

ISSN: 1012 - 0726 (Baskı)
ISSN: 1308 - 2477 (Online)



SAYI: 138
YIL : TEMMUZ 2021

DEVLET SU İŞLERİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

DSİ

TEKNİK

BÜLTENİ

DSİ TEKNİK BÜLTENİ

Sahibi

DEVLET SU İŞLERİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Adına Genel Müdür
Kaya YILDIZ

Sorumlu Müdür

Nurettin PELEN

Yayın Kurulu (DSİ)

Murat Ali HATİPOĞLU
Ali GÖKYEL
Dinçer AYDOĞAN
Oğuzhan BEKTAŞ
Harun MEYDAN
Muharrem ÖZDEMİR
Vehbi ÖZAYDIN
Hakkı KILAVUZ
Erol BÜYÜKKİRAZ
Yılmaz AKMAN

Editörler

Figen ÖZYURT KUŞ
Özgür KÜÇÜKALİ

Yönetim Yeri Adresi

DSİ Teknik Araştırma ve
Kalite Kontrol (TAKK)
Dairesi Başkanlığı 06100
Yücetepe - Ankara

Tel (312) 454 38 00
Faks (312) 454 38 05
bulten@dsi.gov.tr

Basıldığı Yer

Destek Hizmetleri Dairesi
Başkanlığı
Basım ve Foto-Film Şube
Müdürlüğü
Etilik - Ankara

SAYI : 138

YIL : TEMMUZ 2021

Yayın Türü

Yaygın süreli yayın
Alti ayda bir yayınlanır
(Ocak, Temmuz)

ISSN 1012 - 0726 (Baskı)

1308 - 2477 (Online)

İÇİNDEKİLER

VEKTÖR DESTEK REGRESYON İLE DÜŞÜ DERİNLİK ORANI TAHMİNİ: SULAMA KANALLARI İÇİN BİR DEBİ ÖLÇÜM ARACI Şahnaz TİĞREK, Nermin ŞARLAK, Deniz ÜSTÜN	1
MOGAN VE EYMİR GÖLLERİ HAVZASINDA (ANKARA) TARİHSEL KAYITLARA GÖRE KURAKLIK, AŞIRI SOĞUK VE TAŞKIN OLAYLARI Ahmet APAYDIN, Faruk OCAKOĞLU	11
YEŞİLİRMAK VE KIZILIRMAK HAVZALARI AKIMLARI ÜZERİNDE KUZEY ATLANTİK SALINIMI VE ARKTİK SALINIMININ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ Emre KEBAPCIOĞLU, Turgay PARTAL	27

DSİ Teknik Bülteni TÜBİTAK ULAKBİM (Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi) ve uluslararası veritabanı EBSCO (Elton B. Stephens Company) tarafından taranmaktadır.

DSI TECHNICAL BULLETIN

Publisher

On behalf of GENERAL
DIRECTORATE OF
STATE HYDRAULIC
WORKS
Kaya YILDIZ
General Director

Director in charge

Nurettin PELEN

Editorial Board (DSI)

Murat Ali HATİPOĞLU
Ali GÖKYEL
Dinçer AYDOĞAN
Oğuzhan BEKTAŞ
Harun MEYDAN
Muharrem ÖZDEMİR
Vehbi ÖZAYDIN
Hakkı KILAVUZ
Erol BÜYÜKKİRAZ
Yılmaz AKMAN

Editors

Figen ÖZYURT KUŞ
Özgür KÜÇÜKALİ

Management Address

DSİ Teknik Araştırma ve
Kalite Kontrol (TAKK)
Dairesi Başkanlığı 06100
Yücetepe – Ankara /
TURKEY

Tel (312) 454 38 00
Faks (312) 454 38 05
bulten@dsi.gov.tr

Place of Publication

Destek Hizmetleri Dairesi
Başkanlığı
Basım ve Foto-Film Şube
Müdürlüğü
Etilik – Ankara / TURKEY

ISSUE: 138

YEAR : JULY 2021

Publication Type

Widely distributed
periodical
Published semi-annual
(January, July)

ISSN

1012 - 0726 (Press)
1308 - 2477 (Online)

CONTENTS

THE PREDICTION OF END DEPTH RATIO WITH SUPPORT VECTOR REGRESSION: A FLOW MEASUREMENT TOOL FOR THE IRRIGATION CHANNELS Şahnaz TİĞREK, Nermin ŞARLAK, Deniz ÜSTÜN	1
DROUGHTS, SEVERE COLD AND FLOOD EVENTS IN THE MOGAN-EYMIER LAKES BASIN ACCORDING TO THE LAST 500-YEAR RECORDS Ahmet APAYDIN, Faruk OCAKOĞLU	12
DETERMINATION OF THE IMPACTS OF NORTH ATLANTIC OSCILLATION AND ARCTIC OSCILLATION ON YEŞİLIRMAK AND KIZILIRMAK BASIN FLOWS Emre KEBAPCIOĞLU, Turgay PARTAL	27

DSI Technical Bulletin is indexed by TUBITAK ULAKBİM (Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi) and international database EBSCO (Elton B. Stephens Company).

DSİ TEKNİK BÜLTENİ'NİN AMACI

DSİ Teknik Bülteni'nde, su ile ilgili konularda, temel ve uygulamalı mühendislik alanlarında gönderilen makaleler yayınlanır. Makaleler, ilk önce konunun uzmanı tarafından incelenir ve değerlendirilir. Daha sonra, Hakem Kurulu uzman görüşünü de esas alarak makalenin yayınlanıp yayınlanmamasına karar verir. Makalelerin tamamı veya büyük bir kısmı diğer yayın organlarında yayınlanmamış olması gereklidir. DSİ Teknik Bülteni TÜBİTAK ULAKBİM (Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi) ve Eylül 2016 tarihi itibarı ile uluslararası veritabanı kuruluşu EBSCO (Elton B. Stephens Company) tarafından taranmaya başlamıştır.

