaklarına drenajı geri dönüşümsüz etkilere neden olabilmektedir. Kırsalda önemli bir istihdam ve hayvansal protein üretimi sağlayan balık yetiştiriciliği sektöründe insan kaynaklı atıklara maruziyet sonrasında karşılaşılabilecek sektörel yıkım ulusal alanda etkisi büyük etkilere de sebebiyet verebilecektir.

Su kaynaklarına insan kaynaklı etkilerin sadece balık yetiştiriciliği sürdürülebilirliği açısından değil, aynı zamanda doğal sucul ekosistem sürdürülebilirliği açısından da ele alınarak çözüme kavuşturulması zorunludur. Bu çözüm yöntemi yasaklar ve takip mekanizmasına ilaveten bilinçlendirme ve otokontrol mekanizmasının sürekli bilgilendirme ve bilinçlendirme metodolojisi ile çözümlenmesi doğru bir yaklaşım olacaktır.

Balık çiftliklerinin Bulundukları Sosyal Çevre ile Etkileşimleri;

Balık çiftliklerinde istihdam yem kullanımından sonra en yüksek maliyete sahip harcama kalemlerindendir. İstihdam edilen işletme kapasitesine ve ihtiyaçlara bağlı olarak değişim göstermektedir. Küçük-Orta ölçekli işletmelerde temel insan gücü çoğunlukla ev ahalisinden ve yakın çevreden karşılanmaktadır. Ancak, büyüyen kapasitelerde iş yükü özellikli personel istihdamını zorunlu kılmaktadır. İnsan iş gücüne mühendis, işçi, güvenlik gibi hizmetlerin karşılanmasında ihtiyaç duyulmaktadır. Nadiren bazı işletmelerde ucuz iş gücünü temin amacıyla uzak bölgelerden ve hatta yurtdışı menşeli kaçak işçi çalıştırma eğilimi gözlemlenmektedir. Bu uygulama bölgede kontrol edilemeyebilen, bazı hukuk dışı olayı da beraberinde getirmektedir. Balık çiftlikleri çalışanlarının istihdamı, barınması, yerel halk ile teması ile ilgili tedbirler olası sosyal çatışmalarında önüne geçilebilmesini sağlayacaktır. Kurumsal ve kamu kurumlarının dahiliyle eğitim çalışmaları faaliyet gösterilen coğrafyada sektörel güvenirliliğin tesisine önemli katkı sağlayacaktır. Çalışanların iş bölümü, iş güvenliği, ilk yardım eğitimleri olası iş kazalarının önlenmesinde zaruri uygulamalar, ancak ihmal edilen uygulamalar olarak ön plana çıkmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER;

Tatlı su kaynaklarında şekillenen balık yetiştiriciliği sektörü kırsalda istihdam, üretim sosyoekonomik yapının düzenlenmesi gibi hayati toplumsal misyon üstlenmiş bir sektör durumundadır. Ancak su kaynaklarının sonsuz olmadığı, eş kullanıcı sektörlerin ihtiyacının karşılanması gerekliliği göz ardı edilmemelidir. Doğal su kaynaklarına ilaveten sonradan inşa edilen gölet ve baraj yapılarının koru kullan dengesi kapsamında su ürünleri yetiştiriciliği sektörü tarafından sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kârlılık normları doğrultusunda projelendirilmesi ve işletilmesi elzemdir. Bu amaçla ilgili kamu kurum ve kuruluşları tarafından protokoller belirlenmiş ve işletilmektedir. Ancak, tek sorumlu su ürünleri yetiştiriciliği sektörü olmadığı, evsel, endüstriyel girdiler, zirai, hayvancılık, sanayi, madencilik gibi noktasal girdilerin belirlenerek tedbirlerin bütüncül yaklaşımla irdelenmesi toplam kalite yönetimi açısından elzemdir. Ekosistemlerin mevcut durumlarının anlık takibi, sayısallaştırılacak veriler üzerinden kullanım planlamasının yönetilmesi ile kaynakların yaşlanması sürecinin izlenmesi hayati öneme sahiptir. Su kaynakları besin elementleri içeri bakımından fakir olandan zengin olana doğru oligotrofik, mezotrofik, ötrofik ve distrofik olarak isimlendirilmektedir. Su kaynaklarının yapısı besin elementi içeriği bakımından sürekli izlemeye tabi tutulmalı, zamanla zenginleşme görülen su kaynaklarında geri dönüşümsüz aşamaya gelinmeden önlem alınması, su kaynaklarının uzun yıllar insanlığın hizmetinde kalmasına katkı sağlayacaktır. **Koru/Kullan** dengesi gözetilerek faaliyetlerin yürütülmesi elzemdir. Yaygın kullanılan anonim bir sözle sonuçlandırırsak; “**Unutmamalıdır ki su kaynakları bizlere miras değil, gelecek nesillerin emanetidir**”.

REFERANSLAR

Amirkolaie, A., (2011). Reduction in the environmental impact of waste discharged by fish farms through feed and feeding. Reviews in Aquaculture, 3(1). DOI: 10.1111/j.1753-5131.2010.01040.x

- Anonim 1., 2021. Su Ürünleri İstatistikleri, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü,
<https://www.tarimorman.gov.tr/BSGM/Belgeler/Icerikler/Su%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Veri%20ve%20D%C3%B6k%C3%BCmanlar%C4%B1/Su-Urunleri-%C4%B0statistikleri-temmuz-2021-1.pdf> Son Ulaşım: Ekim 2023.
- Anonim 2., Türkiye Su Kaynakları Haritası, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü,
<https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Haber/753/Turkiye-Su-Kaynaklari-Haritasi-Yayinda> , Son Ulaşım: Eylül 2023.
- Anonim 3., Su Ürünleri Üretimi, Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK), Ulaşım: Eylül 2023,
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Fishery-Products-2022-49678> Son Ulaşım: Ekim 2023.
- Anonim 4., Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliği (29/6/2004 tarihli ve 25507 sayılı Resmî Gazete)
<https://www.mevzuat.gov.tr/anasayfa/MevzuatFihristDetayIframe?MevzuatTur=7&MevzuatNo=5217&MevzuatTertip=5> . Ulaşım, Eylül 2023,
- Bhavsar D.O., Pandya H.A. & Jasrai Y.T., 2016. Aquaculture and Environmental Pollution : A Review Work, IJSRSET, Volume 2, Issue 1,
- Çelikkale, M.S., 1994. İç Su Balıkları Yetiştiriciliği, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Genel Yayın No: 128, Trabzon.
- Deniz, H., 2007. Aquaculture development in Turkey, Aquaculture and Fisheries Infoday and N Event, 14-15 November 2007, Brussels.
- Dikel S., 2005. Kafes Balıkçılığı, Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, 1. Baskı, Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Balcalı/Yüreğir 01330 ADANA
- DOKA, 2021. Trabzon İli Kafeste Alabalık Yetiştiriciliği Ön Fizibilite Raporu, Doğu Karadeniz Kalkınma Ajansı, <https://www.yatirimadestek.gov.tr/pdf/assets/upload/fizibiliteler/trabzon-ili-kafeste-alabalik-yetistiriciligi-on-fizibilite-raporu-2021.pdf> , Son Ulaşım: Eylül 2023.
- Emre Y. & Kürüm V., 2007, Havuz ve Ağ Kafeslerde Alabalık Yetiştiriciliği Teknikleri. Ankara.
- Emre Y, Sayın C, Kıştın F & Emre F., 2008. Türkiye’de Ağ Kafeste Alabalık Yetiştiriciliği, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, Cilt: 4 Sayı: 1, pp:65-73.
- FAO 2023, The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO.
<https://doi.org/10.4060/cc0461en> .
- Healey B., Dell’Erba W. & Leavitt K., 2016. Aquaculture and its Impact on the Environment, Course Blog of Junior Year Writing In the College of Natural Sciences at the University of Massachusetts Amherst,
<https://blogs.umass.edu/natsci397a-eross/aquaculture-and-its-impact-on-the-environment/> Son Ulaşım: Ekim 2023.
- Korkmaz A.Ş., Zencir Ö & Coşkun T. 2008. Türkiye’de Uygulanan Alabalık Yetiştirme Teknikleri, SDÜ Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, Cilt: 4 Sayı: 1-2, pp: 58-64
- Kurtoğlu, İ.Z., Kayis, S., Ak, K., Gencoglu, S., Duzgun, A., Ulutas, G. & Er, A. 2016. Histopathology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sturgeon (*Acipenser baeri*) exposed to sublethal concentrations of cement. Fresenius Environmental Bulletin, 25(9), 3532-3527.
- Leggatt, R.A., O’Reilly, P.T., Blanchfield, P.J., McKindsey, C.W. & Devlin, R.H., 2010. Pathway of effects of escaped aquaculture organisms or their reproductive material on natural ecosystems in Canada. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/019. vi + 70 p.
- Miller, D. & Semmens, K., 2002. Waste management in aquaculture. Aquaculture Information Series, 2(1).
- NOAA, 2023. Fisheries, (n.d.). Frequent Questions—Marine Aquaculture and Recreational Fishing

- Interactions, <https://www.fisheries.noaa.gov/national/aquaculture/frequent-questions-marine-aquaculture-and-recreational-fishing-interactions> Son Ulaşım: Ekim 2023.
- Özkazanç N.K. & Özay, E. 2019, Göçmen Kuşları Tehdit Eden Faktörler, Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences, 2 (1): 77-89
- Rees, E., 2014. Algal blooms fed by climate change, farm pollution and aquaculture. <https://chinadialogue.net/en/climate/7271-algal-blooms-fed-by-climate-change-farm-pollution-and-aquaculture/> Son Ulaşım: Ekim 2023.
- Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T. L., Skov, C., Van Nes, E. H., Roijackers, R., Lammens, E & Portielje, R., 2007. Lake restoration: successes, failures and long-term effects. Journal of Applied Ecology, 44, 1095–1105.
- Sülüki, M H. 2010. Küçük Hidroelektrik Santrallerde Cansuyunun Belirlenmesi, T.C. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Enstitü Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği, Enstitü Bilim Dalı: Hidrolik, Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mehmet Sandalcı, Haziran 2010, Sakarya
- White, P., 2013. Environmental consequences of poor feed quality and feed management. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper

Kaliteli ve Kontrollü Su Üretiminde “Entegre Havza Yönetiminin” Önemi; Erozyon, Sel ve Taşkınlar

Mustafa TÜFEKÇİOĞLU*

* Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 08000, Artvin

İletişim: mtufekcioglu61@artvin.edu.tr

ÖZET

Maalesef ülkemiz coğrafi konumu ve jeomorfolojik yapısının da etkisi sonucu toprak erozyonu, deprem, sel ve taşkınlar, heyelan ve orman yangınları gibi doğal afetlerin fazla tekrerrür gösterdiği bir ülke konumundadır. Özellikle sel ve taşkınların gerçekleşmesinde önemli rol oynayan bazı ana faktörleri şu şekilde sıralayabiliriz; yağışların karakteristik özelliklerindeki değişim (miktarı, şiddeti, süresi, frekansı, kapsama alanındaki artış vb.), doğal bitki örtüsünün tahribi ve/veya değiştirilmesi, hatalı kırsal yerleşim ve yanlış kentsel dönüşüm planı ve akarsu kanal sistemlerinin morfolojik yapısının (genişlik, derinlik, eğim ve menderes) değiştirilerek kanalın rüsubat taşıma potansiyelinin düşürülerek doğal dengesinin bozulması gibi.

Dengedeki değişiklik bazen şiddetli ve fazla yağışlarla gelen erosif faktörlerdeki artış olabileceği gibi, bazen de hatalı arazi kullanımı yada doğal bitki örtüsünün tahribinden kaynaklı erodibilite faktörlerindeki azalıştan kaynaklı olabilir. Örneğin 22 Temmuz 2021 de yaşanan Arhavi Kapisre deresi taşkınına havzanın sarp ve yüksek eğimli yamaçlarında gerçekleştirilen tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin etkisi, yüzey erozyonunu ve bu yolla taşının sediment miktarını önemli ölçüde artırmıştır. Tarımsal faaliyetler toprağın fiziksel, kimyasal ve organik yapısını bozarak erozyona karşı oluşturmuş olduğu direnç eşik değerini (erodibiletisini) çok aşağılara çekebilmektedir. Diğer önemli bir husus ise, arazi kullanımı orman olması gerekli olan bu eğimli araziler tarımsal kullanımı açıldığından yağmur damlaları yüzey toprağı ile direkt etkileşime geçerek erosiv enerji aktarımını önemli derecede artırmaktadır. Nihayetinde erozyona karşı hassasiyeti artan toprak yüksek eğim ve şiddetli yağışların direkt etkisiyle beklenenden çok kısa sürede ayrışır ve yüzeysel akışlarla birlikte oluk ve oyuntu kanal sistemlerine ulaşır. Oyuntu kanalları genellikle havzanın üst kısımlarında (memba) yer alan yağmur suyunun ilk toplanmaya başladığı küçük yarıklar/dereciklerdir. Aslında bu oyuntular sel ve taşkın kontrolünde büyük bir öneme sahiptirler çünkü havzada gerek sayıca gerekse de uzunluk olarak en fazladır ve ana dereyi besleyen (su hacmi ve rüsubat olarak) birincil kaynaklardır. İşte bu oyuntular içeresine düşen suyun hızının azaltılması ve rüsubat ın (taş, çakıl, kum vb) kafes tel, kuru duvar eşik ve ıslah sekisi gibi enine yapılarla ilk noktada depolanması, mevcut sel suyunun rüsubat taşıma kapasitesini azaltarak alt havza kanal sistemlerine (ana dere ve yan kollarına) olan baskıyı minimize ederek taşkın olma riskini azaltacaktır. Doğal kanal sistemleri morfolojik karakteristiklerini (genişlik, derinlik, yatak eğimi ve menderes; kanalın kıvrımlı “s” şeklini alması) güç-enerji ve direnç dengesine göre oluştururlar. Bu dengenin güç kısmında debi ve yatak eğimi, direnç kısmında ise yatağın taşıdığı rüsubatın miktarı ve tane büyüklüğü bulunur. 22 Temmuz

Arhavi taşkınının da olduğu gibi, debi ve rüsubat dengesinin bozulması neticesinde Kapisre dersinin ana kollu üzerinde en az 4-5 farklı noktada büyük şev kopmalarına bağlı aşırı rüsubat girdisi tespit edilmiştir. Farklı sebeplerden dolayı yeterince geniş planlanmayan taşkın düzlükleri veya daraltılan kanallar diğer morfolojik (dere tabanı eğimi ve menderes yapısı) müdahalelerinde etkisi sonucu rüsubat taşıma potansiyellerini kısıtlayarak taşkın riski oluşturlar. Bu risk şehir planlamasında kesinlikle dikkate alınarak yatağın sel esnasında belirli ölçülerde taşkına geçişine izin verilmelidir. Bunun için öncelikle yapılaşmanın kanaldan en az 40-50 m uzakta tutulması gerekir ve nehir in her iki tarafında da en az 25-30 m genişliğinde taşkın durumunda fazla suyu-enerjiyi absorbe edecek/yutacak depolama alanları oluşturulmalıdır. Bu alanlar taşkın riskinin olmadığı normal zamanlarda park bahçe olarak kullanılabilir. Mümkünse yatağın doğal yapısı (eğim, menderes, genişlik ve derinlik azaltılmamalı) değiştirilmemelidir. Maalesef günümüzde ülkemizdeki birçok akarsuyun bu karakteristik özellikleri değiştirilmiştir. Bu değişimler özellikle yerleşim yerlerinden geçen kanalların ilgili kısımlarında çok daha göze batmaktadır. Yerleşim yerine yakın yerlerde nehir tabanındaki rüsubatın her yıl temizlenerek yatak eğiminin belli bir değerde tutulması ve rüsubat transferinin denize kadar ilerleyişi sağlanmalıdır. Yerleşim yeri kotunun nehrin/derenin taşkın seviyesine göre daha düşük olacağı gerçeğinden hareketle, taşkın esnasında yerleşim yerinde birikecek sel sularının hızlı bir şekilde denize tahliye edilmesi gerekmektedir. Bunun için taşkın debisine göre ebatlandırılmış özel kapalı ve açık su tahliye kanallarının yapılması önemlidir. Yukarıda bahsedilen bütün bu önleyici ve koruyucu tedbirlerin entegre bir şekilde alınması ve bunun için ortaya konulacak kurumsal işbirliği gelecek aylarda yada yıllarda muhtemel gerçekleşecek sel olaylarının taşkına dönüşme riskini ciddi derecede azaltacaktır.

Anahtar Kelimeler: Su Kalitesi, Erozyon, Sel ve Taşkınlar, Entegre Havza Yönetimi

Teşekkür

Bu proje/çalışma Karadeniz Havzası 2014-2020 Ortak Operasyonel Programı, Avrupa Komşuluk Aracı aracılığıyla Avrupa Birliği ve katılımcı ülkeler: Ermenistan, Bulgaristan, Gürcistan, Yunanistan, Moldova Cumhuriyeti, Romanya, Türkiye ve Ukrayna tarafından ortak finanse edilmektedir. Bu yayın Avrupa Birliği'nin mali desteğiyle hazırlanmıştır. Bu yayının içeriği tamamen yazarların sorumluluğundadır ve hiçbir şekilde Avrupa Birliği'nin görüşlerini yansıtmamaktadır.

Taşkın Yönetimi

Ömer YÜKSEK*

* Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon

İletişim: yuksek@ktu.edu.tr

ÖZET

Su kaynaklarının etkin kullanımı, günümüzün en önemli problemlerden biri olup, halen su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir kullanımı sağlanamamıştır. Varlığı ile hayat kaynağı olan suyun, kontrol edilememesi durumunda da çok yıkıcı etkilere sahip olacağı, can ve mal güvenliğini tehlikeye atacağı açıktır. Dünyanın birçok yerinde olduğu gibi Türkiye'de de peş peşe gelen şiddetli sağanaklar veya uzun süren hafif yağışlar sonucu sık sık taşkınlar görülebilmekte ve bunlardan dolayı büyük can ve ekonomik kayıplar olmaktadır. Bu çalışmada, ilk olarak afetler ve afet yönetimi konusu irdelenmiştir. Daha sonra, Ülkemizde depremlerden sonra en fazla can ve mal kaybına yol açan tabii afet olan taşkınlar incelenmiştir. Bu kapsamda; konunun önemi ve kapsamı özetlenmiş; taşkın yönetimi kapsamında taşkın öncesinde, taşkın sırasında ve taşkın sonrasında yapılması gereken çalışmalar ana hatlarıyla değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taşkınlar, Afet Yönetimi, Taşkın Yönetimi

GİRİŞ

Taşkınlar doğal afetler olsa da; oluşmuş oldukları havza alanları insanların yaşadığı sosyal, ekonomik ve politik çevre tarafından etkilenmektedir. Çevresel bozulma, sosyal eşitsizlik gibi diğer sosyal problemlerin yanında; taşkınlar, gelişmekte olan ülkelerin yoğun nüfusa sahip alanlarında karşılaşılan en önemli problemlerden biridir. Taşkın afetinin etkileri, yerleşim alanlarındaki teknik ve ekonomik gelişmişliğe ve nüfus yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Kentleşme, bölgenin hidrolojik karakteristiklerini değiştirdiği için taşkınların büyüklüğünü ve sıklığını artırmaktadır. Bu sebeple, özellikle taşkın olması muhtemel sahalardaki taşkın riskini azaltmak için, etkin taşkın planlama ve yönetim stratejiler hayatı bir önem taşımaktadır (Yüksek ve Anılan, 2016).

Ülkemizde yağış rejiminin düzensiz oluşu yağışların zaman ve mekân olarak dağılımını olumsuz istikamette etkilemekte, bazen bir yıl içerisinde vuku bulması beklenen toplam yağış birkaç gün içerisinde düşebilmektedir. Farklı coğrafik yapı ve yağış rejimine sahip bölgelerin yer aldığı ülkemiz, taşkın felaketine duyarlı bir yapıya sahiptir.

Taşkınlar, depremlerden sonra en büyük can ve mal kayıplarına neden olan doğal afetlerdir. Taşkınlar meydana gelirken genellikle beraberinde heyelan da oluşmaktadır. Heyelanlar bazı durumlarda direkt taşkına neden olmuş, bazı durumlarda ise taşkın sonucu meydana gelmiş; her iki durumda da taşkın afetinin boyutlarını artırıcı etki göstermiştir. Yaşanan taşkın afetlerinin başlıca nedenleri doğal ve yapay nedenler olarak ele alınabilmektedir. Doğal nedenler, yağış rejimi ve topoğrafya ile heyelanları etkileyen jeolojik yapıdır. Yapay nedenler ise, dere yataklarına yapılan

olumsuz müdahalelerdir. Bunun yanında, heyelan olaylarını etkileyen ormanlık alanların tarım alanlarına dönüştürülmesi de yapay nedenler arasında yer almaktadır (Yüksek vd, 2022).

AFET YÖNETİMİ

Birçok kurum ve kuruluşun koordineli bir biçimde görev almasını gerektiren ve insan hakları için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar meydana getiren, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak toplumları veya insan topluluklarını etkileyen doğal, teknolojik ve insan kökenli olaylara “afet” denilmektedir. Bu olaylar içinde deprem, taşkın, volkan püskürmeleri gibi doğanın normal bir işlevi olarak gerçekleşenler “doğal tehlike olarak nitelendirilir ve “afet” niteliğini kazanması için insan can ve malının kaybına neden olması gerekir.

Modern afet yönetimi kavramında kayıp ve zararların azaltılması, hazırlık, tahmin ve erken uyarı, afetleri anlamak gibi afet öncesi korumaya yönelik çalışmalar “Risk Yönetimi”; etki analizi, müdahale, iyileştirme, yeniden yapılanma gibi afet sonrası çalışmalar ise “Kriz Yönetimi” olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda etkin bir afet yönetimi çalışması, afet öncesi, afet sırası ve afet sonrası ihtiyaç duyulan tüm çalışmaları kapsamaktadır. Afet yönetimi aşamaları Tablo 1’de özetlenmiştir (Yüksek vd, 2021).

Tablo 1. Afet Yönetimi Aşamaları

Afet Aşaması	Yapılacak Çalışmalar
Öncesi	Teknik, idari ve yasal önlemlerin alınması Mümkünse olayların önlenmesi, Kurtarma, ilk yardım ve iyileştirme çalışmalarının yapılması Toplumsal eğitilmesi, afet bilincinin oluşturulması
Sırası	Haberleşme ve ulaşım imkanlarının sağlanması Arama/kurtarma/ilk yardım/tahliye çalışmalarının başlatılması Geçici iskân alanlarının oluşturulması Yiyecek, içecek, giyecek ve yakacak temin edilmesi Güvenlik ve sağlık önlemlerinin alınması Yangın, patlamalar ve bulaşıcı hastalıklar vb. ikincil afetlerin önlenmesi
Sonrası	Can ve malın ek tehlike ve risklerden korunması İnsanların hayati ihtiyaçlarının karşılanması Hasar tespit çalışmalarının yapılması Ekonomik ve sosyal kayıpların en aza indirilmesi

TAŞKIN YÖNETİMİ

Bir akarsuyun muhtelif sebeplerle yatağından taşarak çevresindeki arazilere, yerleşim yerlerine, alt yapı tesislerine ve canlılara zarar vermek suretiyle o bölgedeki ekonomik ve sosyal faaliyetleri kesintiye uğratacak ölçüde bir akış büyüklüğüne ulaşması şeklinde tarif edilen taşkın tabii bir oluşumdur. Ancak taşkın bir afet olarak karşımıza çıkması, tamamen insan faaliyetlerinin bir neticesi olarak meydana gelmektedir. Bu tür afetlerin oluşmasını tamamen önlemek imkânsız olmakla birlikte, afetlerin zararlarını azaltmak mümkündür. Sorumluluğu başkalarına yıkarak olayı bertaraf etmek, ya da "ne yapalım doğal afetdir, elimizden bir şey gelmez, ancak yaraları sarmakla

uğraşabiliriz" şeklindeki yaklaşımlar sergilemek belki günü kurtarabilir, ancak yaranın giderek daha da kanamasına yol açacaktır (Yüksek vd, 2022). Taşkın oluşması;

- havanın soğuması,
- yağışın meydana gelmesi ve
- suyun yüzeysel akışa geçmesi

gibi, saatler ve bazen günler süren bir süreçten sonra meydana geldiği ve insanoğlu depremde olduğu gibi hazırlıksız yakalanmadığı, afetten korunmak için yeterli zamana sahip olduğu halde; insanları taşkınlara karşı koruyamamak oldukça üzücü bir durumdur.