DSİ TEKNİK BÜLTENİ BİLDİRİ YAZIM KURALLARI


1. Gönderilen yazılar kolay anlaşılır dilde ve Türkçe kurallarına uygun şekilde yazılmış olmalıdır.
2. Yazıların teknik sorumluluğu yazarına aittir (yazılardaki verilerin kullanılması sonucu oluşabilecek maddi ve manevi problemlerde muhatap yazardır).
3. Yayın Kurulu, makaleler üzerinde gerekli gördüğü düzeltme ve kısaltmaları yapar.
4. Makaleler bilgisayarda Microsoft Word olarak bir satır aralıkla yazılmalı ve Arial 10 fontu kullanılmalıdır. Makaleler A4 normundaki kâğıdın her kenarından 25 mm boşluk bırakılarak yazılmalıdır.
5. Sadece ilk sayfada, yazı alanı başlangıcından sola dayalı olarak, italik 10 fontunda Arial kullanılarak ilk satıra "*DSİ Teknik Bülteni*" yazılmalıdır.
6. Konu başlığı: Yazı alanı ortalanarak, "*DSİ Teknik Bülteni*" yazısından sonra dört satır boş bırakıldıktan sonra Arial 12 fontu kullanılarak büyük harflerle koyu yazılmalıdır.
7. Yazar ile ilgili bilgiler: Adı (küçük harf), soyadı (büyük harf), yazarın unvanı ile bağlı olduğu kuruluş (alt satıra) ve elektronik posta adresi (alt satıra) yazarın ORCID ID'si (ORCID ID'si olmayan yazarlar <https://orcid.org/signin> linkinden alabilirler.) (alt satıra) başlıktan iki boş satır sonra ilk yazardan başlamak üzere Arial 10 fontu ile yazı alanı ortalanarak yazılmalıdır. Diğer yazarlar da ilk yazar gibi bilgileri bir boşluk bırakıldıktan sonra yazılmalıdır.
8. Türkçe özet, elektronik posta adresinden dört boş satır sonra, özetten bir boş satır sonra ise anahtar kelimeler verilmelidir. Aynı şekilde, Türkçe anahtar kelimelerden iki boş satır sonra İngilizce özet, bir boş satır sonra ise İngilizce anahtar kelimeler verilmelidir.
9. Bölüm başlıkları yazı alanı sol kenarına dayandırılarak Arial 10 fontu kullanılarak koyu ve büyük harfle yazılmalı. Bölüm başlığının üzerinde bir boş satır bulunmalıdır.
10. Ara başlıklar satır başında başlamalı, üstlerinde bir boş satır bulunmalıdır. Birinci derecedeki ara başlıktaki bütün kelimelerin sadece ilk harfi büyük olmalı ve koyu harflerle Arial 10 fontunda yazılmalıdır. İkinci ve daha alt başlıklar normal harflerle Arial 10 fontu ile koyu yazılmalıdır.
11. Yazılar kâğıda iki sütun olarak yazılmalı ve sütun aralarındaki boşluk 10 mm olmalıdır.
12. Paragraf sola dayalı olarak başlamalı ve paragraflar arasında bir boş satır bırakılmalıdır.
13. Eşitlikler bilgisayarda yazılmalı ve numaralandırılmalıdır. Eşitlik numaraları sayfanın sağına oturmali ve parantez içinde yazılmalıdır. Her eşitlik alttaki ve üstteki yazılardan bir boş satır ile ayrılmalıdır. Eşitliklerde kullanılan bütün semboller eşitlikten hemen sonraki metinde tanımlanmalıdır.
14. Sayısal örnekler verildiği durumlarda SI veya Metrik sistem kullanılmalıdır. Rakamların ondalık kısımları virgöl ile ayrılmalıdır.
15. Yararlanılan kaynaklar metinde kaynağın kullanıldığı yerde köşeli parantez içerisinde numaralı veya [Yazarın soyadı, basım yılı] olarak belirtilmelidir. Örneğin: "..... basamaklı dolusavaklar için geometri ve eşitlikler [1]" veya basamaklı dolusavaklar için geometri ve eşitlikler [Aktan, 1999]" gibi.
16. Kaynaklar yazar soyadlarına göre sıralanmalı, listelenirken yazar (veya yazarların) soyadı, adının baş harfi, yayın yılı, kaynağın ismi, yayımlandığı yer ve yararlanılan sayfa numaraları belirtilerek, köşeli parantez içerisinde numaralandırılmalı ve yazarken soldan itibaren 0,75 cm asılı paragraf şeklinde yazılmalıdır. Makale başlıkları çift tırnak içine alınmalı, kitap isimlerinin altı çizilmelidir. Bütün kaynaklara metin içinde atıf yapılmalıdır.
17. Çizelgeler, şekiller, grafikler ve resimler yazı içerisine en uygun yere gelecek şekilde yerleştirilmelidir. Fotoğraflar net çekilmiş olmalıdır. Şekil ve grafikler üzerine el yazısı ile ekleme yapılmamalıdır.
18. Makalenin tamamı 20 sayfayı geçmemeli, şekil, çizelge, grafik ve fotoğraflar yazının 1/3'ünden az olmalıdır.
19. Sayfa numarası, sayfaların karışmaması için sayfa arkalarına kurşun kalem ile hafifçe verilmelidir.
20. Yazım kurallarına uygun olarak yazılmış makalenin tam metni eğer e-posta ortamında gönderilebilecek kadar küçük boyutta ise e-posta adresine, değilse; hem A4 kâğıda baskı şeklinde (2 adet) hem de dijital ortamda (CD veya DVD) yazışma adresine gönderilmelidir.
21. Yayınlanan bütün yazılar için "Kamu Kurum ve kuruluşlarınca ödenecek telif ve işleme ücretleri hakkındaki yönetmelik" hükümleri uygulanır.
22. Makaleyi gönderen yazarlar yukarıda belirtilenleri kabul etmiş sayılırlar.
23. Yazışma adresi aşağıda verilmiştir:

Yasal Uyarı

Bu Teknik Bülten yalnızca genel bilgilendirme amacıyla yayımlanmaktadır ve içeriğinde yer alan malzemelerin, prosedürlerin veya yöntemlerin tek mevcut ve uygun malzeme, prosedür veya yöntem olduğunu ima etmemektedir. Malzemeler, prosedürler veya yöntemler özel koşullara, yerel imar kanunlarına, tasarım şartlarına veya tüzel ve yasal şartlara göre değişebilir. Bu Teknik Bülten'deki bilgilerin doğru ve güvenilir olduğuna inanılmakla beraber, yayımlayıcı olarak Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü bu Teknik Bülten'in içeriğinde bulunan yöntemlerin, malzemelerin, talimatların veya fikirlerin herhangi bir şekilde kullanılması kaynaklı mal veya can kaybından veya oluşabilecek zararlardan sorumlu değildir.

DSİ TEKNİK BÜLTENİ DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol (TAKK) Dairesi Başkanlığı Saray Osmangazi Mah. Alparslan Türkeş Cad. No:6/5 Pursaklar / ANKARA
Tel (312) 454 38 00
Faks (312) 454 38 05
E-posta bulten@dsi.gov.tr, dsiteknikbulten@gmail.com
Web <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/766>

VEKTÖR DESTEK REGRESYON İLE DÜŞÜ DERİNLİK ORANI TAHMİNİ: SULAMA KANALLARI İÇİN BİR DEBİ ÖLÇÜM ARACI

Şahnaz TİĞREK 

Batman Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tarsus Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Tarsus-MERSİN
BATMAN
sahnaz.tigrek@batman.edu.tr

Nermin ŞARLAK 

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, KARAMAN
nsarlak@kmu.edu.tr

Deniz ÜSTÜN 

Tarsus Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Tarsus, MERSİN
denizustun@tarsus.edu.tr

(Makalenin geliş tarihi: 07.04.2020, Makalenin kabul tarihi: 17.02.2021)

ÖZ

Toprağın yapısına ve bitki türüne göre yeterli miktarda sulama suyunun iletilmesine ve buna karşılık daha ölçülü bir yaklaşımla ücretlendirme yapılmasını sağlamak için akan suyun debisinin ölçülmesine duyulan ihtiyaç önemlidir. Dikdörtgen ve üçgen şeklindeki savaklar bu amaç için kullanılan en yaygın yöntemlerdendir. Ancak savakların önünde zaman içinde katı madde birikmesi olacağından düzenli olarak temizlenmeleri gerekmektedir. Bununla birlikte, arazinin topoğrafyası gereği iletim kanallarında zorunlu düşü yapılması gerekebilmektedir. Düşü derinliği ile debi arasındaki ilişki kullanılarak debi tahmini için halihazırda literatürde bazı ampirik yaklaşımlar mevcuttur. Bu çalışmada yapay zekâ modeli ile farklı araştırmacılar tarafından dikdörtgen açık kanallarda çeşitli pürüzlülük ve kanal taban eğimlerine karşılık ölçülen düşü derinlik oranları (DDO) ve debi verilerinden öğrenerek oluşturulan üç boyutlu yüzey ile sanal deney düzeneği kurulması sağlanmıştır. Oluşturulan sanal deney düzeneği 10 bin adet sentetik DDO değeri türetilmesinde kullanılmıştır. Türetilen sentetik veriler, literatürde verilen iki lineer denklem sonuçları ile kıyaslanmıştır. Çalışmanın amacı kısıtlı deney verileri ile türetilen lineer denklemlerin başarılarını, yapay zekâ modellemesi ile tahmin edilerek türetilen sentetik veriler üzerinde gösterip, tartışabilmektir.

Anahtar Kelimeler: Düşü derinliği, Serbest düşü, Debi ölçümü, Destek vektör regresyon

THE PREDICTION OF END DEPTH RATIO WITH SUPPORT VECTOR REGRESSION: A FLOW MEASUREMENT TOOL FOR THE IRRIGATION CHANNELS

ABSTRACT

The necessity of metering discharge is important due to estimate correct supply of water according to plant and soil type and consequently estimate rational pricing. The most common way is to use weirs, such as rectangular or triangular. However, those weirs should be cleaned regularly due to accumulation of sediment in front of the weirs. On the other hand, the channels can be constructed with a drop due to topography. There are some empirical approaches in the literature to estimate discharge by utilizing the

relationship between drop depth and discharge. In the present study, it is provided to construct a virtual experimental set up via three-dimensional surface created by artificial intelligence model by learning from the end depth ratio (EDR) and discharge on rectangular open channels with varying surface roughness and bed slopes, collected by different researchers. A virtual experimental set up was utilized to generate 10 000 synthetic data. Those generated data were compared with two linear equations available in the literature. The purpose of the study is to demonstrate and discuss the success of the linear equations which were based on limited laboratory data with artificial intelligence models.