Afet yönetiminde olduğu gibi, taşkın yönetiminde yapılabilecek çalışmalar da; taşkın öncesindeki, sırasındaki ve sonrasındaki çalışmalar şeklinde üç ana gruba ayrılır. Bu çalışmalar Tablo 2’de özetlenmiştir. Taşkın yönetimi çalışmalarının zamansal olarak planlanması Tablo 3’te özetlenmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesi açısından doğal kaynakların ve ekosistemlerin bütünlüğünü sağlayan havza ölçeği önem kazanmaktadır. Fiziksel bir birim olarak havzalar, iklim ve bitki bölgeleri gibi diğer doğal bölgelerle bütünlük göstermekte, doğal sınırları içinde bir ekosistem oluşturmaktadır. Bu ekosistemlere holistik/bütüncül bir yaklaşım havza ölçeğinde planlamayı ve havza yönetimi zorunlu kılmaktadır. Taşkın tahmini ve su yönetimi için yeterli veri ihtiyacının karşılanması için hidrometrik ve meteorolojik ağların geliştirilmesi gerekmektedir Modern afet yönetimi sistemi dahilinde taşkın için kayıp ve zarar azaltma, hazırlıklı olma, tahmin ve erken uyarı, afetler ve etki analizi gibi afet öncesi korumaya yönelik çalışmalara öncelik verilmelidir (Yüksek vd, 2021).

Taşkınların doğal nedenlerine bakıldığında her ne kadar ana etkenler olarak ön plana çıksa da bunların değiştirilemeyeceği bilimsel bir gerçektir. Bu gerçekten yola çıkarak doğal değil, yapay etkenleri azaltma yoluna gidilmelidir. Bu bağlamda yukarıda bahsedilen önerilere ve özellikle taşkın yönetimi kurallarına titizlikle uyulmalıdır.

Tablo 2. Taşkın Yönetimi Aşamaları

Aşama	Yapılacak Çalışmalar
Öncesi (Planlama)	Taşkın tahminlerinin yapılması Taşkın tehlike ve risk haritalarının hazırlanması Taşkın koruma tedbirlerinin belirlenmesi ve gerçekleştirilmesi Yukarı havza (memba) tedbirleri Aşağı havza (mansap) tedbirleri Arama/kurtarma/ilkyardım/tahliye çalışmalarının planlanması Görev alacak personelin belirlenmesi Toplulun eğitilmesi, taşkın bilincinin oluşturulması

Tablo 2'nin devamı.

Sırası (Müdahale)	Haberleşme ve ulaşım imkânlarının sağlanması Arama/kurtarma/ilk yardım/tahliye çalışmalarının başlatılması Geçici iskân alanlarının oluşturulması Yiyecek, içecek, giyecek ve yakacak temin edilmesi Güvenlik ve sağlık önlemlerinin alınması Yangın, patlamalar ve bulaşıcı hastalıklar vb. ikincil afetlerin önlenmesi
Sonrası (İyileştirme)	İnsanların hayati ihtiyaçlarının karşılanması Mümkün olan en fazla canın kurtarılması Can ve malın ek tehlike ve risklerden korunması Hasar tespit çalışmalarının yapılması Ekonomik ve sosyal kayıpların en aza indirilmesi Hukuk ve istihdam yardımlarının yapılması Yeniden yapılanma ve inşaa faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi

Tablo 3. Taşkın Yönetimi Çalışmalarının Zamansal Dağılımı

Aşama	Zamanlama	Genel İhtiyaçlar
Acil	İlk 24 saat	Arama ve kurtarma Tahliye ve barınma Gıda ve su Kamuoyunu bilgilendirme
Kısa vade	1. haftanın sonu	Güvenlik ve enerji Çevre sağlığı ve atık yönetimi
Orta vade	1. ayın sonu	Yasal ve fiziksel koruma İşsizlik Toplu taşıma ve haberleşme Psiko-sosyal ihtiyaçlar
Uzun vade	3. ayın sonu	Eğitim Tarım Çevre koruma

REFERANSLAR

- Yüksek, Ö., Anılan, T., 2016. "Doğu Karadeniz Taşkınlarında Heyelanların Etkisi ve Taşkın Sebepleri", *Ulusal Heyelan Sempozyumu Tebliğler Kitabı*, 27-29 Nisan 2016, Ankara, Sayfa: 119-136.
- Yüksek Ö., Anılan, T., Akçalı, E., 2021, "A1 Afet Sorunsalı/Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Yönetimi", *Taşkın Yönetimi, Doğu Karadeniz Çevre Tartışmaları*, Livre de Lyon, Lyon, pp.1-26.
- Yüksek, Ö., Babacan, H. T., Yüksek, O., 2022. "Doğu Karadeniz Havzası'nda Taşkın Sebepleri, Zararları ve Taşkın Yönetimi Çalışmaları", *Türk Hidrolik Dergisi/Turkish Journal of Hydraulics*, Cilt: 6, Sayı: 2, Sayfa: 36-46.

Baraj Havzalarında Heyelanlar ve Olası Çözüm Önerileri

Ömer KARA*

* Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon
İletişim: okara@ktu.edu.tr

ÖZET

Doğu Karadeniz Bölgesinin iklim, jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik özellikleri heyelanların sıklıkla oluşumuna yol açmaktadır. Doğal özelliklerin yanında yanlış arazi kullanımları da bölgede yaşanan heyelanları tetiklemektedir. Özellikle, orman örtüsü altında olması gereken eğimli yamaçlarda yapılan tarımsal faaliyetler heyelanların oluşumunu kolaylaştırmaktadır.

Doğu Karadeniz Bölgesinde meydana gelen çeşitli büyüklüklerdeki heyelanlar önemli can ve mal kayıplarının yanı sıra büyük yatırımlarla inşa edilen barajların ekonomik ömürlerini olumsuz etkilemektedir. Baraj göletinin üst havzasında gerçekleşen heyelanlar sonucu dere sistemine ulaşan sediment tıpkı yüzey erozyonunda olduğu gibi baraj göletinin beklenenden daha önce dolmasına yol açmaktadır. Sunulan çalışmada bölgemizde gerçekleşen Çaykara-Taşhanpazarı, Maçka-Esiroğlu ve Giresun-Yağlıdere'de heyelanlarının temel nedenleri belirlenmeye çalışılmış ve olası çözüm yolları irdelenmiştir. Bu amaçla heyelan alanlarından alınan numunelerden toprak türü, permeabilite, su tutma kapasitesi, hacim ağırlığı, gözeneklilik vb. hidro-fiziksel toprak özelliklerinin yanı sıra, kayan kütleyle ait kayma dayanımı parametreleri olan kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri belirlenmiştir. Ayrıca heyelan meydana gelen alanın genel jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri ile yüzey suyu akış deseni özellikleri incelenmiştir.

Yapılan arazi incelemeleri sonucunda, son zamanlarda meydana gelen yoğun yağışlar sonrası yüzey sularının süzülmesi neticesinde kütlenin birim ağırlığının artması, yamaç eğiminin nispeten yüksek olması ve kütle üzerinde uygun olmayan insan faaliyetlerinin de etkisiyle birlikte yamaç duraylılığına olumsuz etkiye bulunduğu belirlenmiştir. Özellikle tekniğine uygun inşa edilmeyen yollar dik yamaçlarda drenaj problemlerine neden olmakta, yamaç stabilitesini bozmakta ve doğal bitki örtüsü kaybına yol açarak zemin hareketlerini teşvik etmektedir. Bölgemizde gerçekleşen heyelan sahaları üzerinde genellikle çay-fındık tarımı yapılmaktadır. Kökleri derine ulaşmayan tarım bitkileri yer altı sularını kurutma ve yamacın su içeriğini azaltmada etkisinin sınırlı olduğu anlaşılmaktadır. Yamaç üzerindeki üst toprakların permeabilitesi orta-çok hızlı sınıfta yer almaktadır. Bu durum, yamaca gelen yüzey sularının kolayca süzülerek geçirimsiz tabakaya ulaşmasına neden olmaktadır. Yüzey sularının yamaçta kontrolsüz olarak akışta bulunması boşluk suyu basıncının artmasına neden olmaktadır.

Heyelan olaylarının gerçekleştiği sahaların ıslahı için mekanik (drenaj, tesviye, istinat duvarı vb.) ve kültürel (bitkilendirme) tedbirlerin yanı sıra arazi kullanım biçiminin de bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Heyelan sahasına gelen yüzeysel suların toplanarak uzaklaştırılması için kapalı

hendeklerin açılması öngör÷lmelidir. Heyelan kütlesi basamaklı olarak düzenlenmeli ve gerekli ise perde duvarlar yapılması düşün÷lmelidir. Heyelan sahalarında yamaç üzerinde ek yük oluşturan yerleşim gibi antropolojik faaliyetlere izin verilmemelidir.

Baraj göletine su sağlayan üst havzalarda yapılacak ağaçlandırmalar, barajların ekonomik ömrünü uzatmada önemli bir rol oynar. Yöreğe uygun türlerle yapılacak ağaçlandırmalar, heyelanları ve erozyonu engellemek ve su kalitesini iyileştirmek yoluyla barajların sürdürülebilir yönetimi açısından önemlidir. Bu nedenle, baraj inşaatları ve işletimlerinin bir parçası olarak ağaçlandırma çalışmalarına yatırım yapmak ekosistemlerin dengesinin sağlanmasına katkıda bulunur.

Anahtar Kelimeler: Baraj Havzası, Ağaçlandırma, Doğu Karadeniz Heyelanları, Hidro-fiziksel Toprak Özellikleri, Arazi Kullanımı

Dağlık Havzalarda Kar Erimesi Çalışmaları ve Erzurum-Kırkgöze Havzasındaki Uygulamaları

Reşat ACAR *

*İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

İletişim: racar@atauni.edu.tr

ÖZET

Özellikle dağlık bölgelerde kar erimelerinden meydana gelen akışlar hidrolojik döngünün ve su temininin en önemli elemanlarından biridir. Taşkınların kontrolü, su kuvveti tesisleri, çığ tehlikeleri veya tarım, sanayi ve günlük yaşam için su temini gibi konularda değerlendirme yapabilmek için, özellikle yönetim ve karar verme modellerinin eklendiği entegre havza simülasyon modelleri oldukça önem taşımaktadır. Çalışma alanı olarak seçilen Kırkgöze Havzası'nda 2454 m rakımında, güney bakışında kurulan otomatik meteoroloji ve kar gözlem istasyonundan elde edilen veriler kullanılarak, enerji dengesi metodolojisi ile karın birikme ve erime süreçlerine etki eden parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak kurulan modelde, meteoroloji istasyonunda ölçülen ve simüle edilen kar su eşdeğerleri ve kar yükseklikleri değerlendirildiği zaman çok iyi bir benzetimin sağlanmış olduğu gözlenmiştir.

GİRİŞ

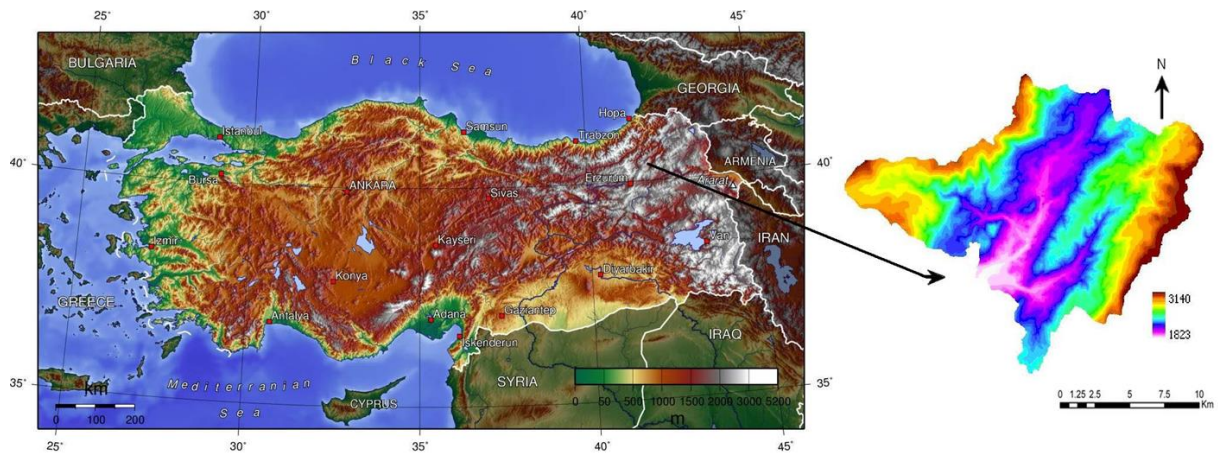
Yağışın kış aylarında kar olarak görüldüğü yüksek yerlerde kar erimesi su kaynaklarının beslenmesi, geliştirilmesi ve işletilmesi için çok önemli rol oynar. Kar erimelerinden meydana gelen akış, özellikle yüksek dağlık alanların hâkim olduğu Doğu Anadolu Bölgesi'nde son derece önemlidir. Bölgeden doğan ve sınır aşan sularımız Çoruh, Fırat, Dicle, Aras nehirlerinin sularının yıllık toplam akış hacimlerinin büyük kısmı kar erimelerinden meydana gelmektedir. Dolayısıyla kar erimesi modelleri büyük önem arz etmektedir. Kar örtüsünün parametreleri: kar derinliği, kar yoğunluğu, kar-su eşdeğeri, kar örtüsünün alansal genişliğidir.

Kar örtüsünün erimesine neden olan enerji kaynakları ise kısa dalga radyasyon (Q_{sn}), net uzun dalga radyasyon (Q_{in}), hissedilebilir ısı (havadan kaynaklanan ısı, (Q_h), yoğunlaşma sonucu ortaya çıkan gizli ısı (Q_e), zeminin iletmediği ısı (Q_g), yağmurun iletmediği ısıdır (Q_p).

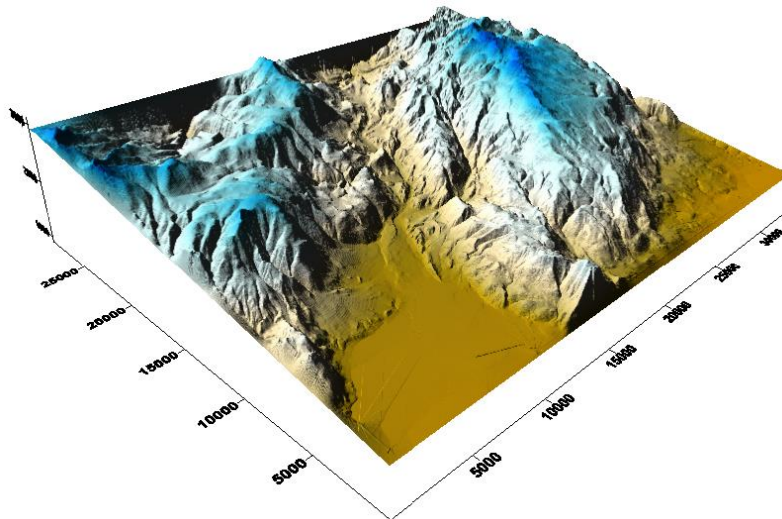
Yaptığımız bir araştırmada; Kar Erimesi Akış Modelinin (Snowmelt Runoff Model – SRM) Türkiye'de Doğu Anadolu Bölgesi'nde dağlık havzalara uygulanabilirliği amaçlanmıştır. Erzurum (Kırkgöze) havzasında SRM (Snowmelt Runoff Model) kar erime akış modeli Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama Teknikleri de kullanılarak 2009 kar erime sezonu için araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

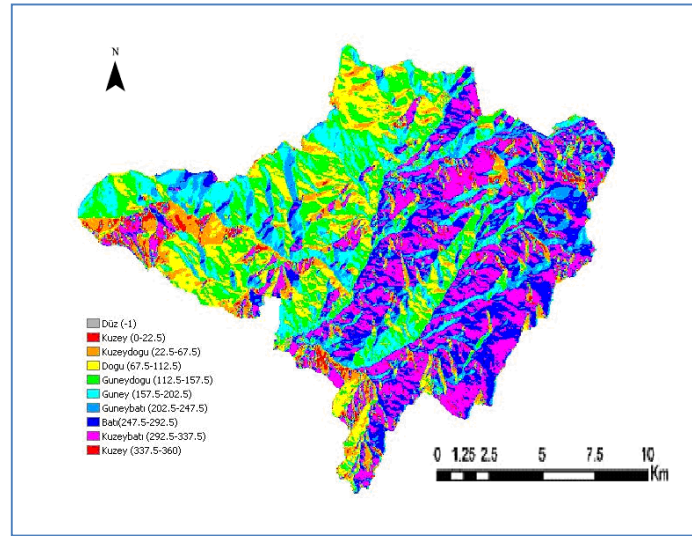
Türkiye’de Doğu Anadolu Bölgesi’ndeki kar erimesinin etkili olduğu dağlık havzalarda, debi benzetimlerini etkili bir şekilde ortaya koyabilmek adına kar erimesine etki eden parametrelerin karakterizasyonu önem arz etmektedir. Çalışma alanı olarak Türkiye’nin Kuzey Doğu’sunda bulunan dağlık ve kar karakteristikleriyle temsil edilen Erzurum iline ait Kırkgöze havzası seçilmiştir.



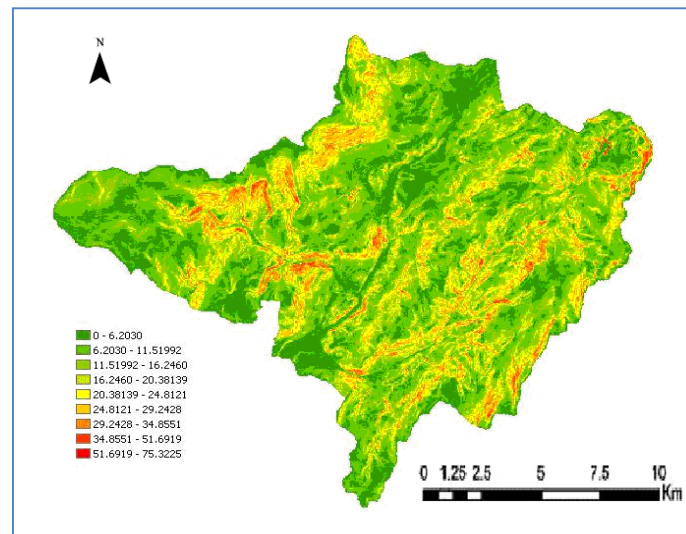
Şekil 1. Çalışma alanı



Şekil 2. Arazinin 3 boyutlu görüntüsü

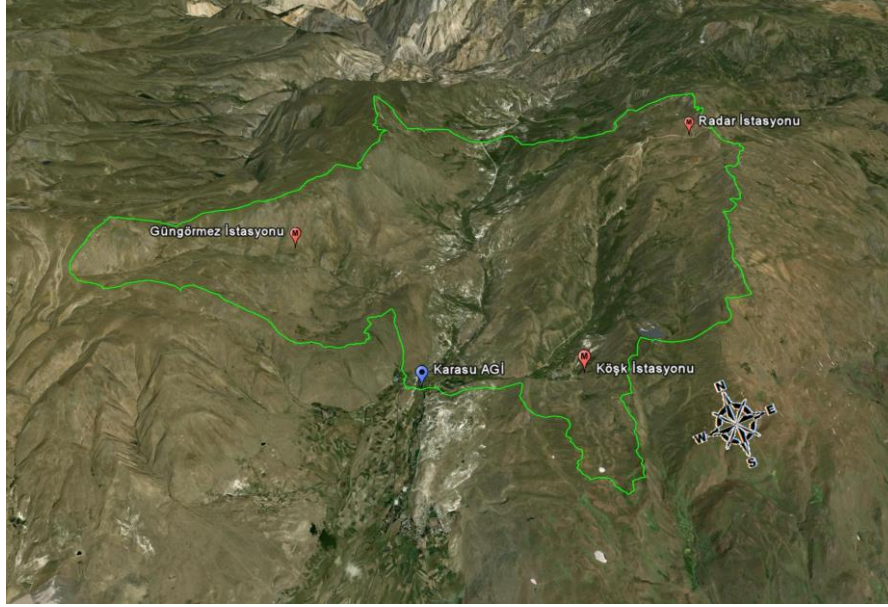


Şekil 3. Kırkgöze havzası bakı haritası



Şekil 4. Kırkgöze havzası eğim haritası

Havzanın genel bakışına uygun bakılara göre arazide 3 adet otomatik meteoroloji istasyonu Kasım 2007 tarihinde kurulmuş ve veri aktarımına başlanmıştır. Erzurum Kırkgöze (Çipak) havzasında farklı yüksekliklerde (2019 m, 2454 m ve 2891 m) kurulan meteorolojik ve kar gözlem istasyonlarındaki iklim koşulları Aralık 2007 ile Haziran 2009 zaman aralığı için karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Kar potansiyeli yüksek olan dağlık bir havza içerisindeki farklı bakı ve yüksekliklerde üç istasyondan alınan iklim verilerinin yeterli, kaliteli ve gerçek zamanlı toplanabildiği gösterilmiştir.



Şekil 5. Havzaya kurulan istasyonların coğrafi konumları

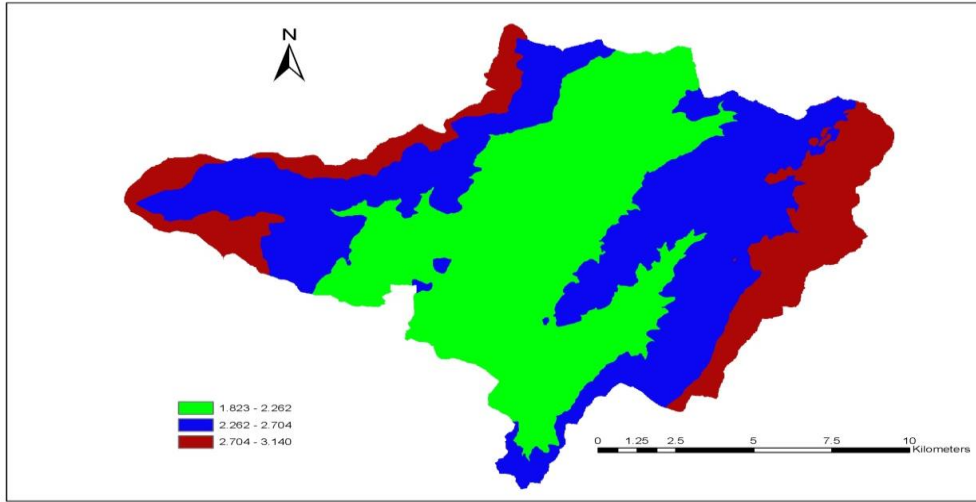
Kar Erime Akış Modeli (SRM), kar erimesinin ana akış faktörü olarak dağlık havzalarda günlük, aylık ve yıllık akışları tahmin ve simüle etmek için dizayn edilmiştir. SRM, hemen hemen her boyuttaki dağlık havzalarda ve her yükseklik aralığına uygulanabilir. Model çalıştırılması bilinen veya tahmin edilen bir akım değeri ile başlar ve giriş değişkenleri olarak sıcaklık, yağış ve kar örtüsü alanı sağlandığı sürece sınırsız sayıda gün için koşturulabilir. Giriş değişkenlerine ek olarak, havzanın alan-yükseklik eğrisi (hipsometrik eğri) gereklidir. Eğer havzanı diğer özellikleri mevcutsa (ormanlık alan, toprak şartları, daha önceki yağış ve akış verisi durumu), model parametrelerinin belirlenmesini kolaylaştırmak için yararlı olurlar.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

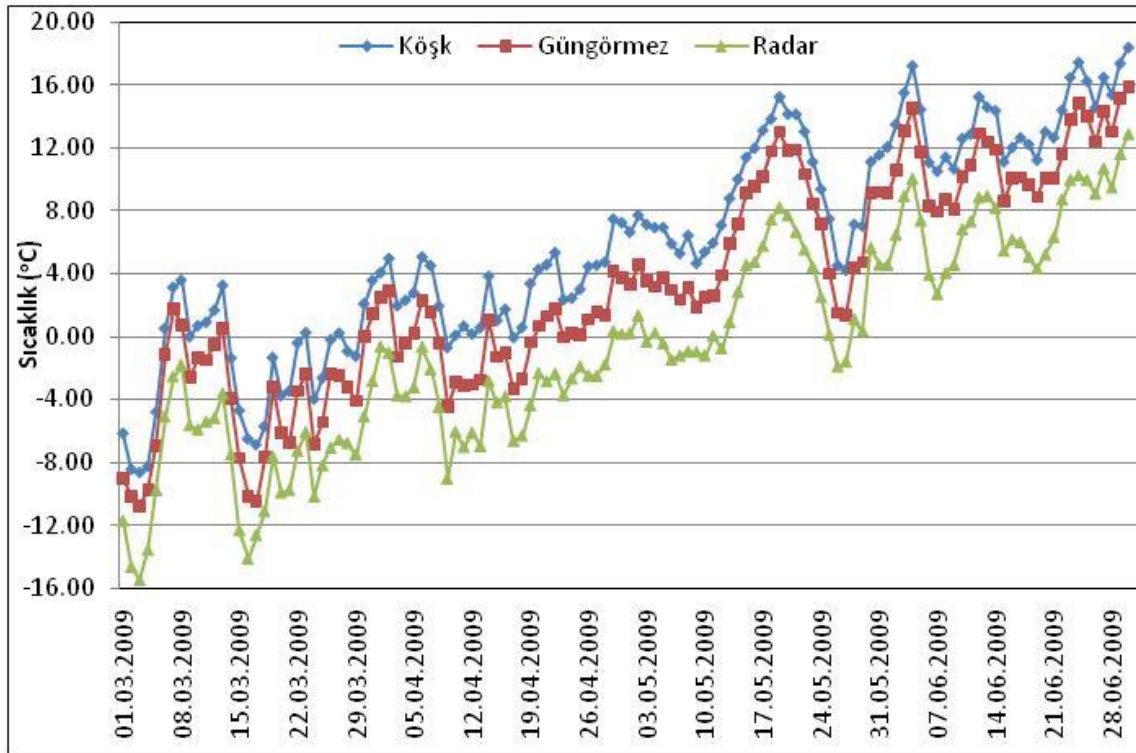
SRM modelinin öngördüğü şekilde sayısal yükseklik modeli 439 m yükseklik aralıklarına göre üç zona ayrılmıştır.

Tablo 1. Havza zonlarına ait hipsometrik yükseklikler

Zon	Yükseklik (m)	Yükseklik Farkı (m)	Alan (km ²)	Alan (%)	Ort. Hipsometrik Yükseklik (m)
A	1823-2262	439	102.906	42.40	2109
B	2262-2704	442	97.515	40.18	2459
C	2704-3140	<u>436</u>	<u>42.295</u>	<u>17.42</u>	<u>2794</u>
Havza	1823-3140	1317	242.716	100.00	2325



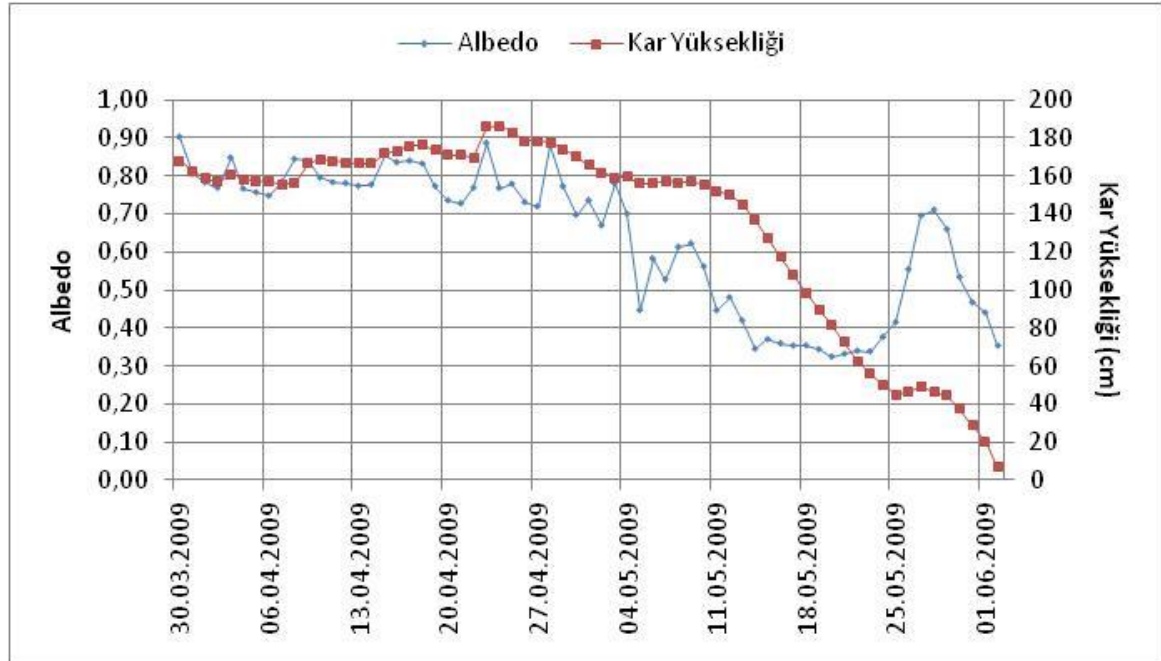
Şekil 6. Havza zonları



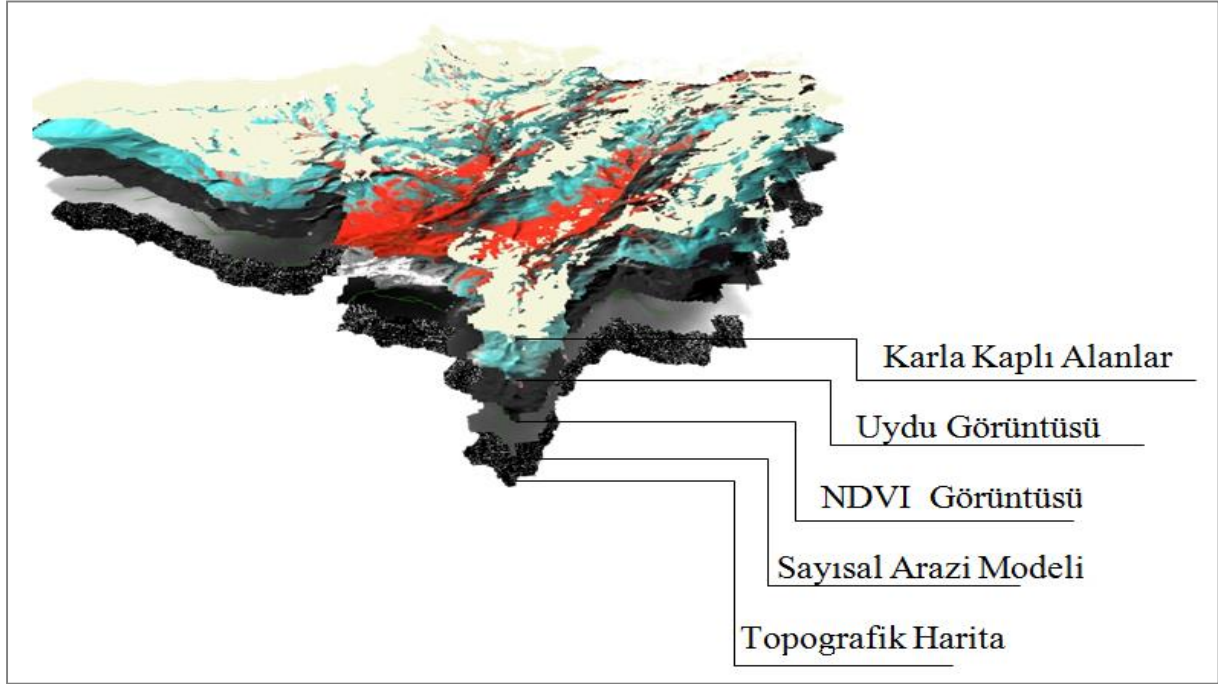
Şekil 7. Kırkgöze havzasına ait sıcaklık değerleri Mart-Haziran 2009



Şekil 8. Kırkgöze havzasına ait sıcaklık ve kar yüksekliği ilişkisi



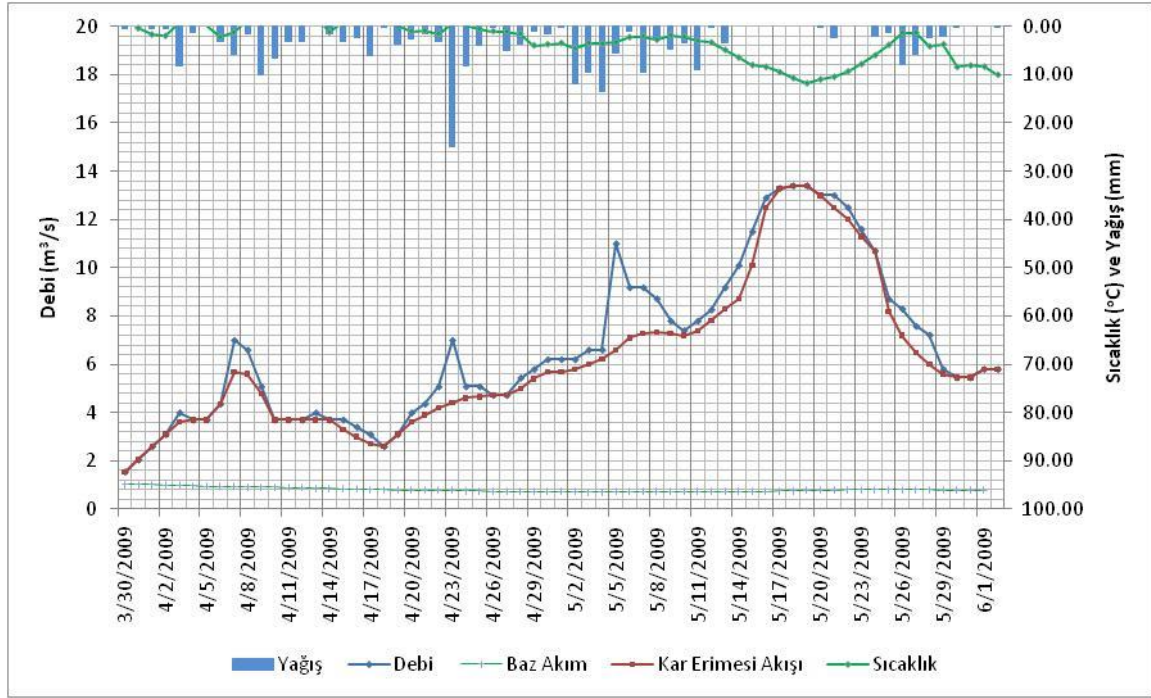
Şekil 9. Kırkgöze havzasına ait albedo ve kar yüksekliği ilişkisi



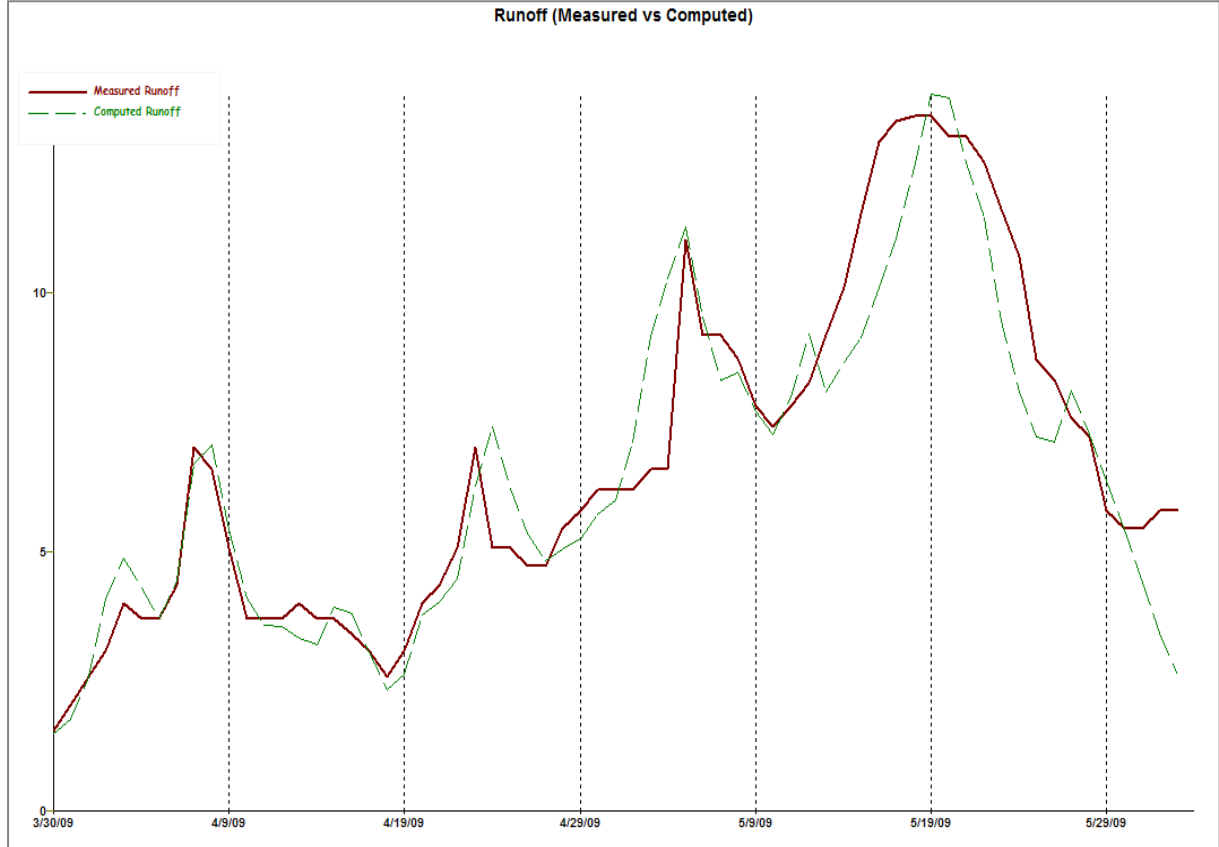
Şekil 10. Kullanılan verilerin 3-boyutlu düzlem üzerinde gösterimi

Tablo 2. Zamana bağlı havzaya ait akış değerleri

Zaman	Toplam Akış (m ³)	Taban Akışı + Yüzeyaltı Akış (m ³)	Yüzeysel Akış	
			Kar Erimesinden Gelen Akış, R _S (m ³)	Yağmurdan Gelen Akış, R _R (m ³)
31 Mart – 10 Nisan	3964896	908064	2797632	259200
11 Nisan – 27 Nisan	6137856	1179360	4375296	583200
28 Nisan – 10 Mayıs	8322048	808704	6328800	1184544
11 Mayıs – 25 Mayıs	14630976	987552	13061088	582336
26 Mayıs – 2 Haziran	4440960	545184	3584736	311040
Toplam Hacim	37496736	4428864	30147552	2920320
Yüzey Akışının %'si			91	9
Toplam Hacmin %'si	100	12	80	8



Şekil 11. Havzaya ait hidrolojik parametrelerin Mart-Haziran 2009 arası değişimi



Şekil 12. Havzaya ait yüzeyel akışın Mart-Haziran 2009 arası değişimi

Çok değişkenli doğrusal regresyon modeli

Hem havzada ölçülen değişkenler (sıcaklık, karla kaplı alan, basınç, kar su eşdeğeri, rüzgar, nem, yağış, radyasyon) hem de hesaplanan parametreler (kar akış katsayısı, derece gün faktörü, yağmur akış katsayısı) birlikte adım adım regresyon modeli kullanılarak çoklu doğrusal regresyon modeli oluşturulmuştur. Model sonucunda bazı değişken ve parametreler modelden çıkartılarak debinin sıcaklık (T), karla kaplı alan (S), kar su eşdeğeri (SWE), kar akış katsayısı (CS) ve radyasyon (R) arasında doğrusal model kurulmuş ve aşağıdaki denklem elde edilmiştir.

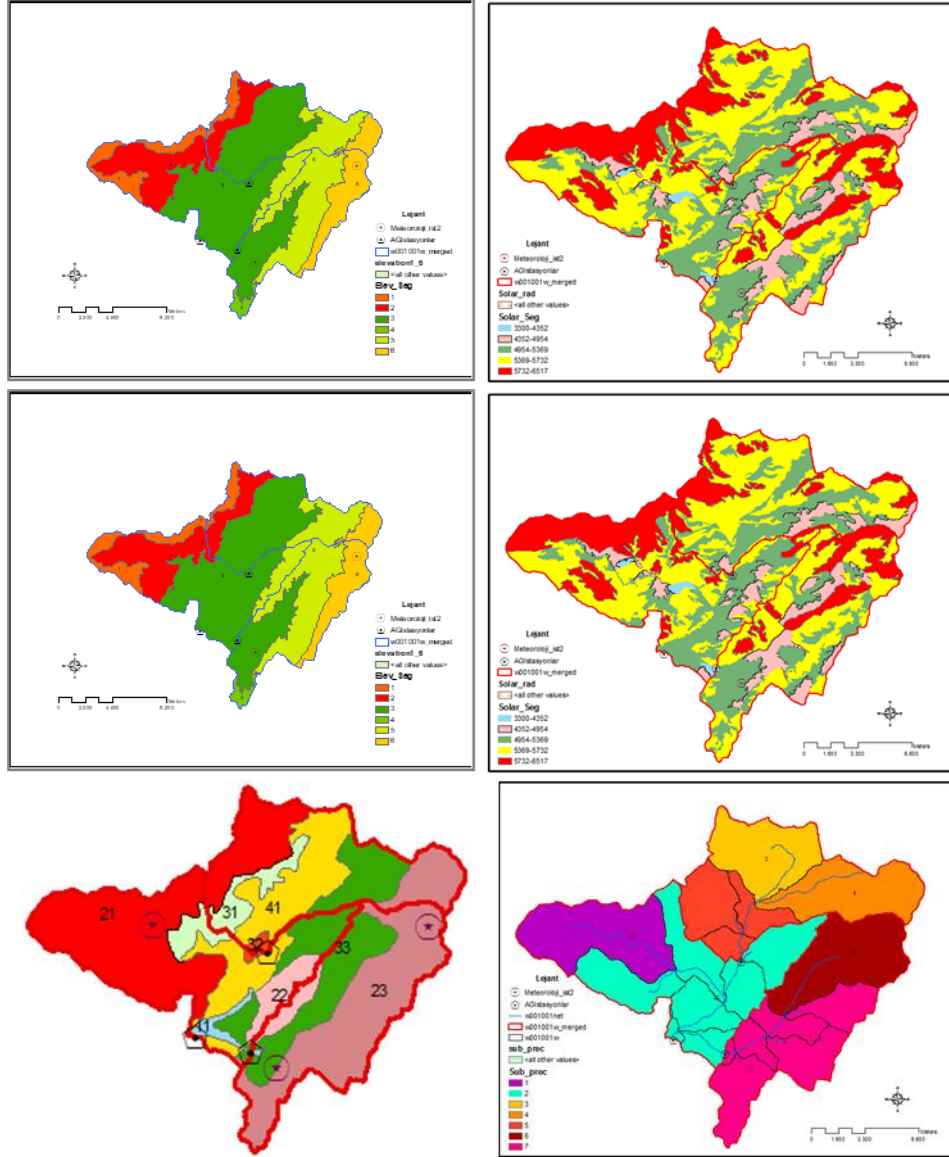
$$Q_{hes} = - 1,116 + 0,289T - 15,724S + 0,647SWE + 15,218CS - 0,009R$$

Debi ile sıcaklık (T), karla kaplı alan (S), kar su eşdeğeri (SWE), kar akış katsayısı (CS) ve radyasyon (R) arasındaki çoklu doğrusal regresyon modelinin özet tablosu incelendiğinde belirleme katsayısının $R^2 = 0,881$ yüksek değerler aldığı görülmüştür.

Kar erimesini en çok etkileyen iki değişken olan sıcaklık ve radyasyonun yanında adım adım regresyon modeli ile seçilen diğer parametreler karla ilgili yapılan ölçümler sonucunda elde edilirler. Kırkgöze havzasında sıcaklık, karla kaplı alan, kar su eşdeğeri, kar akış katsayısı ve radyasyonun bir arada kullanıldığı bu çoklu doğrusal regresyon modeli debi değerlerindeki değişkenliğin %88,1'ini açıklayabilmektedir.