Keywords: End depth, Free overfall, Discharge measurement, Support vector regression

1 GİRİŞ

Açık kanallarda akım ölçümü için sade bir matematiksel bağıntının elde edilmesi, çiftçilerin sulama kanaletlerinden çektikleri debinin ve sulama kanallarının işlevselliğinin belirlenmesinde yararlı olacaktır. Çiftçiler kullandıkları suyun bedelini ödediğinden su kullanımında herhangi bir anlaşmazlığın ortaya çıkmasını engellemek için debiyi doğru bir şekilde ölçen, bakımı ve kullanımı kolay bir ölçüm sisteminin olması oldukça önem arz etmektedir. Aslında açık kanallarda akım ölçümü teorik olarak nispeten kolaydır, çünkü kritik derinlik ile debi arasında doğrudan bir bağıntı vardır. Yaklaşım akımı nehir rejiminde olan bir kanalda akım derinliği mansapta sel rejimine geçiyor ise kritik derinliğe ulaşacaktır ve kritik derinlikten debi belirlenebilecektir. Ancak akım bilinen bir yerde kritik derinliğe ulaşsa dahi olduğu yerin doğru bir şekilde belirlenmesi kolay değildir. Bu sebepten akım ölçümü için alternatif tekniklerin geliştirilme çalışmaları yıllardır devam etmektedir. Söz konusu çalışmalarda kanalın farklı kesimlerindeki akım derinliği ile kritik derinlik (yc) arasında dolaylı bağıntı elde edilmeye çalışılmaktadır. Bunlardan bir tanesi de düşüdeki su derinliği (ye) ile ilgilidir. Düşüler sel rejimindeki akışlarda enerji düşürücü amaçlı olabileceği gibi, topoğrafyadaki keskin değişimleri aşabilmek için de inşa edilmektedirler. Araştırmalar bu mevcut durumdan faydalanma üzerinedir.

Düşü, yatay veya eğimli, dikdörtgen veya farklı şekillerdeki kanal yatağının mansabının ani düşü ile sonuçlanmasından oluşan yapı olarak tanımlanmaktadır. Akımın ayrışmasına sebep olur; kuyruk suyu suya batmış değilse serbest düşü olarak tanımlanmaktadır. Serbest düşünün debi ölçüm aracı olarak kullanılması, seksen yıldan daha fazla süredir araştırılan bir konudur. Düşü yüksekliği özelliğini debi hesabında ilk kullanan kişi Van Leer'dir. Çalışması literatüre Kaliforniya boru yöntemi olarak 1922 yılında girmiştir [35]. Düşü oluşturacak şekilde bir ucu atmosfere açık kısmı dolu bir boru sistemi tasarlanmıştır. Boru üst yüzeyinden düşüden akan su yüzeyine olan düşey mesafe ve boru

çapı bağımsız değişken alınarak geliştirilen ampirik formül debinin belirlenmesi üzerinedir. Üzeri tamamen açık kanallarda bu konuyu çalışan ilk araştırmacı Rouse [25]'dir. Nehir rejimi yaklaşımli yatay dikdörtgen kanalda sınırlı serbest düşüler için ye 'nin yc 'nin sabit yüzdesi ile bulunabileceğinin farkına varmış ve düşü derinlik oranını ($DDO = ye/yc$) 0,715 olarak ifade eden ilk kişi olmuştur. Kanalın sonundaki düşüde su derinliği kolayca ölçülebileceğinden ve kalibrasyona gerek duyulmayacağından, debi kolayca belirlenebilmektedir. Bu nedenle, konu o günden itibaren pek çok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Yapılan çalışmaları teorik, deneysel, sayısal ve yapay zekâ yöntemleri olmak üzere dört grupta toplayabiliriz. Teorik yöntemlerin çoğunda Boussinesq, Enerji ve Momentum yaklaşımlarından biri kullanılmıştır.

Literatür incelendiğinde bu konu kapsamında, küçük eğimli veya yatay kanallar için çok fazla çalışma yapıldığı ancak, dik eğimli kanallarda yapılan çalışmaların sınırlı kaldığı tespit edilmiştir. Nehir rejimi yaklaşımli kanallarda yapılan çalışmalardan elde edilen DDO değerleri sabit ve 0,667-0,781 aralığındadır. Kritik akımın olduğu farklı en kesitler için yapılan çalışmalar sonucunda, farklı DDO değerlerinin elde edilmiş olmasının sebebi kanal genişliği (B), yüzey pürüzlülüğü (n) gibi değişkenlerdeki farklılıklardır [9, 18, 20, 32, 33]. Rouse [26], sel rejimi yaklaşımli kanallar için ye/yn (yn uniform akım derinliği) oranını Froude (Fr) sayısı ile ilişkilendiren bir bağıntı elde etmiştir. Delleur vd. [10], kanal taban eğiminin (So) DDO üzerinde etkin olduğunu ilk gösteren araştırmacılar. DDO'nun yalnızca So/Sc 'ye (Sc : kritik eğim) bağlı olduğunu ve n 'nin etkisinin önemsiz derecede küçük olduğunu öne sürerek bir denklem türetmişlerdir. Sc/So oranını kullanarak DDO için denklem türeten bir başka araştırmacı Anderson [4]'dir. Rajaratnam vd. [24], Delleur'ın n 'nin etkisinin önemsiz olduğu savını farklı n değerleri için deneyler yaparak incelemişlerdir. Nikuradse eş değer (equivalent) kum pürüzlülüğünün 0,1'den az olduğu durumlar için Delleur vd. [10], tarafından çıkarılan yorumun