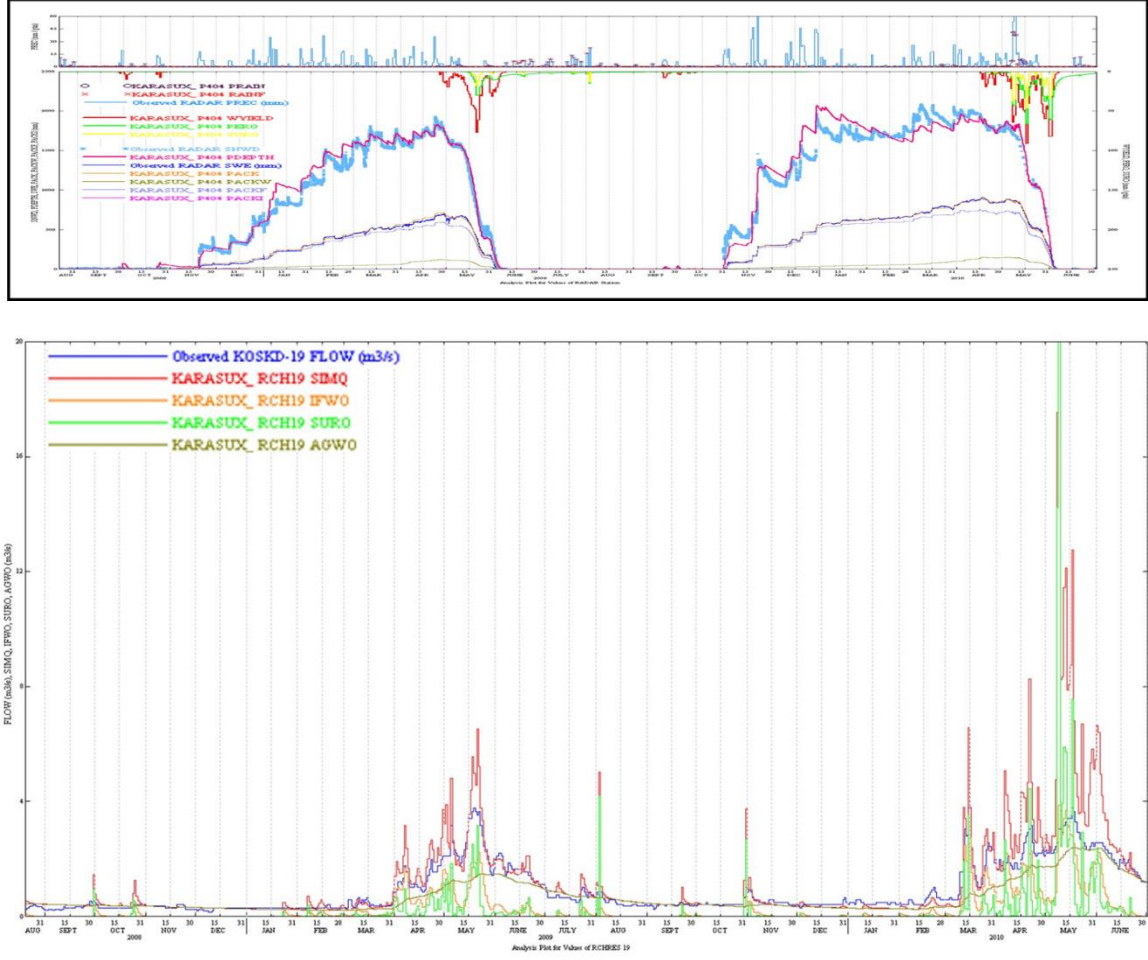
Diğer bir çalışmada; aynı havza için HSPF (Hidrolojik Simülasyon Programı-FORTRAN) model programının Türkiye'de Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki dağlık havzalara uygulanabilirliği amaçlanmıştır. Erzurum (Kırkgöze) havzası ve alt havzalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri ve HSPF model programı kullanılarak 2009 ve 2010 su yıllarında hidrolojik çevrime etki eden parametreler araştırılarak debi benzetimleri bulunmaya çalışılmıştır. Kırkgöze havzası debi simülasyonlarının etkili bir şekilde gerçekleştirebilmesinde havza ve iklim karakterizasyonunu kurulacak modele yansıtılabilmek için, CBS kullanılarak birbiri ile ilişkilendirilen birtakım haritalardan yararlanılmıştır. Bu haritalar; Sayısal Yükseklik Modeli (S.Y.M.) Haritası, Akarsu Ağı Haritası, Arazi Kullanım Haritası (Bitki Örtüsü), Zemin Özellikleri Haritası, Jeoloji ve Hidrojeoloji Haritası, Yükseklik Zonları Haritası, Eğim ve Bakı Haritaları, Güneş Radyasyonu Dağılım Haritası, Alt Havza Sınırları Haritası, Karla Kaplı Alanlar için Uydu Görüntüleri'nden oluşmaktadır.

Nihai Eş Karakteristikli Poligon Sınıflandırması oluşturulurken Yükseklik (6'lı Sınıflandırma), Solar Radyasyon (5'li sınıflandırma), Hidrojeoloji (8'li sınıflandırma), Alt havzalar (7'li sınıflandırma), Arazi eğimi (2'li sınıflandırma: 0-15,3 , 15,3-45 derece), Arazi Kullanımı (9'lu sınıflandırma) kullanılmıştır.

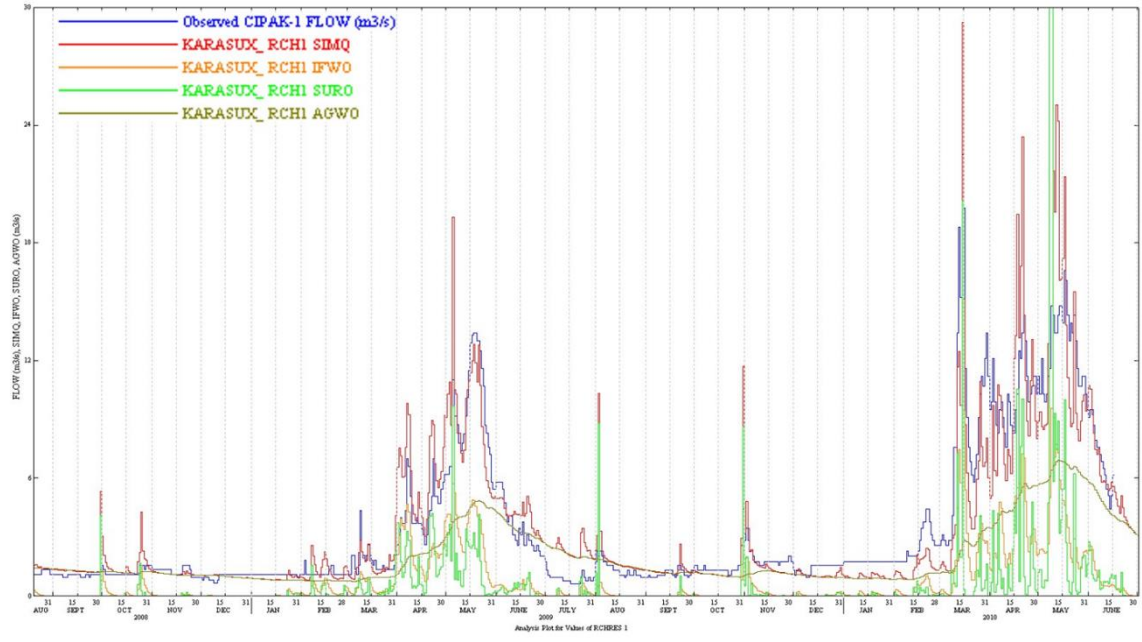


Şekil 13. Nihai Eş Karakteristikli Poligon Sınıflandırması

Sırasıyla üst üste bindirilerek nihai eş karakteristikli poligon alanları elde edilmiştir. HSPF model programı hidrolojik süreçlerin arkasındaki itici güç olarak meteorolojik zaman serilerine gerek duymaktadır. Model kar erimesinin etkili olduğu havzalarda hidrolojik modelleme için aşağıdaki yedi meteorolojik zaman serisine gerek duymaktadır. Bunlar; sıcaklık, çığ noktası sıcaklığı, yağış, bulutluluk, rüzgar hızı, potansiyel evapotranspirasyon, güneş ışıması (solar radyasyon) şeklindedir.



Şekil 14. Köşk D.-Köşk A.G.İ.na ait gözlenen ve simüle edilen hidrograf ve bileşenleri



Şekil 15. Kırkgöze-Çipak A.G.İ.na ait gözlenen ve simüle edilen hidrograf ve bileşenleri

IHA'lar ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Dere Kenarı Erozyonu ve Koridorlarının Değerlendirilerek Haritalanması

Mehmet YAVUZ^{1*}, Mustafa TÜFEKÇİOĞLU*

*Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 08100, Artvin

¹İletişim: myavuz@artvin.edu.tr

ÖZET

Toprak erozyonu yüzeysel akışla beraber aşırı yağış sonrası oluşan heyelan ve dere kenarlarındaki toprakların aşınması ve taşınmasıyla gerçekleşmektedir. Gelişen uzaktan algılama ve alçak irtifalı görüntüleme teknolojileri sayesinde potansiyel erozyon alanları tespit edilip haritalanabilmesi mümkün olmaktadır. Bazı akarsu sistemlerinin su toplama (membra), geçiş ve depolama (mansap) gibi bölgelerinde meydana gelen toprak erozyonunu kontrol çalışmaları havzanın özelliğine de bağlı olarak büyük bir kısmı mansap kısmında yoğunlaştırılmış, geçiş ve memba kısımlarında yok denecek kadar az çalışmalara yer verilmiştir. BSB963 nolu Avrupa Birliği projesi kapsamındaki bu çalışmayla memba ve geçiş zonlarından başlayarak daha temiz bir “Karadeniz için Doğa Temelli Önlemler ve Yenilikçi İzleme ve Kontrol Teknikleri” ile çöplerin ve erozyonun azaltılmasıdır. Bu amaçla İnsansız Hava Araçlarını (IHA) kullanarak dere koridorları boyunca dere ekosistemlerini etkileyen ve sekteye uğratan doğal ya da yapay faktörleri izlemek ve doğa temelli çözümler üreterek haritalamaktır. Bu amacımıza ulaşmak için; (a) geleneksel (Lata ve çelik metre), (b) teknolojik (TruePulse 360 Range Finder) ürünleri kullanarak derelerde çapraz enine kesit ölçümleri yapmak ve (c) aynı zamanda insansız hava araçları kullanarak ulaşılamayan yerleri de ölçmek hedeflenmiştir.

Taşma yüksekliğindeki dere kanal genişliğinin 12 katı uzunluğunda 17 adet dere segmenti oluşturulmuştur. Her bir segmente aşağı, orta ve yukarı olmak üzere en az üçer adet ve toplamda 51 adet çapraz kesit ölçülmüş yapılmıştır. Her bir çapraz kesit noktasında: Dere Taşma Yüksekliği, Bank-Şev Açısı, Min. Su yüksekliği ve genişliği, Sel Taşkın Zonu, Dere koridoru bitki türleri ile mendereslenme oranı (kıvrımlılık indeksi) ölçülmüştür. Bu segmentleri değerlendirirken Akarsu Görsel Değerlendirme Protokolü 2 (SVAP2) kullanılmıştır. IHA kullanarak elde edilen akarsu segmenlerine ait ortomozaik görüntüler structure-from-motion (SfM) algoritmaları kullanarak oluşturulmuştur. Bu ortomozaik görüntülerden 3 boyutlu nokta bulutları ve akabinde dere koridorlarına ait sayısal arazi (SAM) ve sayısal yükseklik modelleri de (SYM) oluşturulmuştur. Dere kenarı vejetasyonu türü ve yükseklikleri SAM ve SYM verileri kullanılarak ölçülmüştür. SAM ve SYM verileri ile aynı zamanda her bir dere kesitinden ne kadar su geçebileceği yani su taşıma kapasitesi de ölçülmüştür.

Elde edilen sonuçlara göre havzayı temsil etmesi açısından sadece 2.8 km'lik Şenköy segmentinde kanal genişliği 21.8 m ile 52.4 m arasında değiştiği, ortalama kanal genişliği ise 32.3 m olarak ölçülmüştür. Aynı segmentin mendereslenme oranı 1.11 olarak hesaplanmıştır. Dere kenarı ıslah çalışmaları kapsamında sol şevlerin %42'si, sağ şevlerin ise %35'i ıslah edilmiştir. Dere koridoru

boyunca boyları 1 ile 15 m arasında değişen kıvılağağlar, 3-5 m boyunda findıklar, dereye yakın çay bahçeleri bulunmaktadır. Dere içerisindeki oluşan alüvyon sediment birikmeleri üzerinde eğreli otu, bögürtlen, söğüt ve kıvılağağ gibi diri örtü görölmektedir. Truepulse 360 lazer metresi ile 13 adet enlemesine çapraz kesitlerde yapılan ölçümler ve IHA'nın çektiği fotoğraflardan elde edilen ortomozaik görüntüler üzerinden yapılan ölçmeler karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda her iki ölçüm arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Sahadaki bazı çapraz kesit ölçüm işlemleri esnasında dere kenarındaki vejetasyonların sıklığı engel teşkil etse de bu engel yeteri miktar vejetasyonun temizlendikten sonra tekrar ölçüm yapılarak giderilmiştir.

Bu çalışmayla beraber dere koridorlarının daha kısa süreli sıklıkta ve daha detaylı bir şekilde izlemek mümkün olmuştur. Zaman içerisinde ve büyük yağışlar sonucu oluşan dere kenarındaki yapısal bozulmalar detaylı bir şekilde haritalanmış ve ilgili kurumların istifadesine sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Su Yönetimi, IHA, Heyelan, Dere Koridoru İzleme

Su Varlığımız ve İklim Değişikliği

Ertuğrul AĞIRBAŞ*

* Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Rize

İletişim: ertugrul.agirbas@erdogan.edu.tr

ÖZET

Sanayi devriminden sonra atmosferik CO₂ konsantrasyonu yaklaşık %33 oranında artmış ve yıllık %0,4'lük bir oranla artmaya devam etmektedir. Geçmişten günümüze küresel ısınmaya yol açan bu gazlardan CO₂, CH₄ ve N₂O konsantrasyonu sırasıyla %41, %160 ve %20 oranında artmış durumdadır. Bu artışa bağlı olarak küresel ortalama sıcaklıklara Halosen dönemine göre ortalama 1,2°C arttırmış ve artan emisyonlarla bu artışın daha fazla olacağı tahmin edilmektedir. Sera gazı emisyonlarındaki artışa bağlı olarak ortaya çıkan küresel ısınma iklim değişikliğine yol açarken dünyanın geleceğini tehdit eden en önemli çevresel sorun haline gelmiştir. 2015 Paris İklim Anlaşması'nda, ülkeler küresel ısınmayı 2°C'nin altına düşürmeyi ve sıcaklık artışını 1,5°C'de sabit tutmayı taahhüt etmişlerdir. IPCC'nin son raporunda (2018) küresel ısınmayı 1,5°C seviyelerin altında tutmak için küresel sera gazı emisyonlarının 2030'a kadar %45 azalması ve en geç 2050'ye kadar sıfır net emisyonu ulaşılma hedefi konulmuştur. İklim değişikliği beraberinde birçok problemi beraberinde getirmektedir. Bunların bazıları; sıcaklık artışları ve anomaliler, buzulların erimesi, deniz ve yüzey su seviyelerinin artması, asidifikasyon, ekosistemlerde değişim ve biyoçeşitlilik kayıpları, ekstrem hava olayları, aşırı fazla yağışların olması, kuraklık ve çölleşme ve mevsimlerde kaymalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer taraftan artan küresel sıcaklıklar bölgesel olarak su kıtlığını ve buna bağlı faaliyetlerde önemli problemlere yol açmaktadır. Bundan dolayı değişen iklim koşulları altında su yönetiminin doğru yapılması önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Küresel Isınma, Sera Gazı, Emisyon, IPCC

GİRİŞ

İklim Değişikliği

Antropojenik faaliyetler sonucu atmosfere salınan karbondioksit ve metan gibi sera etkisi yaratan gazların atmosferde olması gereken konsantrasyondan daha yüksek miktarlara ulaşması sonucu yer kabuğu ve denizlerin ortalama sıcaklarında meydana getirdiği artışa küresel ısınma ve beraberinde iklim değişikliği meydana gelmektedir. İnsan kaynaklı karbondioksit salımlarının %75'inden daha fazlası fosil yakıtların kullanılmasıyla gerçekleşmektedir. Geriye kalan miktarı ise özellikle ormanların tahrip edilmesini ve arazilerin yanlış kullanımı nedeniyle meydana gelmektedir. Küresel ısınmaya bağlı olarak sıcaklık artışları ve anomaliler; buzulların erimesi, deniz ve yüzey su seviyelerinin artması, asidifikasyon, ekosistemlerde değişim ve biyoçeşitlilik kayıpları, ekstrem hava olayları, aşırı fazla yağışların olması, kuraklık ve çölleşme ve mevsimlerde değişim gibi birçok olguda önemli değişimler meydana gelmektedir.

Sanayi devriminden sonra atmosferik CO₂ konsantrasyonu yaklaşık %33 oranında artmış ve yıllık %0,4'lük bir oranla artmaya devam etmektedir (Alley vd., 2007; Raven vd., 2005; Wolf-gladrow vd., 1999). Sanayi devriminden önce 280 ppm seviyelerinde olan CO₂ konsantrasyonu 370 ppm'e kadar ulaşırken ve iklim senaryolarına göre önümüzdeki 100 yıl içerisinde CO₂ konsantrasyonunun 700 ppm'e kadar yükseleceği tahmin edilmektedir (Houghton, 2001). Geçmişten günümüze küresel ısınmaya yol açan bu gazlardan CO₂, CH₄ ve N₂O konsantrasyonu sırasıyla %41, %160 ve %20 oranında artmış durumdadır (IPCC 2013). Bu artışa bağlı olarak küresel ortalama sıcaklıklara halosen dönemine göre ortalama 1,2°C artmış ve artan emisyonlarla bu artışın daha fazla olacağı tahmin edilmektedir (IPCC 2013).

Artan atmosferik CO₂ konsantrasyonu okyanus ve denizlerin yüzey tabakalarında karbon kimyasını doğrudan etkilerken son 250 yıl içerisinde deniz suyunun pH'sının 8,21'den 8,10'a kadar düşmesine yol açmıştır. Deniz suyu yüzey pH değeri, sanayi devriminin başlangıcından bu yana 0,1 birim azalmış ve yüzyılın sonuna kadar 0,3-0,6 birim ve bikarbonat iyonu (HCO₃) konsantrasyonunun %50 oranında azalacağı öngörülmektedir (Orr, 2011; Doney vd., 2009; Riebesell vd., 2007; Orr vd., 2005). Antropojenik CO₂ salınımının yaklaşık %25'i okyanuslar tarafından absorbe edilirken okyanusların karbon yapısında önemli değişimlere neden olabilmektedir (Le Que're vd., 2013). Bu değişim genellikle "okyanus asitlenmesi (OA)" veya "asidifikasyon" olarak adlandırılır. Asidifikasyona bağlı olarak fitoplankton komünite yapısında ve biyokütlesinde önemli değişimler meydana gelirken ortamın biyojeokimyasal yapısının da değişmesine yol açmaktadır (Boyd ve Doney, 2002). Diğer taraftan atmosferik CO₂'in kısmi basınç (pCO₂) artışında antropojenik kaynaklı karbondioksit (CO₂) salınımlarının büyük bir rolü bulunmaktadır. Bu yüzyılın sonunda CO₂ salınımlarındaki artışa bağlı olarak deniz suyu yüzey sıcaklığının (SST) 2-4°C arasında artacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 2013).

Sera gazı emisyonlarındaki artışa bağlı olarak ortaya çıkan küresel ısınma iklim değişikliğine yol açarken dünyanın geleceğini tehdit eden en önemli çevresel sorun haline gelmiştir. 2015 Paris İklim Anlaşması'nda, ülkeler küresel ısınmayı 2°C'nin altına düşürmeyi ve sıcaklık artışını 1,5°C'de sabit tutmayı taahhüt etmişlerdir. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (Inter-Governmental Panel on Climate Change, IPCC)'nin son raporunda (2018) küresel ısınmayı 1,5°C seviyelerin altında tutmak için küresel sera gazı emisyonlarının 2030'a kadar %45 azalması ve en geç 2050'ye kadar net sıfır emisyonu ulaşılma hedefi konulmuştur.

İklim değişikliği beraberinde birçok problemi beraberinde getirmektedir. Bunların bazıları; sıcaklık artışları ve anomaliler, buzulların erimesi, deniz ve yüzey su seviyelerinin artması, asidifikasyon, ekosistemlerde değişim ve biyoçeşitlilik kayıpları, ekstrem hava olayları, aşırı fazla yağışların olması, kuraklık ve çölleşme ve mevsimlerde kaymalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer taraftan artan küresel sıcaklıklar bölgesel olarak su kıtlığını ve buna bağlı faaliyetlerde önemli problemlere yol açmaktadır. Bundan dolayı değişen iklim koşulları altında su yönetiminin doğru yapılması önem arz etmektedir.

Küresel ısınma iklim değişikliğinin açık göstergesi olması yanında yağış ve fırtına faaliyetlerinin bölgesel değişimleri de iklimde meydana gelen değişime sebep olmaktadır. Hükümetler Arası İklim

Değişikliği Paneli (Inter-Governmental Panel on Climate Change, IPCC 2001) son yıllarda sıcaklıklarda tespit edilen $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ bir artışın yağışlarda düzensizliğe ve yağış miktarlarında % 1'lik artışa neden olacağını öngörmektedir.

Su Varlığımız

Meteorolojik parametrelerde (sıcaklık, yağış, buharlaşma vb.) meydana gelen değişimlerin sebeplerinin araştırılması mevcut su kaynaklarının planlanması ve yönetimi bakımından önem arz etmektedir. Son yıllarda olası etkileri araştırılmaya başlanan iklim değişikliği göz önünde bulundurulduğunda bu araştırmaların önemi daha da artmaktadır. İklimsel ve hidrolojik olarak büyük öneme sahip olan bu değişkenliklerin sebep olduğu çevresel, sosyal ve ekonomik dinamikler dünya üzerindeki yaşam koşullarını doğrudan etkilemektedir. Bu bağlamda, son yıllarda yapılan çalışmalar ile hidrometeorolojik değişkenler üzerinde büyük bir etkisi olan iklim değişikliği ilişkisi önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir.

Günlük toplam yağış verilerinin iklim değişikliğindeki yeri uzun süreli zaman serilerinde özellikle ortalama değişkenliği açısından detaylı analiz verilerine ulaşmamızı sağlamaktadır. İklim modellerinin birçoğu, gelecekteki iklim değişiklikleri için, klimatolojik değişkenlerin ortalamalarındaki azalma ya da artma eğilimlerinin bir öngörüsünü üretir. Ancak, iklim modelleri, eğilim kadar klimatolojik gözlem dizilerinin ısrar ve periyodiklik (dönemsellik) vb. belirleyici bileşenlerini temsil etmelidir. Bu ise, zaman dizilerinde egemen olan ısrar ve dönemsellik bileşenlerinin, istatistiksel ve klimatolojik özelliklerinin anlaşılmasını gerektirir (Tatlı vd., 2004). Uzun süreli günlük yağış serilerindeki ısrar ve periyodikliğin bilinmesi, özellikle geleceğe yönelik çalıştırılan yağış simülasyon modellerinde büyük önem arz etmektedir. Çünkü ısrarın ve periyodikliğin mevcut zaman serisindeki kendini tekrarlama sıklığı ve devamlılığı, model çıktılarının doğru sonuçlar üretmesine olanak sağlayacaktır. Model çıktı verilerinin tutarlılığın artması, özellikle gelişmekte olan ülkelerin sosyo-ekonomik politikalarına önemli faydalar sağlayacaktır.

Günlük toplam yağış miktarı verileri, yağış şiddeti ve maksimum yağışlar açısından sel ve taşkın risk faktörleri konusunda önemli veri kaynakları oluşturur. Özellikle Doğu Karadeniz bölgesinde Hopa, Rize ve Pazar istasyonlarında sonbahar mevsiminde meydana gelen ve yağışın miktarı açısından periyodik bir düzene sahip bu alandaki sel ve taşkın olaylarının tespiti, günlük yağışlar ile yakından ilgilidir. Bu alanda, çok kısa zaman dilimlerinde görülen maksimum yağışlar, bazen bir aylık ortalama toplam yağıştan çok daha yüksek değerlere ulaşmakta ve bu tür yağışların neticesinde de çoğu kez taşkınlar gerçekleşmektedir. Ayrıca bu durum, Ege bölgesinde Muğla ve Marmaris istasyonlarında, kış mevsiminde, orta enlem siklonlarının (cephesal sistemlerin), Orta Akdeniz üzerinden kuzeydoğuya hareketi esnasında da sıkça görülmektedir. Sel olayı günlük çok şiddetli ve ani sağanak yağışlardan sonra oluşabildiği gibi günlerce devam eden yağışlardan sonra da geciken taşkınlar şeklinde de etkili olmaktadır (Yılmaz, 2008). Ekstrem hava olayları ile bağdaştırılan sel ve taşkın olaylarının önceden tahmin edilebilmesi can ve mal kayıplarını önemli ölçüde azaltacaktır. Türkiye'de ekstrem hava olayları toplamında 1960 ve 2000'li yıllarda önemli derecede artışlar

olmuştur. Bu durumun ortaya çıkmasında ortalama sıcaklık sapması ile doğru orantılı olduğu gözlenmiştir (Şensoy vd. 2008).

Türkiye konum itibarıyla ekvatorial-tropik ve kuzey kutbu hava hareketlerinin arasında bulunduğu için meteorolojik olaylar genelde kararsız bir yapıda olma eğilimindedir. Türkiye yaz ve kış aylarında bahsi geçen hava hareketlerinin zaman zaman giriş yaptığı bir bölgedir. Kış aylarında kuzeyden gelen karasal ve denizel karakterli kutupsal hava kütleleri Türkiye'ye giriş yaptığında, genel olarak hava soğuk, buharlaşma az ve yağışlar fazladır. Yaz aylarında ise güneyli tropik hava hareketlerinin etkisinden dolayı sıcaklık, nemlilik ve buharlaşma fazla, yağışlar ise azdır (Şen, 2003).

Karadeniz, yaz aylarında Kuzey Afrika ve Basra üzerinden gelen alçak basınç sistemi etkisinde, kış ayları boyunca ise Avrupa üzerinden gelen siklon ile Sibirya üzerinden gelen yüksek basınç sisteminin etkisi altında kalmaktadır. Bu sistemler, her iki mevsim ayları süresince batıdan doğuya doğru bir hava akımı oluşturmaktadır (Sen, 1989). Topoğrafyadaki yükselti doğal engeller Karadeniz'deki atmosferik akımları ve siklonların geçişini önemli derecede etkiler. Batıdaki Karpat Dağları ve Balkan Dağlarının sebep olduğu hava akım blokesi, daha alçak bir yapıya sahip olan Marmara bölgesi siklonlarına daha rahat geçit veren tek alan konumundadır. Güney sınırındaki Kuzey Anadolu ve Kafkas sıradağlarının topoğrafik yapısı, bölgeden geçen siklonların hareket hızlarını ve hatlarını kontrol eden frekans yönlendiricisi ya da mânia gibi davranır. Kuzeyde bulunan düz alanlar ise hava akımlarına engel teşkil etmedikleri ve bu nedenle, özellikle Balkanlarda oluşan bir yüksek basınç sisteminin olduğu durumlarda, uzun süreli soğukların kuzeyden bölgeye ulaşmasına imkân sağlar.

Akdeniz Havzası içerisinde yer alan ülkemiz, iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek hassas bölgelerden birisi olarak değerlendirilmektedir. İklim değişikliğinin küresel ölçekte etkileri Akdeniz'de sıcaklık artışının ortalamanın üzerinde olması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Akdeniz havzasındaki ortalama sıcaklık, küresel ortalamadan 0,4°C daha fazla olup sanayi devriminde bu yana şimdiden yaklaşık 1,4°C artış göstermiştir (Cramer vd., 2018).

Avrupa denizleri farklı şekillerde iklim değişikliğinden etkilenmektedir (Belkin 2009). Akdeniz gibi kapalı bir deniz olan Karadeniz'e baktığımızda 1990'ların ortalarından sonra iklim değişikliğinden olumsuz etkilendiğini; yüzey tabakasında düşük besin seviyelerine ve fitoplankton bolluğunun (tür kompozisyonu ve grup oranlarında değişim vb.) azalmasına neden olduğu görülmektedir. Karadeniz'deki uzun vadeli değişikliklere baktığımızda, son 60 yılda yüzeydeki yaz sıcaklıklarındaki değişim net olarak gözlenebiliyor. Karadeniz'deki artış Akdeniz'in de üzerinde 2°C'ye yakın artış göstermektedir. Karadeniz'deki sıcaklık artışı mevsimsel farklılık göstermektedir; yaz mevsiminde sıcaklık artışının kış aylarına göre daha fazla olduğu gözlenmektedir.

Dünyanın su varlığı yaklaşık 1,4 milyar km³ olup tüm bu suyun ise sadece 35 milyon km³'ü yani %2,5'i ise tatlı sudan oluşur. Tatlı suyun %68,9'u (24 milyar km³) kutup bölgelerinde buz, dağlık bölgelerde buzul ve kalıcı kar olarak donmuş halde, %30,8'i (8 km³) yer altında (toprak nemi, bataklık suyu, akifer yatakları) yer altı suyu olarak yer altında ve %0,3 (105.000 km³)'ü tatlı su gölleri ve nehirlerde bulunur. Ekosistemler ve insanlar için ulaşılabilir olan tatlı su miktarı ise tüm bu tatlı suyun %1'inden azı yani sadece 0,01'i'dir.

1970’li yıllarda kişi başına 12,900 m³ su düşerken, 1990’lı yıllarda 9000 m³, 2000’li yılların başına 7000 m³’e kadar gerilemiştir. 2025 yılında ise kişi başına düşen su miktarının 1700 m³’e düşmesi öngörülmüyor. Dünyada su kıtlığı sınırını tanımlamak için “Falkenmark su stres indisi” kullanılmaktadır.

- Yeterli suya sahip >1700 m³/yıl/kişi,
- Su stresi yaşayan ülkeler 1000-1700 m³/yıl/kişi,
- Su kıtlığı çeken ülkeler, 500-1000 m³/yıl/kişi,
- Mutlak su kıtlığı çeken ülkeler <500 m³/yıl/kişi.

Günümüzde 43 ülkede yaklaşık 700 milyon insan su kıtlığı çekiyor. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütüne (FAO) göre 2025 yılında 1,8 milyar insanın mutlak su kıtlığı çeken ülke ve bölgelerde yaşıyor olacak.

Türkiye’de yıllık ortalama yağış 643 m³ olup, bu miktar yılda ortalama 501 milyar m³ suya denk gelir. Türkiye’nin yıllık su akış miktarının yaklaşık yarısı 26 su havzasından beşinde (Fırat, Dicle, Doğa Karadeniz, Doğa Akdeniz ve Antalya) bulunur. Bu beş havzanın dışındaki 21 havza toplam su akışının geri kalan yarısını paylaşır. Günümüzde Çoruh, Ergene, Batı Akdeniz, Aras Havzaları “yeterli suya” sahipken, Susurluk, Gediz, Büyük Menderes, Batı-Orta Karadeniz, Seyhan, Ceyhan Havzaları “su stresi”, Sakarya Havzası “su kıtlığı”, Marmara ve Küçük Menderes Havzaları ise “mutlak su kıtlığı” çekiyor.

Küresel su tüketiminin en yoğun olduğu sektör tarım sektörüdür. Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde toplam tatlı suyun %85-90’i tarımsal üretimde kullanılırken, gelişmiş olan ülkelerde bu oran %16’lara kadar düşer. Dünya ülkelerinde ortalama %18 düzeyinde olan endüstriyel su ihtiyacı, az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde %10 seviyesindedir. Gelişmiş ülkelerde ise ortalama endüstriyel su ihtiyacı %60’lara ulaşır.

Gelişmiş ülkelerde ortalama kişi başı günlük su tüketimi (500-800 m³) gelişmekte olan ülkelerdeki su tüketiminin yaklaşık on katıdır. 2025 yılında tarımsal su kullanımının 1.3, endüstriyel su kullanımının 1.5 ve evsel su kullanımının 1.8 kat artması beklenmektedir. Kullanılan tatlı suyun %43’ü kullanıcıya ulaşmadan şebeke sisteminde kayboluyor. Bu rakam tüm Türkiye’nin yaklaşık beş aylık su ihtiyacına eşittir. Gelişmiş ülkelerde kayıp oranı %20’lere kadar düşürülebiliyor. Evsel su kullanımı kişi başına 75 litre ile 380 litre arasında değişmekte olup genellikle ekonomik düzeyin ve yaşam standartlarının artışı ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Örneğin ABD’nin belirli kesimlerinde 600 litre olan kişi başına düşen ortalama günlük su kullanım miktarı, Senegal’de kişi başına günlük su tüketimi ise sadece 29 litredir. Türkiye’de kişi başı ortalama evsel su tüketimi 216 litredir. Bununla birlikte evsel su tüketiminde bölgeler arasında farklar da vardır; Kuzeydoğu Anadolu’da 301 litre/gün/kişi Güney Doğu Anadolu’da 220 litre/gün/kişi

Evde kullandığımız suyun yaklaşık; %26’sını tuvaletlerde, %22’sini çamaşır makinelerinde, %17’sini duşta, % 16’sını musluklarda, % 2’sini banyo küvetlerinde, %3’ü diğer alanlarda kullanıyoruz, % 14’lük kısmı ise ev içi tesisat sızıntılarında kaybediyoruz. Bir insan günde ortalama 200 litre su

kullanır. Bunun 5-10 litresini yeme-içme gibi temel ihtiyaçlarını karşılamak için, geri kalan 190 litreyi ise temizlik kullanımları ve bahçe için harcar (duş, bulaşık, çamaşır, tuvalet).

Dünyada her yıl tatlı suyun %15'i enerji üretimi için kullanılmaktadır. 2035 yılında enerji üretiminde kullanılan su miktarını da %18'e çıkacağı öngörülmektedir. Enerji ve elektrik üretimi için farklı kaynaklar kullanılabilir olsa da pek çok üretim sürecinde suya ihtiyaç duyulur, örneğin ham maddelerin çıkarılması, termal süreçlerde soğutma, malzemelerin temizlenmesi, biyoyakıtlar için ürün üretilmesi ve türbinlerin çalıştırılması. Örneğin Avrupa ve ABD'de tatlı sularının %40-50'si, sadece güç santrali soğutma süreçleri tarafından çekilmektedir.

DEĞERLENDİRME

İklim değişikliğinin bir diğer etkisi de bazı bölgelerde gözlenen kuraklıktır. Yunanistan ve Türkiye'de kişi başına su miktarı, 2030'da ilk kez 1.000 m³/yıl (şiddetli su stresi için genel olarak kabul edilen eşik) altına düşebilir. (Ludwig vd., 2010). Göller ve rezervuarlardaki su seviyeleri muhtemelen düşecektir. Örneğin, Türkiye'nin en büyük Akdeniz gölü olan Beyşehir, çıkış rejimi değiştirilmezse 2040'larda kuruyabilir (Bucak vd., 2017). Sucul ekosistemlerin sağlıklı bir şekilde işleyişini sağlamak için çevresel akış gereksinimlerini karşılamanın önemi, bu sistemlerde belirli miktarlarda su tutulmasını gerektirecek ve bu da insan kullanımı için erişilebilirliği daha da sınırlayacaktır (Hermoso ve Clavero 2011).

REFERANSLAR

- Belkin, I.M. 2009. "Rapid warming of large marine ecosystems". *Progress in Oceanography* 81: 207-213.
- Bucak, T., Trolle, D., Andersen, H."E., Thodsen, H., Erdoğan, Ş, Levi, E.E., Filiz, N., Jeppesen, E, Bekiroğlu, M. 2017. "Future water availability in the largest freshwater Mediterranean lake is at great risk as evidenced from simulations with the SWAT model". *Science Total Environment*, 581-582: 413-425.
- Boyd, P.W., Doney, S.C. 2002. "Modelling regional responses by marine pelagic ecosystems to global climate change", *Geophysical. Research Letters*, 29, 1-4.
- Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J.P., Iglesias, A., Lange, M.A., Lionello, P., Llasat, M.C., Paz, S., Peñuelas, J., Snoussi, M., Toreti, A., Tsimplis, M.N., Xoplaki, E. 2018. "Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean". *Nature Climate Change* (8): 972-980.
- Doney, S.C., Fabry, V.J., Feely, R.A., Kleypas, J.A., 2009. "Ocean acidification: the other CO₂ problem". *Annual Review of Marine Science* (1), 169-192.
- Hermoso, V., Clavero, M. 2011. "Treating processes and conservation management of endemic freshwater fish in the Mediterranean basin: a review". *Marine and Freshwater Research* (62): 244-254.
- Houghton, R.A. 2001. "Counting terrestrial sources and sinks of carbon". *Climatic Change* 48. 525-534.
- PCC 2013. Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the

- Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York: Cambridge University Press. 1535 pp.
- Le Que're, C., Peters, G.P., Andres, R.J., Andrew, R.M., Boden, T., Ciais, P., Friedlingstein, P. 2013. "Global carbon budget", *Earth System Science Data Discussions* (6), 689-760.
- rr, J. 2011. Recent and future changes in ocean carbonate chemistry. In *Ocean Acidification*. Ed.: Gattuso, J.P. and Hanson, L. Oxford: Oxford University Press.
- Ludwig, W., Bouwman, A.F., Dumont, F., Lespinas, F. 2010. "Water and nutrient fluxes from major Mediterranean and Black Sea rivers: past and future trends and their implications for the basin-scale budgets". *Global Biogeochemical Cycles* (24): GB0A13.
- Orr, J.C., Bopp, L.J., Fabry, V.J., Aumont, O., Doney, S.C., Feely, R.A., Gnanadesikan, A., Gruber, N., Ishida, A., Joos, F., Key, R.M., Lindsay, K., Maier-Reimer, E., Matear, R., Monfray, P., Mouchet, A., Najjar, R.G., Plattner, G.K., Rodgers, K.B., Sabine, C.L., Sarmiento, J.L., Schlitzer, R., Slater, R.D., Totterdell, I.J., Weirig, M.F., Yamanaka, Y., Yool, A. 2005. "Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms", *Nature* (437): 681-686.
- Raven, J., Caldeira, K., Elderfield, H.H., 2005. "Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide", Royal Society Policy document, 12/05.
- Richard B. Alley, Terje Berntsen, Nathaniel L. Bindoff, Zhenlin Chen, Amnat Chidthaisong, Pierre Friedlingstein, Jonathan M. Gregory, Gabriele C. Hegerl, Martin Heimann, Bruce Hewitson, Brian J. Hoskins, Fortunat Joos, Jean Jouzel, Vladimir Kattsov, Ulrike Lohmann, Martin Manning, Taroh Matsuno, Mario Molina, Neville Nicholls, Jonathan Overpeck, Dahe Qin, Graciela Raga, Venkatachalam Ramaswamy, Jiawen Ren, Matilde Rusticucci, Susan Solomon, Richard Somerville, Thomas F. Stocker, Peter A. Stott, Ronald J. Stouffer, Penny Whetton, Richard A. Wood, and David Wratt. 2007. "Summary for Policymakers". Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- Wolf-gladrow, B.D.A., Riebesell, U., Burkhardt, S., Jelle, B. 1999. "Direct effects of CO₂ concentration on growth and isotopic composition of marine plankton", *Tellus* (51B): 461-476.
- Tatlı, H., Dalfes N., Menteş, S., 2004. "A statistical Downscaling Method for Monthly Total Precipitation Over Turkey", *International Journal of Climatology* (24): 2, 161- 180.
- Yılmaz, F., 2008. "Antalya'nın Günlük Yağış Özellikleri ve Şiddetli Yağışların Doğal Afetler Üzerine Etkisi", *Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: 10, Sayı 1.

Akdeniz Havzasında İklim Değişikliği ve Kuraklık İlişkisi

İsmail DABANLI*

* İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul
İletişim: dabanli@itu.edu.tr

ÖZET

Sanayi devriminden günümüze dünyanın ortalama sıcaklığı sürekli bir artış eğilimindedir. Bu artışın arkasında atmosferdeki CO₂ oranının sürekli artması gelmektedir. Günümüzde bu oran 420 ppm (parts per million) seviyesine ulaşmıştır. Dünya'nın bu ısınma periyoduna bağlı iklimi kontrol eden ya da iklimsel olayları doğrudan etkileyen çevrimlerin geçmişle kıyaslandığında yeni normale doğru değiştiği gözlemlenmektedir. Bu çevrimlerden en önemlisi Hadley çevrimidir. Ekvator üzerinde ısınan hava ticaret rüzgarları etkisiyle hem kuzey hem de güney yarı küre orta enlemlerine doğru taşınmaktadır. Isınan havanın genişmesi sonucu Ekvator üzerinden başlayan sıcak ve kuru hava daha geniş bir çaptan çevrimini tamamlamaktadır. Böylece kuru ve sıcak hava kütlesi Kuzey ve Güney yarı kürede daha da orta enlemlere yakın bölgelere ulaşabilmektedir. Türkiye iklimi üzerinde önemli bir etkisi olan Akdeniz havzası da bu süreçten doğrudan etkilenmektedir.

Kara ve okyanus sularının farklı zaman periyotlarında ısınıp soğuması normal olarak alışagelmış mevsimsel karakterlerin değişmesine ya da kaymasına sebebiyet vermektedir. Literatürde CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project) ve CMIP6 verilerine göre mevsimsel ve yıllık ortalamalara göre yapılan çalışmalarda her ne kadar genel bir ortak sonuç alınamamış olsa da hem kuzey Atlantik hem de Güney Pasifik üzerinde 2-3 derecelik mevsimsel parametrelerde kaymalar görülmektedir. Kuzey Atlantik üzerindeki mevsimsel kaymalar kuzey pasifiğe nispetle daha belirgin olarak gözlemlenmektedir.

İklim değişikliği projeksiyonlarında kullanılan senaryolar sürekli geliştirilmekte ve güncellenmektedir. SRES (Special Report on Emissions Scenarios) kısa adıyla anılan senaryolar, güncellenerek yerini RCP (Representative Concentration Pathways) senaryolarına bırakmış, RCP'lerde güncellenerek SSP (Shared Socio-Economic Pathways) senaryoları olarak halihazırda kullanılmaktadır. SSP senaryoları 5 temel sosyo-ekonomik esası temel alarak geliştirilmişlerdir. SSP1 sürdürülebilirliği, SSP2 orta vadedeki hedefleri yakalayan bir dünya düzenini, SSP3 bölgesel rekabetin ve ulus devletlerin hâkim olduğu dünya düzenini, SSP4 eşitsizliği ve SSP5 fosil yakıtı dayalı gelişmeyi esas alan senaryolardan oluşmaktadır. Bu senaryolar temel olarak 6 farklı küresel iklim modelini esas alarak (AIM-CEGE, GCAM, IMAGE, MESSAGE-GLOBIOM, REMIND-Magpie ve WITCH-GLOBIOM) üretilmektedir.

İklim değişikliğinin belirgin özelliklerinden birisi aşırı iklim olayları üzerinde kendini göstermektedir. Geçmişle kıyas yapıldığında aşırı sayılabilecek düzeyde iklim olaylarının görülme sıklığında artışlar beklenmektedir. Özellikle Akdeniz havzası üzerinde yaz ve kış mevsimlerinde aşırı

iklim olaylarının görülme sıklığının Türkiye üzerinde belirgin olarak artması beklenmektedir. Yaz aylarındaki afet boyutunda olabilecek iklimsel olaylar kuraklık olarak ortaya çıkabilecektir.

İklim değişikliğinin en belirgin etkilerinden birisi de kuraklık üzerinde görülmektedir. Yağışın ortalamanın altında ya da hiç olmadığı kurak periyotlar 1995-2014 dönemine nazaran 2081-2100 periyotlarında pek çok modelin ortak sonucuna göre (%80 Model tahmin uyumluluğu) Türkiye üzerinde ortalama yağışlarda %20-%30 mertebelerinde bir azalış meydana geleceği tahmin edilmektedir.

Türkiye'nin doğusu ve Karadeniz bölgesi hariç, geriye kalan bütün toprakları Akdeniz havzası etkisi altında kalmaktadır. Akdeniz havzası etkileri sınırlı düzeyde de olsa doğuya doğru da kayabilmektedir. Dolayısıyla iklim değişikliği ve kuraklık üzerinde yapılacak çalışmalarda sadece Türkiye'nin çevresinden izole bir şekilde değerlendirilmesinden ziyade bütün Akdeniz havzasının birlikte değerlendirildiği çalışmalar daha doğru sonuçlar verecektir. CRU (Climatic Research Unit) ve GPCC (Global Precipitation Climatology Center) verilerine göre 1901-2020 döneminde Akdeniz Havzasında kuraklık indekslerinde artış belirgin bir şekilde ortaya çıkmış ve ortalama yağışlarında her 10 yılda 20 mm düzeylerinde azalış trendinde olduğu ortaya çıkmıştır. Mevsimsel ve yıllık olarak trend değerlendirmelerinde analizlerin kendi aralarında uyumlu olduğu görülürken, her mevsimde belirgin azalışların büyüklüğü farklılık göstermektedir.

İklim Değişikliği kuraklık ve aşırı yağışların analiz edildiği çalışmalarda Türkiye ölçeğinden biraz da üst ölçeğe çıkıp Akdeniz Havzasında dolaşım ve genel iklim değişkenliğinin dikkate alınması, bu değişkenlikle birlikte gelecek projeksiyonlarının uyumlu hale getirilmesi, yapılacak çalışmaların tutarlılığını daha da artırıcı olacaktır. Yağış projeksiyonları tutarlı bir halde oluşturulduktan sonra bölgesel hidroloji modelleri vasıtasıyla yüzeysel akış tahminleri de yapılabilecek havza düzeyinde barajların işletme analizleri ve projeksiyonları da ortaya çıkarılabilecektir.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Kuraklık, Akdeniz Havzası, Yağış

Baraj Çevresindeki Toprak ve Su Koruma Zonlarının Planlanmasında Yeni Yaklaşımlar

Turgay DİNDAROĞLU*

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 61050, Trabzon

İletişim: turgay.dindaroglu@ktu.edu.tr

ÖZET

Su kenarı koruyucu zonlar; su kaynaklarına bitişik, yakındaki yüksek arazilere göre bitki ve hayvan türlerinin farklı yoğunluk, çeşitlilik ve üretkenliğe sahip olduğu alanlardır. Sucul ekosistemden karasal ekosisteme geçişi sağlayan bu zonlar besin döngüsü, su döngüsü, hidrolojik işlevleri, enerji akışı, bitki ve hayvan popülasyonu gibi spesifik özellikler barındırırlar. Aynı zamanda sedimanların ve besinlerin tutulması, ötrofikasyonun önlenmesi, erozyonların engellenmesi, hem sucul hem de karasal ekosistemlerdeki besin ağlarının desteklenmesi gibi faydalar sağlarlar. Su kenarı zonların ekolojik faydalarına ek olarak özellikle baraj göllerine sediment taşınımı azaltılarak barajların işletme ömürlerini artırma potansiyelleri de vardır. Ancak bu alanlarda yoğun insan baskısına neden olan yüksek rekreasyonel potansiyel, yoğun tarımsal faaliyetler ve otlatma bu alanların fonksiyonlarını tehdit etmektedir.