doğru olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bhallamudi [6], Anderson yöntemi ile momentum denklemini birleştirerek dikdörtgen, üçgen ve trapez en kesitli kanallar için Fr ve şekil parametresinin dahil edildiği ye/yn oranını elde etmeye çalışan genel bir denklem türetmiştir. Davis vd. [9], So ve n etkisini değerlendirmek için deneyler gerçekleştirmişler ve DDO'nun hem eğimden hem de pürüzlülükten etkilendiği göstermişlerdir. Kanal taban eğimleri 0,033; 0,02; 0,01 ve 0,0033 olarak seçilmiştir ve 30 akış verisi (13 tanesi düzgün yüzeyli (pürüzsüz) kanalda, 17 tanesi pürüzlü yüzeyli kanalda ölçülmüştür) için deney yapmışlardır. So arttıkça pürüzlülüğün etkili olduğu sonucuna ulaşmışlar ve iki ampirik denklem önermişlerdir. Ampirik denklemlerden ilki yalnızca So verisi gerektiriyorken, ikinci denklem hem n ve hem de So verisine bağlı olarak türetilmiştir. Çalışma DDO'nun So/n'nin fonksiyonu olduğunu ifade eden ilk araştırma olması bakımından önemlidir. Türettikleri denklemde So'nun sıfır olması durumunda DDO 0,846 değerini vermektedir ki bu değer literatürde sunulan değerlerden oldukça yüksektir. Ferro [12] olayı keskin tepeli savağa benzer ama tepe yüksekliği sıfır olan dikdörtgen kanal düşüsü olarak incelemiş ve ye/yn'i tahmin etmek için Fr sayısına bağlı bir denklem türetmiştir. Fr sayısının bir olması durumunda türetilen denklem DDO'yu 0,715 olarak elde edebilmektedir. Guo vd. [15], pürüzlü dikdörtgen kanalda serbest düşü çalışmasını, türbülans sayısal model ve deney seti üzerinde yapmışlardır. Serbest su yüzeyi profilinin pürüzlü yataklarda pürüzsüz yataklara göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. So'nun artması ile de DDO'nun azaldığını grafik vererek göstermişlerdir. Tiğrek vd. [32], yaptıkları deneysel çalışmada nehir, kritik ve sel rejimi koşullarında DDO için formüller türetmişlerdir. Yaptıkları toplam 130 deneyin 82'si pürüzsüz kanalda (19 deney nehir rejimi yaklaşımı) ve 48'i pürüzlü kanalda (25'i nehir rejimi yaklaşımı) gerçekleştirilmiştir. Sel rejimli yaklaşım kanalları için DDO hesabına So ve n parametrelerini dahil etmişlerdir. Bağımsız değişken olmadığından, Sc'nin değişkenler listesine alınmamasının daha doğru olacağı sonucuna varmışlardır. Nabavi ve Beirami [19], nehir ve sel rejimi yaklaşım dikdörtgen kanallarda serbest düşünün düşü basınç katsayısını ve düşü derinliğinde basınç dağılımını teorik ve deneysel olarak incelemişlerdir. Deneylerini küçük, dik ve ters eğimli kanallar için gerçekleştirerek debiyi tahmin etmek için grafikler sunmuşlardır. DDO'nun So/Sc ve Fr ile değişiminin grafiklerini vermişler ve So/Sc oransal eğim ve memba Fr arttığında DDO değerinin azalacağı sonucuna

ulaşmışlardır. Swetapadma vd. [31], farklı eğimlerde pürüzsüz dikdörtgen kanallarda deney yapmışlar ve DDO'yu So ile tahmin edebilmek için ikinci derece denklem türetmişlerdir. Elde edilen denklemde eğim değeri sıfır olarak alındığında, DDO'nun 0,759 değerine ulaştığı görülmektedir. Tiğrek vd. [33], farklı geometri ve akış değişkenlerinin düşüye yaklaşırken su profilini nasıl etkilediğini incelemişlerdir. Çalışmada düşüye yaklaşırken kritik derinliğin yeri saptanmaya çalışılmış ve nehir rejiminde Fr, So ve n'nin etken değişkenler olduğu rapor edilmiştir. Shubing ve Sheng [29], Boussinesq tipi enerji denklemini kullanarak geliştirdikleri yaklaşımda So ve n'nin önemini vurgulamışlardır.

Yapay zekâ modellerinden Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemini bu probleme ilk uygulayan kişiler Raikar vd. [23] olmuştur. Yarı-dairesel pürüzsüz açık kanal akımında nehir ve sel rejimleri için yaptıkları deneylerden elde ettikleri veriler için YSA modeli kurmuşlardır. Modelden türetilen denklem debinin boyutsuz olarak ye ve So değişkenleri ile belirlenebilmesine imkân vermektedir. Kritik akım olması durumunda DDO değeri 0,705 olarak elde edilmiştir. Pal ve Goel [22], trapez- pürüzsüz- pozitif ve negatif eğimli kanallarda debi ve DDO tahmini için Destek Vektör Makinesi (DVM) yönteminin kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Modele girdi değişkenleri olarak kanal yan ve taban eğimleri, B, yc ve Sc alınmış, birim debi (q) ve DDO değerleri tahmin edilmiştir. Kapalı kutu modelinden tahmin ettikleri DDO ve q değerleri ile ölçülmüş değerler kıyaslandığında önerilen yöntemden iyi sonuçlar elde edildiği ve yöntemin ampirik çalışmalara ve YSA modeline alternatif olabileceği ileri sürülmüştür. Sharifi vd. [28], problemi Genetik Algoritma yöntemi ile farklı en kesitler için çözmeye çalışmışlardır. Yöntem dairesel, trapez ve dikdörtgen kanallarda DDO için sadece So'a bağlı çeşitli ifadelerin bulunmasına imkân vermiştir. DDO için en iyi ifadenin $(DDO = (1/A) e^{-B/\text{kare-kök}(So)})$; A ve B katsayı) olduğu, ifadenin farklı geometri ve akım rejimine uygun olduğu, boyutsal olarak doğru olduğu ve diğer ampirik bağıntılardan daha iyi olduğu ileri sürülmüştür. Sterling vd. [30], dikdörtgen kanallarda araştırmacıların ölçüm verilerini kullanarak ye, ye/B, So, Sc, $\sqrt{S_o}$, $\sqrt{S_c}$, So/Sc ve $\sqrt{(S_o)}/S_c$ değişkenlerinin yc üzerindeki etkisini Temel Bileşenler Analizi ile irdelemişlerdir. yc'nin B, ye ve $\sqrt{S_o}$ 'ın fonksiyonu olduğunu ve bu sonucun Sharifi vd. [28] çalışması ile tutarlı olduğunu ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada, farklı araştırmacılar tarafından literatüre sunulan serbest düşümlü dikdörtgen şekilli kanal yapıları üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen ölçüm verileri üzerinde destek vektör regresyon (DVR) yöntemi uygulanmıştır. DVR yöntemi araştırmacıların sunduğu B, So, n ve DDO değerlerini öğrenerek üç boyutlu yüzey oluşturulmasına imkân tanımış ve sanal deney düzeneği kurulmasını sağlamıştır. Oluşturulan sanal deney düzeneği daha sonra araştırmacı deneylerinde ölçülmeyen farklı n ve So değerleri için 10 bin adet sentetik DDO değeri türetilmesinde kullanılmıştır. Türetilen sentetik veriler deney ölçüm verileri, Davis vd. [9] ve Tiğrek vd. [32] tarafından türetilen lineer denklem sonuçları ile kıyaslanmıştır. Çalışmanın amacı kısıtlı deney verileri ile türetilen lineer denklemlerin başarılarını, yapay zekâ modellemesi ile tahmin edilerek artırılan sentetik veriler üzerinde gösterip, tartışabilmektir.