Su ve toprak koruma alanlarının genişliği hakkında çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu çalışmada su kenarı tampon zonlarını belirlemede depresyon (çöküntü) alanlarının sınırlarını dikkate alan “Hidroekolojik yaklaşım” tanıtılmıştır. Bu yaklaşımla toprak ve su koruma için planlanan korunan alanları daha fonksiyonel hale getirilmesi amaçlanmıştır. Su kenarı koruma alanlarının oluşturulmasında depresyon alanlarının göz önünde bulundurulması kıyı bölgesi toprak stabilizasyonu içinde avantajlar sağlamaktadır. Başta baraj gölleri olmak üzere bütün su yüzeylerinin çevrelerinde su kenarı koruma zonları oluşturulmalı, koruma ve yönetim stratejileri katılımcı bir anlayışla belirlenerek uygulanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Su kenarı koruma zonları, Riparian alanlar, Baraj gölleri, Sedimentasyon, Su kalitesi, toprak kalitesi

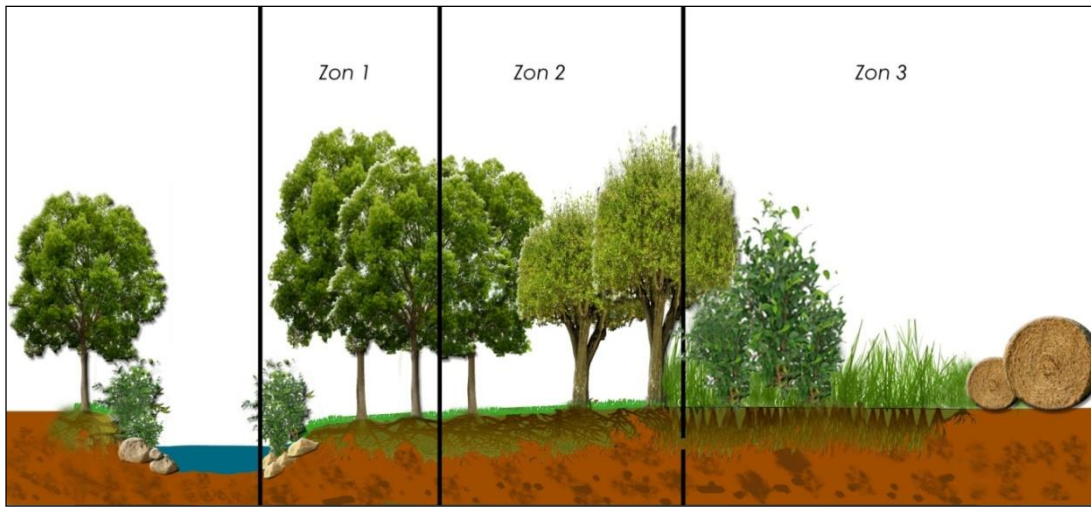
SU KENARI KORUMA ZONLARI

Tanımı, Önemi ve Kullanımı

Su kenarı ormanları yapısal heterojenlik, tür zenginliği, biyokütle ve üretkenlik bakımından diğer karasal bölgelere göre açık farklılıklar gösterirler. Ancak su kenarı alanlar peyzajın çok küçük bir bölümünü (%1-5) kaplamaktadırlar. Su kenarı koruyucu (tampon) alanları, daha fazla vasküler bitki, böcek, amfibi, kuş ve memeli türünü barındıran doğal özelliklere (uzaysal ve zamansal heterojenlik) sahiptir. Tampon zonlar bir havzanın “sağlık” göstergesi olarak hizmet edebilecek indikatörlerle sahiptir (Dosskey vd 2010; Dindaroglu vd 2015).

Yapılan araştırmaların büyük bir bölümünde Su Kenarı Ormanlarında Zon 1, 2 ve 3 olmak üzere üç zon oluşturulmuştur (Anonymous 1996). Su kenarı koruma alanı Zon1+Zon2+Zon3 alanlarının

bütününü kapsamaktadır (Şekil 1). Zon 1 su bitişigindedir. Karmaşık odunsu kök yapılarının toprağı tuttuğı, kenar stabilitesinin geliştirildiğı ve doğal nehir kıyısı ekolojisinin korunduğı hasat yapılmayan alanlardır. Zone 2 Zone 1'in iç bölgesinden başlar. Yüzey akışını filtre eden ve besin alımını sağlayan ağaçlar ve çalılar gibi bitki örtüsünü içermektedir. Zon 2, Zon 1 ile beraber yabani hayat için habitat ve geçiş koridoru oluşturmaktadır. Zon 3 Zon 2'nin karaya doğru olan tarafıdır. Uzun otlar veya alanı kaplayan otsu bitkiler yüzey akışının meydana getirdiğı sediment birikimini, tarımsal ve kentsel arazilerden gelen böcek ilaç kalıntılarını filtre eden bir şerit oluşturur (ERA 2003).



Şekil 1. Araştırma alanı su kenarı koruma zonları (Dindaroglu, 2011)

Su kenarı Tampon Zon Genişliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yaklaşımlar

Toprak ve su kalitesinin sürdürülebilirliği için uygun toprak koruma zonu genişliğinin belirlenmesinde akarsu genişliği, toprak ve suya ait fiziksel ve kimyasal özellikler, ağaç türü, ağaç yoğunluğu ve arazinin eğim durumu gibi özellikler araştırmacılar tarafından değerlendirilen parametrelerin başında gelmektedir (Poulin vd. 2000, WNMF 2007, Buffler ve Johnson 2008). Stevens vd. (1995) akarsu genişliği parametresi esas alarak en uygun koruma genişlikleri oluşturmuştur. Stevens vd. (1995)'a göre, derelerin ve göllerin tanımlanması Tablo 1'de ve bunlara ilişkin uygun zon genişlikleri ise Tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca koruma zonu belirlerken en önemli faktör olan eğim derecesi baz alınarak Tablo 3'te belirtilen eğim derecelerine göre koruma zonu genişlikleride belirlenmiştir. Farklı alanlar için spesifik ekolojik parametreler (bölgenin hidrolojisi, toprak özellikleri, kirletici yükleri ve arazi kullanımı vb) değerlendirilerek bu genişlikler revize edilmelidir. Stevens vd. (1995)'a göre göllerle ilgili olarak işletme zon genişliği bölgeyi bilen uygulamacıların inisiyatifine bırakılmıştır (Tablo 2).

Tablo 1. Su kenarı ormanlarındaki derelerin sınıflandırılması (Stevens vd. 1995)

Sınıf	Genişlik
S1	>20m
S2	5-20m
S3	1,5-5m
S4	<1.5m
L1(Göl)	>5ha

Tablo 2. Su kenarı ormanlarındaki zon genişlikleri ve zon sistemi (Stevens vd. 1995)

Sınıf	Koruma Zonu (Zon1) (m)	İşletme Zonu (Zon 2) + (Zon3) (m)	Su Kenarı Orman Alanı (m)
S1	50	20	70
S2	30	20	50
S3	20	20	40
S4	0	30	30
L1(>5Ha)	10	Yerel orman yönetimleri tarafından belirlenmeli	Yerel orman yönetimleri tarafından belirlenmeli

Tablo 3. Eğime göre tavsiye edilen minimum zon genişlikleri (Decker 2003)

Eğim (%)	Eğim (°)	Zon Genişliği (m)
0	0	20
15	8	20
30	17	65
45	24	88
60	31	110

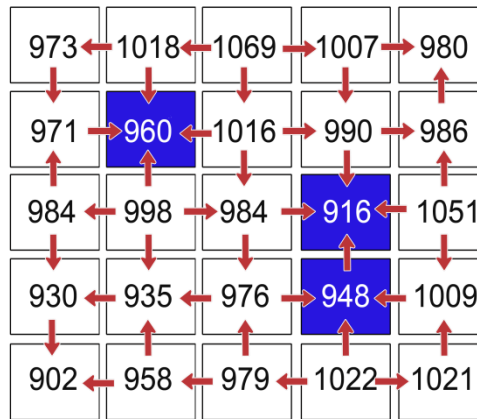
Su Kenarı Orman Zonlarının Faydaları

Taşkın sularının yayılması ve su hızlarının azalması nedeniyle sedimanlar ve besinler su kenarı vejetasyonlar tarafından yakalanır. Bu, tortu ve besin açısından zengin organik materyallerin akıntıya yeniden girme olasılığını çok daha azaltır. Otsu, odunsu ve köklü bitki örtüsü su ortamını şekillendirmeye ve su kıyılarını stabilize etmeye yardımcı olur, erozyonları geciktirir ve alanlarda balık yetiştiriciliği vb faaliyetler için uygun ortam sağlar. Su kenarı ormanları organik madde üretimi ile bölgedeki hayvan topluluklarının yanı sıra nehir içi hayvan topluluklarına sunulması spesifik bir özelliktir. Su kenarı organik maddesi, hem sucul hem de karasal ekosistemlerdeki çeşitli besin ağlarını destekleme potansiyeline sahiptir. Su kenarı ekosistemleri son derece verimli ve yaban hayatı yaşam alanı için önemli değerlere sahiptir. Bu alanlar yaban hayatı habitatları arasında göç yollarına imkan sağlar. Su kenarı tampon bölgeleri, aşağı akış göllerinde ve göletlerde önemli ölçüde ötrofikasyonu önler. Ötrofikasyon çözülmüş oksijen kaybı nedeniyle çok sayıda balık ölümü neden olabilen sucul habitatlar için zararlı olabilir. Bu zonlar, suda yaşayan organizmalar için zararlı olabilecek pestisitler gibi çeşitli zehirli kimyasalları sudan uzak tutar(Naiman ve Décamps 1997).. Aynı zamanda su kütlesini çevreleyen kıyıların dengelenmesine ve taşkın korumasına büyük ölçüde yardımcı olur (Dindaroglu vd. 2015). Su kenarı toprak ve su koruma alanlarının oluşturulmasında kullanılan depresyon bölgeleri topraktaki karbon stokları açısından diğer alanlara göre ormanda %37.94, meralarda %41.78 ve ekili alanlarda ise %49.15 daha fazladır (Dindaroglu vd 2019).

Dindaroglu vd (2022) yaptıkları araştırmada depresyon alanları karbon, azot ve toprak nemi açısından farklı arazi kullanımının olumsuz etkilerini önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

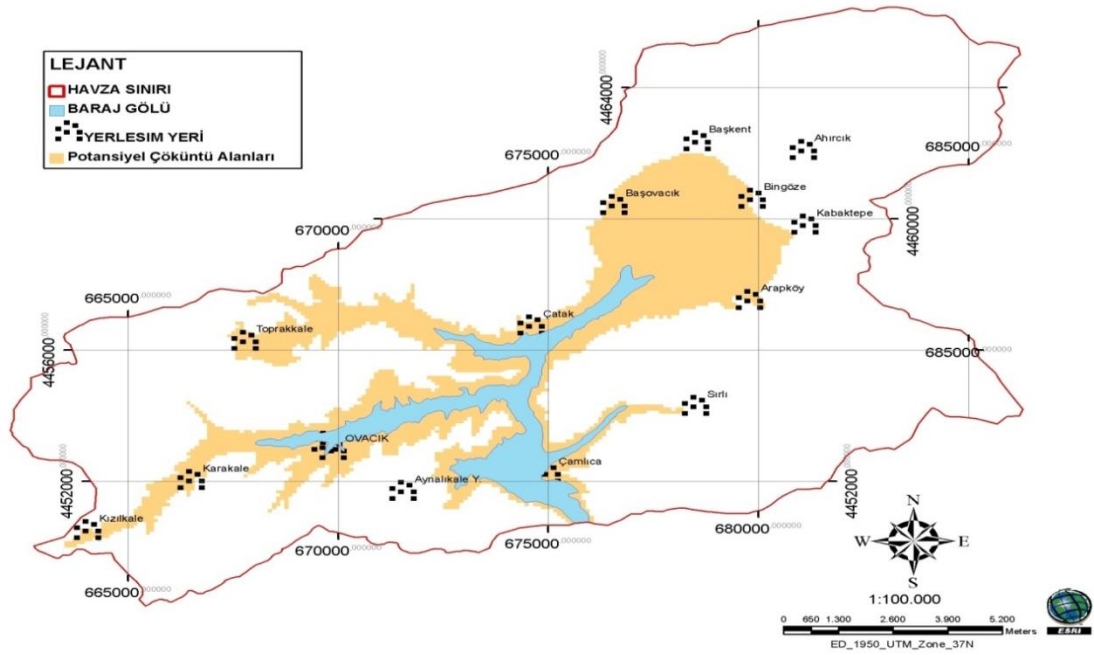
Toprak ve Su Koruma Zonlarının Planlanmasında Birleştirilmiş Depresyon Alanları Modeli

Depresyon alanlarının kendine özgü topografik yapısı ve toprak özellikleri üzerindeki baskın etkileri bir çok araştırmayla ortaya konulmuştur. Toprak nem içeriği ile güçlü korelasyonlara sahip olan topoğrafik indeksler bu ekosistemlerin ıslah, koruma ve işletme süreçlerinin planlanmasında kullanılabilir (Dindaroglu vd, 2021). Depresyon (çöküntü) alanlarını tespit etmek için Sayısal Yükseklik Modeli (Agree-DEM) temelinde akış yönleri kullanılarak belirlenmektedir (Maidment ve ark. 2002). Akış yönleri ise D8 ve Agree-DEM algoritmaları kullanılarak tespit edilmektedir (Jenson ve Domingue, 1988). Çöküntü alanlarının mekansal dağılımı ArcGIS platformunda ArcHydro modülü kullanılarak belirlenmektedir (Dindaroglu, 2014; Ozgul ve Dindaroglu 2021). Hüresel boyutta akış yönleri Şekil 2'de oklarla ve depresyon hücreleri mavi renklerle gösterilmiştir. Mavi hücreler, diğer komşu hücelere göre daha alçak ve suların potansiyel olarak birikebileceği çöküntü alanlarını temsil etmektedir.



Şekil 2. Depresyon (çöküntü) alanlarının belirlenmesinde kullanılan algoritma

Kuzgun Baraj Gölü Stevens vd (1995)'e göre "L1" geniş göl sınıfına girdiğinden koruma zonu minimum 10 m olarak alınmıştır. İşletme zonu genişliğinin tespitinde ise Decker (2003)'e göre eğim faktörü dikkate alınmış, depresyon drenaj alanlarının eğim ortalamasının %50 olduğundan, zon genişliği 90 m olarak belirlenmiştir. Kuzgun Baraj gölünde su kıyı hareketlerine bağlı olarak su kenarının yamacında çöküntüler tespit edilmiştir (Dindaroglu vd. 2015). Bu alanlarının sınırlarının belirlenmesi koruma zonlarının oluşturulması açısından önemlidir. Bu alanlar bitkilendirilse bile çökme riskine sahip alanlardır (Şekil 3).



Şekil 3. Kuzgun Baraj Gölü alanındaki potansiyel çöküntü alanlar haritası (Dindaroğlu, 2011)

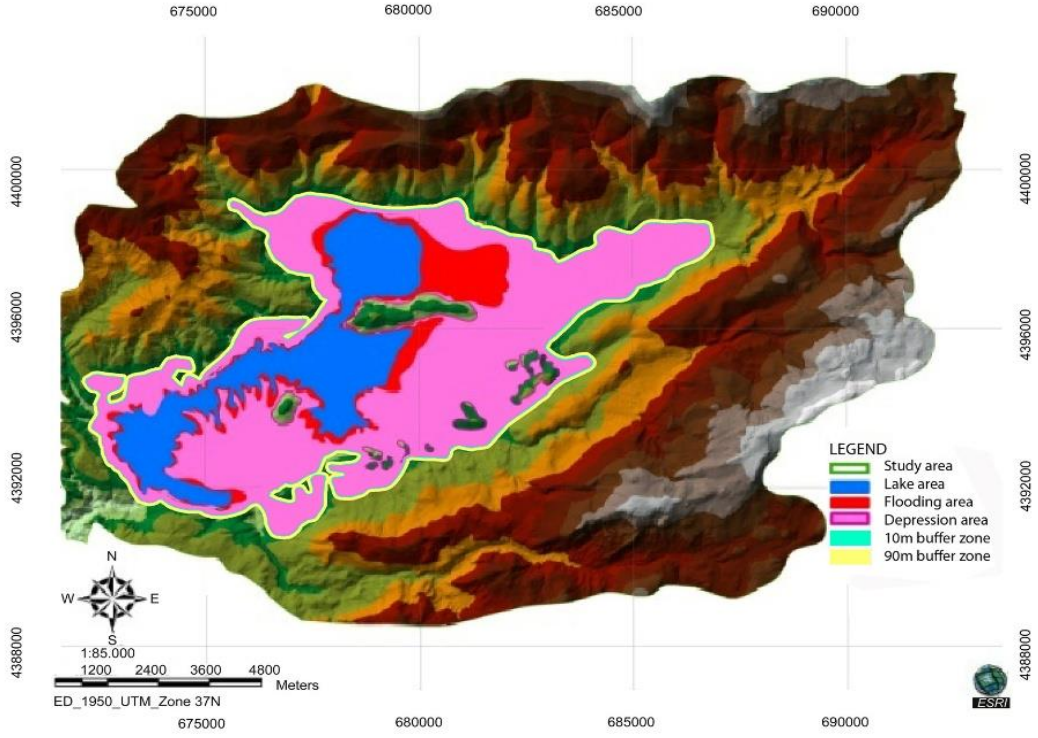
Arazide yapılan gözlemlerde baraj suyunun aşırı derecede artmasıyla depresyon alanlarının en az yarısının geçmişte su altında kaldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle yukarıda belirtilen su kenarı orman alanlarına potansiyel çöküntü alanlarının eklenmesi gereği duyulmuştur (Tablo 4). Sayısal olarak oluşturulan P.Ç.A haritası incelendiğinde Çatak, Ovacık ve Çamlıca köyleri 1. derecede potansiyel çöküntü alanı içerisinde kaldığı anlaşılmaktadır. Bu yaklaşımda su kenarı toprak ve su koruma zon genişlikleri aşağıdaki formülle ifade edilmiştir (Dindaroğlu, 2011).

Su Kenarı Orman Alanı= Toprak Koruma Zonu (Z1) + İşletme Zonu (Z2+Z3)

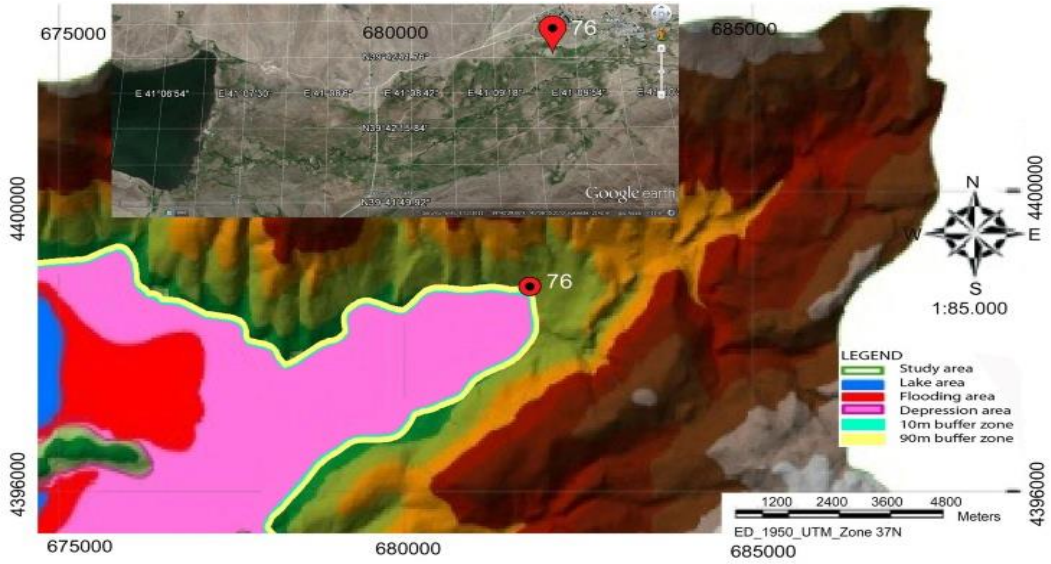
Tablo 4. Baraj gölü çevresi için su kenarı toprak ve su koruma zon sistemi (Dindaroğlu vd 2015)

Sınıf	Minimum Toprak ve Su Koruma Zonu Z1	Minimum İşletme Zonu Z2+Z3	Minimum Su Kenarı Koruma Zonu
L1	Depresyon Zonu+10 m	90 m	Depresyon Zonu +100 m

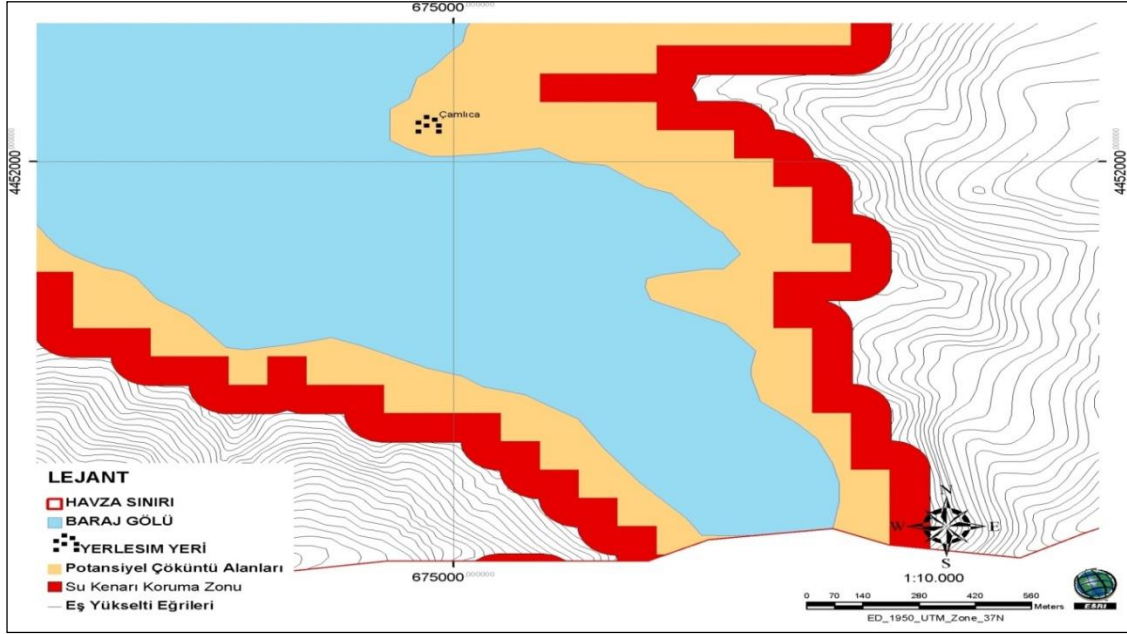
Araştırma alanında koruma zonu alanı 3393 ha, su kenarı orman uzunluğu; 146 km, toplam su kenarı orman alanı; 5315 ha olarak tespit edilmiştir (Şekil 4-6).



Şekil 4. Kuzgun Baraj Gölü su kenarı toprak ve su koruma zonu detay görünüm haritası (Dindaroğlu vd. 2015)



Şekil 5. Kuzgun Baraj Gölü su kenarı toprak koruma zonu detay görünüm haritası (Dindaroğlu vd 2015)



Şekil 6. Kuzgun Baraj Gölü su kenarı toprak ve su koruma zone detay haritası (Dindaroglu, 2011)

Su kenarı alanlarda su kalitesi koruma zone olmadan meydana gelen yüzey akışlarından olumsuz yönde etkilenmektedir. Koruma zonunun olduğu alanlarda ise su kalitesi yüzeysel akıştan çok daha az etkilenmektedir. Koruma zonları planlanırken su kalitesinin sağlanması için alanın hidrolojisi, toprak özellikleri, kirletici yükleri ve arazi kullanımı gibi özellikleri dikkate alınmalıdır. Koruma zonları arazi yönetim planının bir parçası olarak kabul edilmelidir (Klapproth and Johnson 2000).

Koruma Zonları Üzerindeki Tehditler

Su kenarı alanlarında meydana gelen sel, erozyona ve tortulaşmaya neden olur. Sel, su kenarı alanları için çok yıkıcıdır. Bununla birlikte, su kenarı tampon orman zonları sayesinde kıyı bölgeleri genellikle mevsimsel sellerin etkisinden kurtulur (Şekil 7). İnsan müdahalelerinin su kenarı alanları üzerinde uzun vadeli olumsuz etkileri olabilir. Barajların, bentlerin inşası ve akarsuların kanalize edilmesi, insanların bu alanlarda yapabileceği en etkili faaliyetlerden bazılarıdır. Bu yapılar nehir kıyısı alanları için çok önemli olan suyun hareketini ve depolama kapasitesini değiştirme eğiliminde olmaktadır. Yoğun rekreasyonel faaliyetler, bitkilerin biyolojik çeşitliliğini yok ederek toprak erozyonuna ve sıkışmasına neden olabilir ve yaban hayatını olumsuz etkileyebilir (Naiman ve Décamps 1997).