Literatürde yapay zekâ modelleri ile yapılan pek çok çalışma ampirik yaklaşımlar göz ardı edilerek yapılmıştır, ancak ampirik yaklaşımlar doğrudan arazide kullanılabilme avantajına sahiptir.

2 MATERYAL VE MODEL

Çalışmada serbest düşümlü dikdörtgen kanallarda altı farklı araştırmacı tarafından yapılan deney sonuçları kullanılmıştır. Bu çalışmalar, Rajaratnam vd. [24]; Davis vd. [9]; Ferro [12]; Turan [34]; Fırat [13]; ve Kutlu [17] tarafından gerçekleştirilmiştir ve sırasıyla 1'den 6'ya kadar numaralandırılmışlardır. Ferro [12] yatay kanalda çalışmasını gerçekleştirmiştir. Debi kanal geometrik özelliklerinin fonksiyonu olduğundan, araştırmacıların farklı ye, So, n, ve B için gerçekleştirdikleri deneylerden ölçtükleri q değerlerinden oluşan 353 verinin aralıkları Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1 - Araştırmacı ölçüm aralıkları

Grup	n		B (m)		So		ye (m)		q (m ³ /s/m)	
	Min	Mak	Min	Mak	Min	Mak	Min	Mak	Min	Mak
1R	0,0199	0,0213	0,460		0	0,0136	0,0183	0,1250	0,028	0,2350
2D	0,0099	0,0147	0,305		0,0033	0,0330	0,005	0,0365	0,002	0,0460
3F		0,0147	0,05	0,3		0	0,0167	0,0784	0,011	0,1020
4T		0,0091		1	0,0017	0,0400	0,0101	0,0581	0,012	0,0708
5F	0,0091	0,0147		1	0,0003	0,0394	0,0101	0,0581	0,002	0,0708
6K		0,0147		1	0,00063	0,0387	0,0046	0,0503	0,002	0,0610

2.1 Destek Vektör Regresyon

Vapnik tarafından 1963 yılında önerilen DVM, geçtiğimiz son on yıl içerisinde, genelleme, yakınsama özellikleri ve zor problemlerin çözümlerine ulaşılmasında gösterdiği yüksek performans açısından makine öğrenimi konusunda en önemli konulardan biri haline gelmiştir [7, 11, 21, 36]. DVM'ler, her ne kadar sınıflandırma amacıyla kullanılsalar da herhangi bir sisteme ya da bir fonksiyona ait çıktı değerlerinin yaklaşık olarak tahminlerini (regresyon) elde etmek için de kullanılabilirler [16, 21, 27].

DVM' de temel amaç, eğitim verisi içerisinde birbirine en yakın noktalar arasındaki uzaklığı maksimum değer yapan bir ayırıcı düzlemi elde edebilmektir. Elde edilen bu ayırıcı düzlem en iyi ayırıcı düzlem; bu düzleme komşu durumunda bulunan, sınır genişliğini belirleyen noktalara ise destek vektörleri (□) adı verilir. Karar vektörü fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$f(x) = \text{sign}((w \cdot x_i) + b) \quad (1)$$

Karar vektörü fonksiyonunda w ayırıcı düzlemin ağırlık vektörünü, b ise yanlılık (bias) değerini ifade etmektedir. En iyi ayırıcı düzlemi elde etmek için w ve b değerlerinin hesaplanması gerekir. Bu işlem ise en iyi ayırıcı düzlemin belirlenmesi aşamasında, düzlemin sınıra olan uzaklığının mümkün olan maksimum alabileceği değere çıkarılması ile sağlanabilmektedir. Başka bir ifade ile eğitim verisinin $\{(x_1, y_1), \dots, (x_l, y_l)\} \subset X \times R$, olduğunu varsayarsak; burada, X giriş ve Y hedef çıktı şekillerinin uzayını temsil etmektedir. ϵ -DV regresyonda amaç, bütün eğitim verileri için elde edilen hedef çıktı değerlerinden en fazla ϵ sapmaya ve mümkün olabilen maksimum düzlüğe sahip bir f(x) fonksiyonu elde edebilmektir. İkinci dereceden optimizasyon probleminin çözümü aşağıdaki fonksiyon kullanılarak bulunabilir:

$$\min_{w, b, \epsilon} = \frac{1}{2} w^T w + C \sum_{i=1}^m \epsilon_i \quad (2)$$

$$y_i(w \cdot x_i - b) \geq 1 - \epsilon_i \text{ ve } \epsilon_i \geq 0$$

burada, ϵ_i gevşek değişkenler olarak adlandırılır ve (x_i, y_i) noktada meydana gelen hatayı ölçmek için kullanılır. C sınır boyutunun değişim oranını ve eğitim aşamasındaki hata miktarını gösteren deterministik bir parametredir. DVM'de en iyi ayırma düzlemini elde etmek için kareli optimizasyon probleminin çözümü gerçekleştirilir ve bu çözüm sürecinde Lagrange çarpanları yönteminden yararlanılmaktadır. Lagrange çarpanları en küçükleme tipindeki problemi ikili probleme dönüştürerek problemin daha kolay çözümlenmesine imkân verir [14]. Lagrange işlevi, (J), aşağıda verilmiştir [5]:

$$J(w, b, \alpha) = \frac{1}{2} w \cdot w - \sum_{i=1}^m \alpha_i \{y_i(w \cdot x_i - b) - 1 + \epsilon_i\} \quad (3)$$

Lagrange işlevi w ve b değişkenlerine göre en küçükleme, α_i değişkenlerine göre ise en büyükleme yapmak üzere kullanılır ve problem aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\underbrace{\operatorname{argmax}}_{\alpha} \underbrace{\min}_{w, b} \{J(w, b, \alpha)\} \quad (4)$$

En iyileme problemlerini ikincil biçimlere dönüştürülebilme için Lagrange denkleminin değişkenlerine göre kısmi türevlerinin alınıp, çözülmesi ve sonuçlarının Lagrange denkleminde yerlerine konularak elenmesi gerekmektedir. Sonuç, sadece Lagrange çarpanlarında en büyüklenecek bir bağıntıdır. Eş. 3'te verilen Lagrange işlevinin w ve b ye göre kısmi türevleri alınır aşağıdaki Karush Kuhn-Tucker tamamlayıcı koşulları elde edilir [16]:

$$\begin{aligned} \frac{dJ}{dw} = 0 &\Rightarrow w - \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i x_i = w = \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i x_i \quad (5) \\ \frac{dJ}{db} = 0 &\Rightarrow \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i \quad (6) \end{aligned}$$

Sonuç olarak elde edilen değerler Lagrange işlevinde yerine yazılır ise Eş. 7'de verilen ve yukarıdaki bahsedilen en büyükleme denklemi elde edilmiş olur:

$$J_d = \sum_i \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \alpha_i \alpha_j y_i y_j x_i x_j \quad (7)$$

En iyi ayırıcı düzlemi belirlemek için, Eş. 7'de verilen model çözümlenerek, ikili Lagrange J_d 'yi maksimum yapan α_i değerleri optimizasyon ile hesaplanır. α_i Lagrange çarpanlarından sıfırdan

büyük değer alan eğitim verileri "destek vektörleri" olarak adlandırılır. En iyi ayırma düzlemi, sıfırdan büyük değere sahip olan bu Lagrange çarpanları ile belirlenmektedir. Elde edilen α_i 'nin sonuçları ile en iyi ayırma düzlemi Eş. 8 ve 9'da verilen ağırlık vektörü w^* ve b^* bias parametreleri ile belirlenir.

$$w^* = \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i x_i \quad (8)$$

$$b^* = y_i - \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i x_i \quad (9)$$

İlgili değerler yerine yazılarak Eş. 10'da verilen karar fonksiyonu elde edilir:

$$f(x) = \operatorname{sign} \left(\sum_{i=1}^m w^* \cdot x + b^* \right) \quad (10)$$

Eş. 10'da verilen nokta çarpım ifadesi bir çekirdek işlevi ile değiştirildiğinde, bu nokta çarpım işlemi ilgili çekirdek fonksiyonu ile de hesaplanabilmektedir. Bu durumda, doğrusal olmayan karar sınırları doğrusal regresyon için kabul edilen yöntemler kullanılarak üretilmektedir [27].

3 BULGULAR ve TARTIŞMA

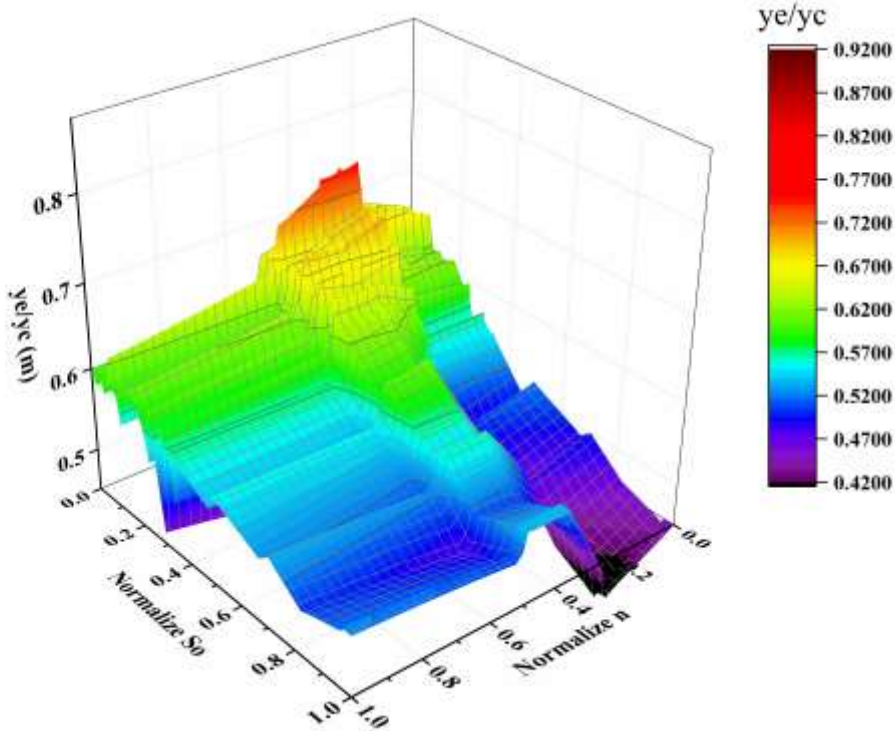
DVR yöntemindeki regresyon işlemi, Intel® Xeon E5-1620 3.5 GHz işlemci ve 64 GByte hafızaya sahip bir iş istasyonunda gerçekleştirilmiştir. Tamamı literatürden elde edilen toplam 353 adet laboratuvar ölçüm verisi kullanılarak gerçekleştirilen regresyon işleminde on kat çapraz doğrulama setleri ile oluşturulan regresyon yüzey cevabı test edilmiştir. Verilerin %89'u modeli eğitmek, geri kalan yüzde test etmek için kullanılmıştır. On kat çapraz doğrulama setleri üzerinde çalışmanın gerçekleştirilme sebebi, aşırı uyarılma veya düşük uyarılmadan kaçınan ve rastgele oluşturulan yeni veriler üzerinde mümkün olabilen en iyi tahminleri elde edebilen modeli kurabilmektir. Elde edilen en düşük hatalı doğrulama setine göre üç boyutlu yüzey cevabı oluşturulmuştur. DVR'de çekirdek fonksiyon olarak Kalın Kuyruklu Radyal Taban, $K(x_i, x_j) = \exp(-\|x_i^a - x_j^a\|^g)$ kullanılmıştır. Burada, Kalın Kuyruklu Radyal Taban fonksiyonuna ait olan a ve g parametreleri sırasıyla 0,75 ve 0,95 olarak alınmıştır. ϵ değeri 1 000 olarak tanımlanmıştır. DVR yönteminin eğitim ve test süreçlerinde ortalama mutlak hata göz önüne alınmıştır. DVR'nin eğitim ve test süreçleri için on kat çapraz doğrulama setlerine ait elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 2 - DVR'nin eğitim ve test süreçlerine ait on kat çapraz doğrulama setlerinin sonuçları