Şekil 7. Baraj Gölünde dönemsel olarak su altında kalan bitkiler (Dindaroglu vd. 2015)

Nehir kıyısı alanındaki en yaygın sorunlardan birisi de bitki örtüsünün temizlenmesini (veya ormansızlaşmayı) ve ardından alanın ekili alan ve kentsel arazi gibi diğer kullanımlara dönüştürülmesidir. İstilacı bitkiler genellikle sulak alanların sağladığı koşullardan yararlanır ve bu alanları istila eder. Bu bitkiler daha sonra yerli bitkilere hükmederek, arazinin bitki örtüsünde genel bir azalmaya yol açarak, yerli türler için elverişsiz bir alan haline getirebilir (Naiman ve Décamps 1997).

SONUÇ

Bu çalışmada sürdürülebilir su ve toprak koruma için örnek bir baraj gölü etrafında su kenarı koruma (tampon) alanlarının oluşturulmasında hidroekolojik yaklaşım önerilmiştir. Sular altında kalan geniş alanlar, su kenarındaki tampon bölgelerin işlevselliğini tehdit etmektedir. Bu modelde, sürdürülebilir su kenarı alan yönetimi için depresyon (çöküntü) alanları dikkate alınarak su kenarı tampon alan genişlikleri yeniden hesaplanmıştır. Kullanılan “Hidroekolojik” yaklaşımla su kenarı korunan alanların oranı % 234 artmıştır (Dindaroglu, 2015). Ayrıca, akarsu tampon bölgesi oluşturulurken çöküntü bölgesinin göz önünde bulundurulması, akarsu bölgesinin toprak stabilizasyonu, su kalitesinin korunması, erozyonun azaltılması, akarsulara tortu ve kirleticilerin taşınmasının önlenmesi ve akarsu habitatının iyileştirilmesi gibi fonksiyonlarının iyileştirilmesinde önemli avantajlara sahiptir. Su kenarı alanlarda su kalitesinin sürdürülebilirliğinin sağlanması için uygun koruma zonları belirlenmeli, bu zonlara potansiyel depresyon alanları eklenerek planlanmalıdır. Koruma zonu içerisinde bulunan potansiyel depresyon alanları olduğu gibi korunabilir veya yöreye uygun otsu hidrofit türlerle de desteklenebilir.

REFERANSLAR

- Anonymous, 1996. An Introduction To the Riparian Forest Buffer. Riparian Buffer Management, Fact Sheet 724, Maryland Coop. Extensions, Uni. of Maryland.
- Buffler, S., Johnson C. W., 2008. Riparian Buffer Design Guidelines. For Water Quality and Wildlife Habitat Functions on Agricultural Landscapes in the Intermountain West. United States. Department of Agriculture Forest Service Rocky Mountain Research Station General Technical Report RMRS-GTR-203 January 2008.
- Decker, R. C., 2003. Current Regulations, Guidelines and Best Management Practices Concerning Forest Harvesting and Riparian Zone Management. Fisheries and Oceans Canada Science, Oceans and Environment Branch Environmental Sciences Section Buffer Zone Working Group Literature Review July 2003
- Dindaroğlu T 2011. Assessment of nature resource inventory and evaluation of soil and water quality sustainability in Kuzgun Dam Lake. Atatürk University, Grad. School of Nat. and App. Sciences, Dep. of soil science, unpublished PhD thesis, 178–183
- Dindaroğlu, T., Reis, M., Akay, A. E., & Tonguç, F. 2015. Hydroecological approach for determining the width of riparian buffer zones for providing soil conservation and water quality. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12(1), 275-284.
- Dindaroğlu, T., Gundogan, R., & Karaoz, M. O. 2019. Determination of spatial distribution of topsoil organic carbon stock using geostatistical technique in a karst ecosystem. *International Journal of Global Warming*, 19(3), 251-266.
- Dindaroglu, T., Babur, E., Battaglia, M., Seleiman, M., Uslu, O. S., & Roy, R. 2022. Impact of Depression Areas and Land-Use Change in the Soil Organic Carbon and Total Nitrogen contents in a Semi-Arid Karst Ecosystem. *Cerne*, 27.
- Dindaroglu, T., Tunguz, V., Babur, E., Menshov, O., & Battaglia, M. L. 2021. Determination of the relationship among compound Topographic Index (CTI), soil properties and land-use in karst ecosystems. *Physical Geography*, 1-23.
- Dosskey, M. G., Vidon, P., Gurwick, N. P., Allan, C. J., Duval, T. P., & Lowrance, R. 2010. The role of riparian vegetation in protecting and improving chemical water quality in streams 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 46(2), 261-277.
- ERA, 2003. A Background Document for The Development of A Riparian Protection Ordinance for the County of Santa Clara. Environmental Resources Agency County of Santa Clara.
- Jenson, S.K., Domingue J.O., 1988. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographical information system analysis. *Photogrametric Engng Remote Sensing* 54, 1593–1600.
- Maidment, D.R., Morehouse S., Grise S., 2002 Arc Hydro framework. In: Arc Hydro: GIS for Water Resources. Eds. Maidment, D. R. Redlands, California: ESRI Press. pp 203.
- Ozgul, M., & Dindaroglu, T. 2021. Multi-criteria analysis for mapping of environmentally sensitive areas in a karst ecosystem. *Environment, Development and Sustainability*, 23(11), 16529-16559.
- Poulin, V.A., Harris C., Simmons B., 2000. Riparian Restoration in British Columbia: What's Happening Now, What's Needed for the Future. Watershed Restoration Program Co-ordinator BC Ministry of Forests 3 rd Floor, 1450 Government St. Victoria, BC.
- Stevens, V., Backhouse. F., Eriksson A., 1995. An Important Step Towards Maintaining Biodiversity Riparian Management In British Columbia. Ministry of Forests Research Program, British Columbia.
- WNMF, 2007. Options For Managing Riparian Habitat During Forestry Operations. Options For

Managing Riparian Habitat During Forestry Operations: A Proposed Prescription Strategy For Operations in Insular Newfoundland. Newfoundland and Labrador Riparian Zone Working Group February 2006.

Deriner, Artvin ve Yusufeli Barajları Göl Aynası Altında Kalan Endemik Bitkilerin Tespiti ve Korunması

Özgür EMİNAĞAOĞLU*

* Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 08000, Artvin

İletişim: oeminagaoglu@artvin.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma ile; Artvin ili'nde su tutulan Deriner, Artvin ve Yusufeli Baraj Göl Alanı'nda, özellikli bitkilere yönelik; tamamen su altında kalan alanda yayılış gösteren, koruma biyolojisi, ekonomiklik vs. gibi özellikler yönünden öncelik arz eden bitkilerin (özellikli olan bitkilerin) tespitini yapmak, sürekliliğinin sağlanması bakımından bu bitkilerin alandaki varlığı ve potansiyelleri hakkında gerekli olan verileri toplamak, bu bitkilerin doğal habitatları hakkında bilgiler toplamak, bu bitkilerden taşınması öngörülenler için yakın yörede benzer ekosistem özelliklerine sahip taşınmaları için uygun alanları tespit etmek, bu bitkilerin ayrıca toplu üretimleri için bitki materyallerinin sağlanması amacıyla; gerçekleştirilen çalışmalar verilmiş ve değerlendirilmiştir.

Çoruh Vadisi'nde doğal yayılış gösterip yapılan barajların su aynası altında kalacak takson sayılarının, Deriner Barajı'nda 545 (18'i risk altında), Yusufeli Barajı'nda 582 (10'u risk altında) ve Artvin Barajı'nda ise 141 (4'ünün risk altında) olduğu tespit edilmiştir. Risk altında olan bu bitki taksonlarının sökülerek yetiştirilmesi ve daha uygun bir alana taşınması gerektiği saptanmıştır.

Deriner barajı ile ilgili gerçekleştirilen proje, baraj su aynası altında kalacak alanda bulunup, su tutulma süreci sonunda yok olacak olanların belirlenmesi, yok olması muhtemel türlerin sökülebilir fert sayılarının saptanması, sökülecek bu fertlerden sera ve dış ortamda yetiştirilebilir fert sayılarının belirlenmesi, yetiştirilen fertlerin dikilebileceği uygun bir alanın tespiti amaçlarıyla yapılmış ilk çalışmadır. Ancak proje sonrası taşınan bitkilerin izlemesi yapılmamıştır. Yusufeli barajı ile ilgili yapılan proje kapsamında belirlenen türlerin ise uygun alanlara taşınma işi hala gerçekleştirilmemiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda her üç barajın altında kalıp taşımaya konu edilecek takson sayısının 23 olduğu belirlenmiştir. Yusufeli barajında, su tutma işlemi başlamıştır. Su seviyesi yükselmeden belirlenen bitki taksonlarının uygun alanlara taşınma işinin ivedilikle gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

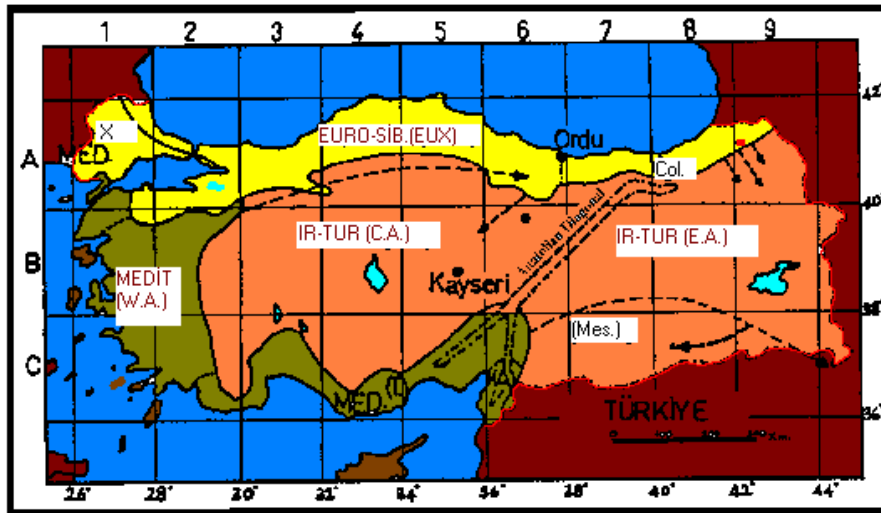
Anahtar Kelimeler: Artvin Barajı, Çoruh Havzası, Deriner Barajı, Endemik, Yusufeli Barajı.

GİRİŞ

Artvin, sahip olduğu 4 önemli bitki ve doğa alanı (Doğu Karadeniz Dağları, Karçal Dağları, Yalnızçam Dağları ve Çoruh Vadisi), 1 biyosfer rezerv (Camili), 2 milli park (Hatila Vadisi ve Karagöl-Sahara), 3 tabiatı koruma alanı (Çamburnu, Camili-Gorgit ve Camili-Efeler Ormanı) ve 5 tabiat parkı (Cehennem Deresi Kanyonu, Borçka-Karagöl, Altıparmak, , Tavşan Tepesi, ve Balıklı

Güneşli Şelaleleri) ile biyolojik çeşitlilik açısından baktığımızda ülkemizin en önemli illerinden biridir. Çoruh Nehri Vadisi dünyanın biyolojik çeşitlilik açısından en zengin ve aynı zamanda tehlike altındaki en önemli 36 biyoçeşitlilik sıcak noktasından biri olan ‘Kafkasya Biyoçeşitlilik Sıcak Noktası’ içinde kalmaktadır. Artvin, hem dünya üzerinde korumada öncelikli 200 ekolojik bölgesinden biri olan ‘Kuzeydoğu Anadolu Bitkisel Çeşitlilik Merkezi’, hem de ‘Kafkasya-Anadolu Hirkan Ilıman Ormanları’ içerisinde (Eminağaoğlu, 2015).

Yapımı tamamlanan Deriner, Artvin ve Yusufeli barajlarının üzerine kurulduğu Çoruh Nehri vadisinin büyük bir kısmının da içinde bulunduğu Artvin ili; coğrafi konumu, topoğrafik yapısı, su kaynakları, mikroiklim bölge çeşitliliği, jeolojik yapısı, bitki coğrafyası bakımından Avrupa-Sibirya, İran-Turan ve Akdeniz bitki coğrafyasının etkisi altında olması, gen merkezi konumu gibi nedenlerle bitkisel kaynaklar bakımından ülkemizin en önemli ve zengin merkezlerindendir (Şekil 1,2,3).



Şekil 1. Türkiye fitocoğrafik bölgeleri (Eminağaoğlu, 2015)



Şekil 2. Çoruh Vadisi barajlar öncesi-sonrası



Şekil 3. Deriner, Artvin ve Yusufeli Barajları

MATERYAL VE YÖNTEM

Çoruh Vadisi üzerinde yapımı gerçekleştirilen baraj alanında kalan bitki taksonlarının tespitiye yönelik gerçekleştirilen araştırmalar bu çalışmanın ana materyalini oluşturmaktadır. Deriner baraj alanında Eminağaoğlu (2011) tarafından; “Çoruh Vadisi (Artvin) - Deriner Barajı Su Aynası Altında Kalacak Alanda Bulunan Risk Altındaki (Endemik ve Endemik Olmayan Nadir) Bitkilerin Tespiti, Taşınması ve Yetiştirilmesi Projesi”; Artvin baraj alanında Altun (2014) tarafından “Artvin Barajı, Baraj Göl Aynası (Göl Alanında) Altında Kalacak Bitki Türlerinin Tespiti Projesi” ile Yusufeli baraj alanında Eminağaoğlu ve Dinçer (2015) tarafından “Yusufeli Baraj Göl Aynası (Göl Alanında) Altında Kalacak Bitki Türlerinin Tespiti Projesi” olmak üzere 3 çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, gerçekleştirilen projeler üzerine değerlendirmeler yapılmıştır.

Eminağaoğlu (2011) ile Eminağaoğlu ve Dinçer (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda; literatür ve saha çalışması yapılarak alanda doğal yayılış gösteren özellikli bitki taksonlarının listesi oluşturulmuş ve saha çalışmalarında bitki tespitinde örnekleme yöntemi uygulanmıştır.

Çoruh vadisinde doğal yayılışa sahip endemik bitkilerin yalnızca Yusufeli ve Deriner barajları su aynası altında doğal yayılışa sahip olduğuna ve diğer alanlarda bulunmadığına karar verebilmek amacıyla bilimsel eserleri incelemişlerdir (Düzenli, 1979; Anşin, 1980; 1982; Atalay, 1983; Güner vd., 1987; Anşin vd., 1997; Özhatay vd., 1999; 2009; 2011; Davis vd., 1988; Davis vd., (1965-1985); Güner vd., 2000; Eminağaoğlu ve Anşin, 2002; Eminağaoğlu, 2002; Eminağaoğlu ve Anşin, 2003; Eminağaoğlu ve Anşin, 2004; Özhatay ve Kültür, 2009; Eminağaoğlu vd., 2006; Eminağaoğlu vd.,

2007; 2010; 2011; 2012; Eminağaoğlu, 1996; 2002; 2012; Eminağaoğlu ve Özcan, 2013; 2014; 2014a; IUCN, 2001; Ekim vd., 2001; 2014; Duran vd., 2009).

Yusufeli ve Deriner Barajları su aynası altında kalacak alanın endemik ve endemik olmayan nadir bitkilerinin tespiti amacıyla önce Çoruh Vadisinin kapsayan kaynaklarını inceleyerek ve Artvin Çoruh Üniversitesi Herbaryumu (ARTH)'nda bulunan bitki kayıtlarını da gözden geçirerek alanın bitki tür listesi oluşturmuşlardır. Bu türlerden proje kapsamında sökülme, yetiştirilme ve uygun bir alana taşınmaya konu olacak hedef türlerin seçiminde:

1)Endemik olup, dünyada yalnızca Deriner ve Yusufeli Barajları su aynası altında kalacak alanda yayılış gösteren, başka alanlarda yayılış gösterdiği hakkında herhangi bir veri olmayan, nesli tehlikede yani yok olması muhtemel olanları;

2)Endemik olup, ülkemizde diğer illerde yayılış gösterdiği halde, Artvin ilinde yalnızca Deriner ve Yusufeli Barajları su aynası altında kalacak alanda yayılış gösteren, İlde başka alanlarda yayılış gösterdiği hakkında herhangi bir verinin olmadığı, Artvin'deki varlığının sona ermesi muhtemel olanlar;

3) Endemik olmayan nadir bitkilerden, Ülkemizde yalnızca Yusufeli ve Deriner Barajları su aynası altında kalacak alanda yayılış gösteren, ülkemizde başka alanlarda yayılış gösterdiği hakkında herhangi bir verinin olmadığı, ülkemizdeki ve Artvin'deki yayılışının sona ermesi muhtemel olanları;

4) Endemik veya endemik olmayan nadir bitki olmadığı halde Artvin ilinde yalnızca Deriner ve Yusufeli Barajları su aynası altında kalacak alanda yayılış gösteren, İlde başka alanlarda yayılış gösterdiği hakkında herhangi bir verinin olmadığı, barajda su tutulması sonucunda Artvin'deki yayılışının sona ermesi muhtemel olanları dikkate almışlardır.

Altun (2014), çalışmasında alanda varlığı tespit edilen özellikli bitki türlerinin listesini oluşturmak üzere literatür çalışması ve arazi çalışması gerçekleştirmiştir. Gerçekleştirilen arazi çalışmalarından elde edilen, ofis çalışmaları ile değerlendirilen ve çalışma kapsamında değerlendirilecek bitkilerin belirlenen bölgelerine gidilerek, özellikli bitkilerin noktasal koordinatları, tohumları ve toprak numuneleri alınmış, bitkilerin şantiye çalışmaları nedeni ile zarar görmesini engellemek üzere bitkiler işaretlenmiştir. Ayrıca ikinci arazi çalışması ile incelenmek üzere belirlenen alanlara gidilerek, özellikle vadide bitkilerin noktasal koordinatları alınarak işaretlenmiş, alanlardaki gerekli görülen bitkiler toplanmış ve fotoğraflandırılmıştır.

Bu çalışmada her üç baraj birlikte değerlendirilerek su aynası altında kalan nadir ve özellikli hedef türlerin IUCN risk kategorileri (IUCN, 2022) ve fotoğrafları verilmiştir.

BULGULAR

Eminağaoğlu tarafından 2011 yılı Kasım-Aralık aylarında gerçekleştirilen çalışmalarda; Deriner Barajı su aynası altında kalacak alanda ise 95 familya, 303 cinse ait olmak üzere, 41'i endemik toplam 545 adet bitki taksonunun doğal yayılışa sahip olduğu tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, 18 adet risk altında nadir bitki taksonunun sökülerek yetiştirilmesi ve daha sonra uygun

bir alana taşınması gerektiği saptanmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada; bu bitkilerin sökümü sırasında dikkat edilecek hususlara, taşımaya konu bitkilerin dikileceği alanda yapılması gereken işlere ve 4 yıl içerisinde doğadan 197 ferdin söküleceği, serada üretimi yapılacağı toplam 3301 adet ferdin yetiştirileceği ve son olarak belirlenen transfer alanına dikileceği ile ilgili bilgilere yer verilmiştir.

Altun (2014) tarafından, Malvaceae familyasından *Alcea calvertii* çayı (*Althaea* ve *Alcea* sp.) ekspektoran ve laksatif etkilere sahiptir. Lamiaceae familyasından *Salvia huberi*'nin (*Salvia* sp.) yağı haricen antiseptik, antifungusit, antiflogistik etkilere sahip olduğundan boğaz ve solunum yolu iltihaplarında kullanılır. Ayrıca sahip olduğu nektarla bal üretimine katkı sağladığı gibi bir kovan ürünü olan ve arıların ürettiği propolis üretimine de destek verir. Crassulaceae familyasından *Sempervivum staintonii* sukkulent bir bitki olup kaya bahçelerinin düzenlenmesinde kullanılabilecek potansiyel bir peyzaj bitkisidir. Apiaceae familyasından *Bupleurum schistosum* ise diğer türlerle birlikte zarar görebilir statüdeki pozisyonu ile hedef tür olarak seçmiştir.

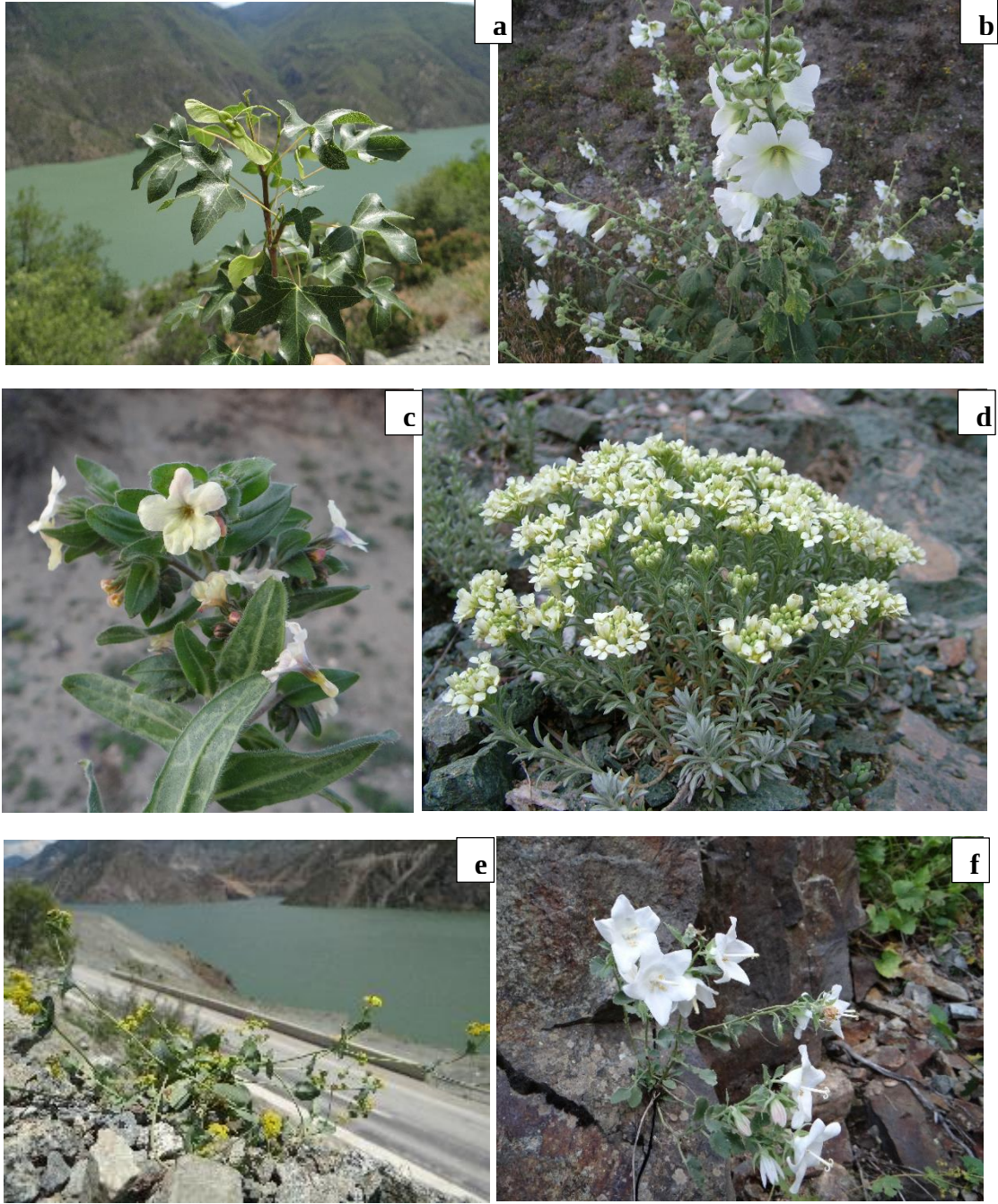
Eminağaoğlu ve Dinçer (2015), Yusufeli Barajı su aynası altında kalacak alanda, 95 familya, 303 cinse ilişkin toplam 582 adet taksonun doğal yayılışa sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Çoruh Vadisi ve çevresi ile ilgili yaptıkları literatür taraması sonucunda; 49 adet endemik bitkinin varlığı tespit etmişlerdir. Alanda tespit ettikleri 49 endemik türden 26 adeti yüksek risk kategorisine sahip olduğunu belirlemişlerdir. Söz konusu 26 endemik türden 10 tanesinin Artvin'de yayılış gösterdiğini diğer alanlar tahrip olduğundan mutlak suretle ex-situ korunması gerektiğini belirtmişlerdir. 10 adet hedef bitki taksonunun sökölüp-taşınarak koruma altına alınabilmesi için; güncel ve daha önce çekilmiş çiçekli fotoğrafın, daha önceki ve hali hazırda arazide bulunduğu yerin GPS koordinatlarının, sökülebilir fert sayısının, bitkinin genel özellikleri yanında botaniksel özelliklerinin yer aldığı tanıtım kartları hazırlamışlardır. Her bir özellikli bitki için, taşınacağı/nakledileceği ve üretimi yapıldıktan sonra dikimi yapılacak alanın iklim, toprak yapısı ekolojik özelliklerinin koordinatlarıyla birlikte tespitini yapmışlardır. Üretimi yapılacak olan özellikli bitki taksonlarının üretim yöntemleri belirlemişlerdir. Her bir özellikli bitki için; üretimi yapılacak özellikli bitkilerin uygun habitata dikim yöntemi ortaya konulmuştur. Dikimi yapılan özellikli bitkilere yönelik izleme planı oluşturmuşlardır.

Çalışmalar sonucu alanda tespit edilen ve taşımaya konu edilecek risk altındaki bitki taksonlar Tablo 1'de ve bu bitki taksonlarına ait fotoğraflar Şekil 4-7'de verilmiştir.

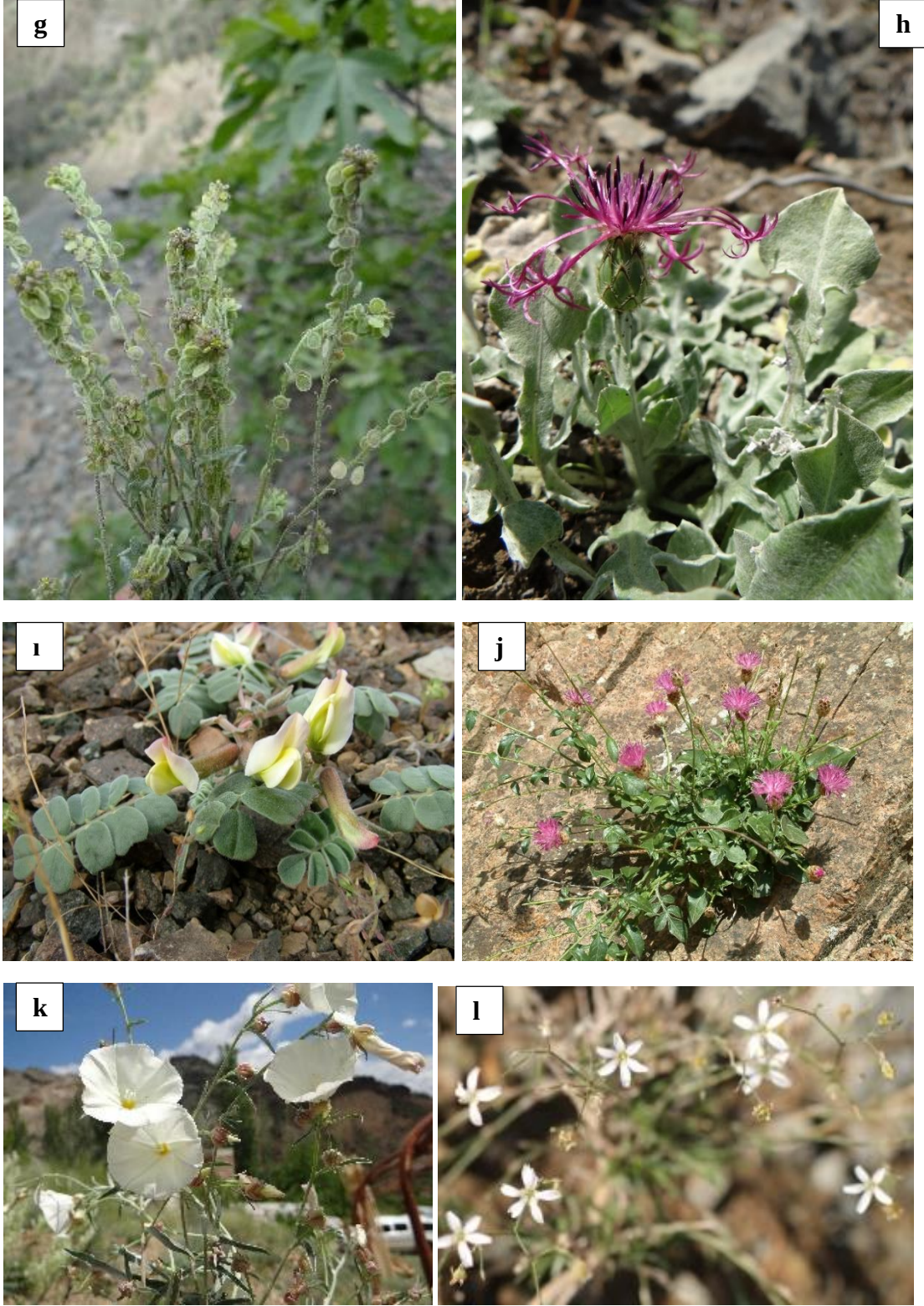
Tablo 1. Alanda tespit edilen risk altındaki ve özellikli bitkilerin listesi

No	Bitki Taksonunun Adı	Familya	Kategori	Deriner	Artvin	Yusufeli
1	<i>Acer cappadocicum</i> subsp. <i>divergens</i> (K.Koch ex Paxton)	Sapindaceae	VU	•		•
2	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss.) Boiss.	Malvaceae	-		•	
3	<i>Alkanna cordifolia</i> C.Koch	Boraginaceae	-	•		
4	<i>Alyssum artvinense</i> N. Busch	Brassicaceae	EN	•		•
5	<i>Bupleurum schistosum</i> Woron.	Apiaceae	EN		•	•
6	<i>Campanula troegerae</i> Damboldt	Campanulaceae	CR	•		•
7	<i>Psephellus pecho</i> (Albov) Wagenitz (Syn: <i>Centaurea pecho</i> Albov)	Asteraceae	EN	•		•
8	<i>Centaurea woronowii</i> Bornm. ex Petr.	Asteraceae	EN	•		
9	<i>Chesneya elegans</i> Fomin	Fabaceae	-			•
10	<i>Clypeola raddeana</i> Albov	Brassicaceae	-	•		•
11	<i>Convolvulus pseudoscammonia</i> C.Koch	Convolvulaceae	-	•		•
12	<i>Gypsophila simulatrix</i> Bornm. et Woron.	Caryophyllaceae	-	•		
13	<i>Haplophyllum armenum</i> Spach (Syn: <i>Ruta suaveolens</i> DC.)	Rutaceae	-	•		
14	<i>Hypericum fissurale</i> Woron.	Hypericaceae	CR	•		
15	<i>Iris caucasica</i> subsp. <i>nezahatae</i> (Güner & H.Duman) Güner (Syn: <i>Iris nezahatae</i> Güner & H.Duman)	Iridaceae	-			•
16	<i>Lathyrus woronowii</i> Bornm.	Fabaceae	-	•		
17	<i>Linaria genistifolia</i> (L.) Mill. subsp. <i>artvinensis</i> P.H.Davis	Plantaginaceae	-	•		
18	<i>Micromeria elliptica</i> C.Koch	Lamiaceae	-	•		•
19	<i>Morina persica</i> L.	Caprifoliaceae	-	•		
20	<i>Salvia huberi</i> Hedge	Lamiaceae	-		•	
21	<i>Sempervivum staintonii</i> Muirhead	Crassulaceae	-		•	
22	<i>Apocynum venetum</i> subsp. <i>sarmatiense</i> (Woodson) ined.	Apocynaceae	-	•		
23	<i>Veronica oltensis</i> Woronow	Plantaginaceae	-	•		

Yapılan değerlendirmeler sonucunda her üç barajın altında kalıp taşımaya konu edilecek takson sayısının 23 olduğu belirlenmiştir (Tablo 1).



Şekil 4. a) *Acer cappadocicum* subsp. *divergens*, b) *Alcea calvertii*, c) *Alkanna cordifolia*, d) *Alyssum artvinense*, e) *Bupleurum schistosum*, f) *Campanula troegerae*



Şekil 5. g) *Clypeola raddeana*, h) *Centaurea woronowii*, ı) *Chesneya elegans*, j) *Psephellus pecho*, k) *Convolvulus pseudoscammonia*, l) *Gypsophila simulatrix*



Şekil 6. m) *Hypericum fissurale*, n) *Iris caucasica* subsp. *nezahatiae*, o) *Lathyrus woronowii*, p) *Linaria genistifolia* subsp. *artvinensis*, r) *Sempervivum staintonii*, s) *Micromeria elliptic*



Şekil 7. t) *Morina persica*, u) *Salvia huberi*, v) *Apocynum venetum* subsp. *sarmatiense*, y) *Veronica oltensis*

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sahada yapılan çalışmalarda Çoruh Vadisi'nde doğal yayılış gösterip yapılan barajların su aynası altında kalacak takson sayılarının, Deriner Barajı'nda 545 (18'i risk altında), Yusufeli Barajı'nda 582 (10'u risk altında) ve Artvin Barajı'nda ise 141 (4'ünün risk altında) olduğu tespit edilmiştir. Risk altında olan bu bitki taksonlarının sökülerek yetiştirilmesi ve daha uygun bir alana taşınması gerektiği saptanmıştır (Eminağaoğlu, 2011; Eminağaoğlu ve Dinçer, 2015; Altun, 2014).

Deriner barajı ile ilgili gerçekleştirilen proje, baraj su aynası altında kalacak alanda bulunup, su tutulma süreci sonunda yok olacak olanların belirlenmesi, yok olması muhtemel türlerin sökülebilir fert sayılarının saptanması, sökülecek bu fertlerden sera ve dış ortamda yetiştirilebilir fert sayılarının belirlenmesi, yetiştirilen fertlerin dikilebileceği uygun bir alanın tespiti amaçlarıyla yapılmış ilk çalışmadır. Ancak proje sonrası taşınan bitkilerin izlemesi yapılmamıştır. Yusufeli barajı ile ilgili yapılan proje kapsamında belirlenen türlerin ise uygun alanlara taşınma işi hala gerçekleştirilmemiştir. Yusufeli barajında, su tutma işlemi başlamıştır. Su seviyesi yükselmeden belirlenen bitki taksonlarının uygun alanlara taşınma işinin ivedilikle gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Baraj altında kalıp büyük oranda varlığı sona eren hedef türlerden yaşamını sürdüren fertlerden tohum alınarak üretim yapılması, bir kısım tohumun tohum evinde koruma altına alınması, Artvin Çoruh Üniversitesi Ali Nihat Gökyiğit Botanik Bahçesi'nde bu türlerin yetiştirildiği alanların oluşturulması, daha sonraki dönemlerde doğal ortamlarına adaptasyon için uygun alanlara transfer edilmesi yararlı olacaktır.

Özellikli türlerin hepsi endemik ve dar yayılışa sahip türlerdir. Özellikle türlerden 2 adeti CR, 1 adeti VU ve 4 adeti de EN kategorisine dâhildirler. IUCN'in Risk Altındaki Türler listesinde de yer alan bu türler baraj su aynası altında kalacak alandan topraklı bir şekilde sökülerek, üretim yapıldıktan sonra uygun taşıma alanına nakledilmelidirler.

Çiçeklenme ve tohum tutma döneminde türler mutlak izlenmeli ve hastalıklar açısından gerekli tedbirler alınmalıdır.

Taşımaya konu bitkilerin sökümü sırasında: Taşımaya konu olan türlerin bütün fertleri, alanlardan kök toprakları ile birlikte alınmalıdır, Bitkiler sökülürken kök ve gövde kısımlarının yaralanmamasına dikkat edilmelidir. Hastalıklı fertler sökülmemelidir. Sökülen fertler hemen saksılara aktarılmalıdır. Bu nedenle söküm işleminden önce yeterli büyüklük ve sayıda saksı, torf, gübre, ilaç ve gerekli kimyasal maddeler temin edilmiş olmalıdır. Sökülen topraklı örnekler torflu saksılara aktarılmalıdır. Söküm mutlak suretle botanik ve ekoloji konularında uzman kişiler denetiminde yapılmalıdır. Sökülen bitkiler, olabildiğince kısa süre içinde bir fidelik veya sera içerisinde, uygun şartlar altında muhafaza altına alınmalıdır. Sera ortamında bunlardan tohum ve çelik üretimi sağlanana kadar bu muhafaza ve bakım işlemleri devam edecektir. Yaklaşık olarak bütün türlerde ortalama 2-3 yıllık süreçte tohumdan ve çelikten bireyler elde edildikten sonra uygun alanlara dikimleri gerçekleştirilmelidir.

Nakledilen alanda yabancı otlarla mücadele, gübreleme ve sulama gibi bakım tedbirleri uzman kişilerin kontrolünde gerçekleştirilmelidir. Özellikle bitkilerde zararlı böcek tespit edilmesi durumunda, böcek öldürücü veya uzaklaştırıcı etkiye sahip bitkisel kökenli etken maddelerden yararlanılabilir. Bu amaçla, Azadirachtin, Pyrethrum, Rotenone, Nicotine, Arap Sabunu, Parafin Yağları ve Kaya Unu kullanılabilir.

Özellikli bitkilerin nakledileceği alan yasal koruma statüsüne sahip koruma alanı olarak ilan edilmelidir.

Çoruh Vadisinde Baraj inşaatları sonucunda ve yol yapım faaliyetlerinden dolayı alanlarda tahribat meydana gelmiştir. Birçok hedef türün yayılış alanı bu faaliyetlerden dolayı tahrip olmuştur. Tespit edilen türlerin korunması, taşınması ve üretime konu edilmesi nesillerinin devamı açısından büyük öneme sahiptir.

Baraj yapımı sonucunda baraj gölü altında kalacak yerleşim birimlerinin tahliyesi, karayolunun yer değiştirmesi, belli oranda tarım alanlarının terk edilmesi için yapılan çalışmaların alanda devam etmektedir. Ayrıca bu çalışmaların alandaki ekolojik sistem üzerinde yarattığı baskı da ilk göze çarpan çevresel etkidir.

Bu bölgedeki karasal ortam şartlarında yaşayan canlılar ile bitki örtüsü, barajdan dolayı meydana gelen tahribattan en fazla etkilenenlerdir. Akarsu yataklarının bulunduğu yerler, özel iklim şartları ile özellikle ender bulunan ağaç türleri, endemik bitkiler ve bazı hayvanların önemli yaşam alanlarıdır. Yüzey çalışmaları esnasında, akarsu yataklarında ve yatağa yakın alanlarda bulunan bu bitkiler tahrip olmakta aynı zamanda hayvanlar da göçe zorlanmaktadır (Akarçay, 2019). Barajın ekosistem üzerinde yarattığı bu etkinin giderilebilmesi için tek önlem var olan çeşitliliğin dikkatli tanımlanması ve özellikle bitkilerin belirlenip tohumlarının toplanması ve koruma altına alınmasıdır.

REFERANSLAR

- Akarçay, Y. (2019). Hidroelektrik potansiyelin Türkiye açısından önemi (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Altun S., (2014). Artvin Barajı, Baraj Göl Aynası (Göl Alanında) Altında Kalacak Bitki Türlerinin Tespiti Projesi. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü Orman ve Su İşleri XII. Bölge Müdürlüğü Artvin Müdürlüğü. Artvin, ss.40
- Anşın, R., 1980. Doğu Karadeniz Bölgesi Florası ve Asal Vejetasyon Tiplerinin Floristik İçerikleri, Doçentlik Tezi, KTÜ Orman Fakültesi, Trabzon.220
- Anşın, R., 1982. Endemizm ve Doğu Karadeniz Bölgesinde Yetişen Endemik Bitki Taksonları, (Endemism And Endemic Plants Of The East Black Sea Region), KTÜ Orman Fakültesi Dergisi, 5, 2, 311-326.
- Anşın, R., Özkan, Z.C., Abay, G. ve Eminağaoğlu, Ö., 1997. New floristic records from A8 (Artvin), Ot Sistemlik Botanik Dergisi, 4, 95-98.
- ATALAY, İ. (1983). A general survey of the vegetation of north-eastern Anatolia. Ege Coğrafya Dergisi, 1(1).
- Davis, P.H. (ed). (1965-1985): Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vols. 1-9. Edinburgh

- University Press, Edinburgh.
- Davis, P.H., Mill, R.R. ve Tan, K. (eds). (1988). Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 10. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Duran A., Öztürk M. ve Doğan B., 2009. A new species of the genus *Psephellus* (Asteraceae) from North-East Anatolia, Turkey. *Ozean J Appl Sci* 2(1): 103-111.
- Düzenli, A., 1979. Tıryal Dağı'nın (Artvin) Bitki Sosyolojisi ve Bitki Ekolojisi Yönünden Araştırılması, TÜBİTAK, TBAG-256, Ankara.
- Ekim, T., Koyuncu M., Vural M., Duman H., Aytaç Z., Adıgüzel N., 2000. Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı, Eğrelti ve Tohumlu Bitkiler (Red Data Book of Turkish Plants, Pteridophyta and Spermatophyta), Barışcan Ofset, Ankara, Pp:246.
- Ekim, T., Terzioğlu, S., Eminağaoğlu, Ö., & Coşkunçelebi, K., Turkey, 209-242, In Schatz, George E., Shulkina, T, Solomon, J (editors). 2014. Red List of the Endemic Plants of the Caucasus: Armenia, Azerbaijan, Georgia, Iran, Russia, and Turkey, Missouri Botanical Garden Press, US. 451p.
- Eminağaoğlu, Ö., 1996. Artvin-Atila (Hatilla) Vadisi Florası, Yüksekisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Eminağaoğlu, Ö., 2002. Şavşat İlçesi Karagöl-Sahara Milli Parkı ve Çevresinin Flora ve Vegetasyonu, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Eminağaoğlu Ö., 2011. "Çoruh Vadisi (Artvin) - Deriner Barajı Su Aynası Altında Kalacak Alanda Bulunan Risk Altındaki (Endemik ve Endemik Olmayan Nadir) Bitkilerin Tespiti, Taşınması ve Yetiştirilmesi Projesi". Orman ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü. Artvin, ss.85.
- Eminağaoğlu Ö (Ed.) 2015. Artvin'in Doğal Bitkileri (Native Plants of Artvin), İstanbul: Promat, 456p. ISBN:978-605- 030- 854-9 (in Turkish).
- Eminağaoğlu, Ö. ve Anşin, R., 2002. A9 (Artvin) Karesi İçin Yeni Floristik Kayıtlar, Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 3, 96-108.
- Eminağaoğlu, Ö. ve Anşin, R., 2003. The Flora of Hatila Valley National Park and its Close Environs (Artvin), *Turkish Journal of Botany*, 27, 1-27.
- Eminağaoğlu, Ö. ve Anşin, R., 2004. Flora of the Karagöl-Sahara National Park (Artvin) and Its Environs, *Turkish Journal of Botany*, 28, 557-590.
- Eminağaoğlu, Ö., Anşin R. ve Kutbay, H.G., 2007. Forest Vegetation of Karagöl-Sahara National Park (Artvin-Turkey), *Turkish Journal of Botany*, 31, 421-449.
- Eminağaoğlu Ö., Dinçer İ., 2015, "Yusufeli Baraj Göl Aynası (Göl Alanında) Altında Kalacak Bitki Türlerinin Tespiti Projesi". Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü 12. Bölge Müdürlüğü Artvin Şube Müdürlüğü. Artvin, ss. 60.
- Eminağaoğlu Ö., Kutbay, H.G., Bigin, A. ve Yalçın, E., 2006. Contribution To The Phytosociology And Conservation Of Tertiary Relict Species İn Northeastern Anatolia (Turkey), *Belgian Journal of Botany*, 139 (1), 124-130.
- Eminağaoğlu, Ö., Manvelidze, Z., Memiadze, N., 2010. Artvin İlinde Nesli Tehlike Altında Olan Bitki Türleri, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Bildiriler Kitabı, Cilt 3, 1075-1090.
- Eminağaoğlu, Ö., Özcan, M. & Kültür, Ş., 2012. Contributions to the Leaf and Stem Anatomy of *Tradescantia fluminensis*: an Alien Species New to the Flora of Turkey., " *ACU J. For. Fac.* ", 13, 270-277.
- Eminağaoğlu, Ö., Özcan, M., 2013. *Euonymus leiophloeus* (Celastraceae) - A New Record for the Flora

- of Turkey, "Bangladesh Journal of Plant Taxonomy ", 20, 263-266.
- Eminağaoğlu, Ö., Özcan, M., 2014. Systematics of *Sisyrinchium angustifolium* Mill. (Iridaceae), a newly recorded species from Turkey, "Bangladesh Journal of Plant Taxonomy ", 21, 175-180.
- Eminağaoğlu, Ö., Özcan, M., 2014a. Morphology and leaf anatomy of some *Euonymus* taxa from Turkey, "Biological Diversity and Conservation ", 7, 167-176.
- Eminağaoğlu, Ö., Yüksek, T., Gümüş, S., Kurdoğlu, O. Ve Eraydın, S., 2007. Borçka-Karagöl Tabiat Parkı ve Çevresinin Flora ve Vegetasyonu, TÜBİTAK, TOGTAĞ -3210, Ankara.
- Gottschlich G., Coflkunçelebi K. ve Beyazoğlu O., 2000. Four new species of *Hieracium* L. (Compositae) from NE Turkey. *Willdenowia* 30: 279-291.
- Güner A. ve Duman H., 2007. A new juno Iris from North-east Anatolia, Turkey. *Turk J. Bot* 31: 311-315.
- Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T. ve Başer, K.H.C., 2000. Flora of Turkey and the East Aegaen Islands, Vol. XI, Supplement – II, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Güner, A., Vural, M. ve Sorkun, K., 1987. Rize Florası, Vegetasyonu ve Yöre Ballarının Polen Analizi, TÜBİTAK, TBAG-650, Ankara.
- IUCN. (2022). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. <https://www.iucnredlist.org>. Accessed on [10.08.2022].
- Özhatay, N., Kültür, Ş. Ve Aksoy, N., 1999. Check-List of Additional Taxa to the Supplement Flora of Turkey II, *Turkish Journal of Botany*, 23, 151-169.
- Özhatay, N., Kültür, Ş. ve Aslan, S., 2009. Check-List of Additional Taxa to the Supplement Flora of Turkey IV, *Turkish Journal of Botany*, 33, 191-226.
- Özhatay, N.F., Kültür, Ş. ve Gürdal, M.B., 2011. Check-List of Additional Taxa to the Supplement Flora of Turkey V, *Turkish Journal of Botany*, 35, 589-624.



26. Bölge Müdürlüğü



ISBN 978-605-73316-7-0