Çapraz Kat Sayısı	Ortalama Mutlak Hata Eğitim	Ortalama Mutlak Hata Test
1	3,74e-05	2,44e-05
2	3,81e-05	2,33e-05
3	3,93e-05	1,38e-05
4	2,21e-05	1,20e-05
5	3,81e-05	1,17e-05
6	4,03e-05	1,62e-05
7	3,60e-05	3,92e-05
8	3,76e-05	1,23e-05
9	3,75e-05	2,77e-05
10	3,70e-05	1,90e-05

Çizelge 2'den açıkça görülebileceği üzere istenen ve tahmin sonuçları arasında ortalama mutlak hata oranları oldukça düşüktür. DVR'nin eğitim ve test süreçlerinde elde ettiği sonuçlar, yöntemin S_o ve n parametre değerlerine bağlı olarak DDO değerlerinin tahmininde yüksek bir hassasiyete sahip olduğunu göstermektedir. DVR yönteminin göstermiş olduğu bu yüksek

performans sayesinde, araştırmacı deneylerinde olmayan girdi parametre değerlerine göre DDO çıktı değerleri üç boyutlu yüzey kullanılarak yüksek doğrulukla tahmin edilebilecektir. DVR yöntemi ile elde edilen S_o ve n girdi değerlerine göre değişen DDO yüzey cevabı grafiği Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1- DVR ile elde edilen S_o ve n ile değişen DDO yüzey cevabı grafiği, (Sayılardaki nokta ondalık ayırıcıdır)

DVR ile oluşturulan üç boyutlu yüzey cevabını kullanılarak rastgele 10 bin adet üretilen n ve S_o (deneylerdeki minimum ve maksimum değerleri arasında) değerlerine karşılık tahmin edilen

DDO değerleri ile Tiğrek vd. [32] ve Davis vd. [9] tarafından türetilen lineer denklemlerden (sırasıyla $DDO=0,773-0,018(\sqrt{S_o}/n)$ ve

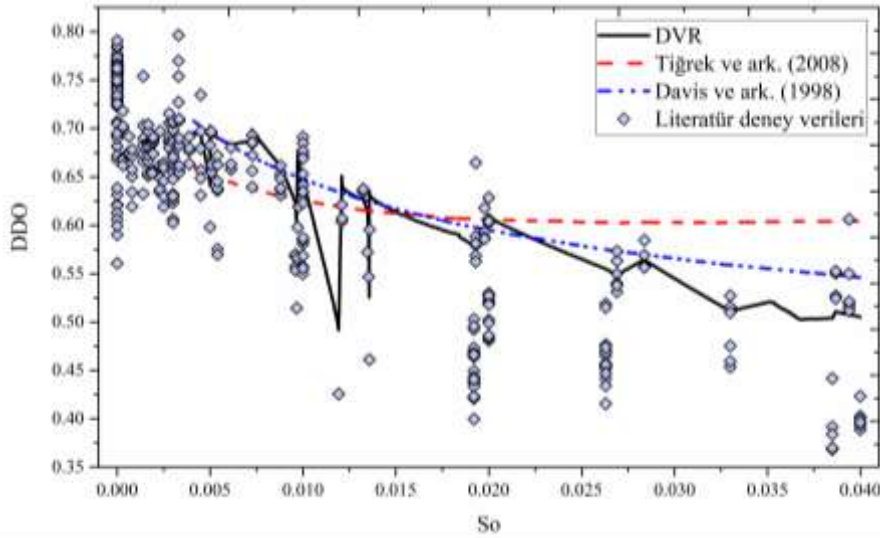
$DDO=0,846-0,219 \sqrt{S_o/n}$) elde edilen DDO değerleri Şekil 2'de S_o 'a karşılık çizilmiştir.

Şekil 2'den 353 deney verisini temsil etmede DVR sonuçlarının daha başarılı olduğu görülmektedir. Ancak matematiksel ifade türetilmesi tercih edilmediğinden ve son kullanıcı açısından literatürdeki basit lineer denklemlerin varlığı önemini koruduğundan, çalışmamızda kısıtlı deney verilerinden türetilen lineer denklemler birbirleri ile kıyaslanmıştır. Önceki çalışmalarda da vurgulandığı gibi S_o arttıkça DDO değerleri azalmaktadır. Bu azalma Davis vd. [9] tarafından önerilen denklem ile daha iyi elde edilmiş ve deney verilerini temsil etmede daha başarılı olunmuştur.

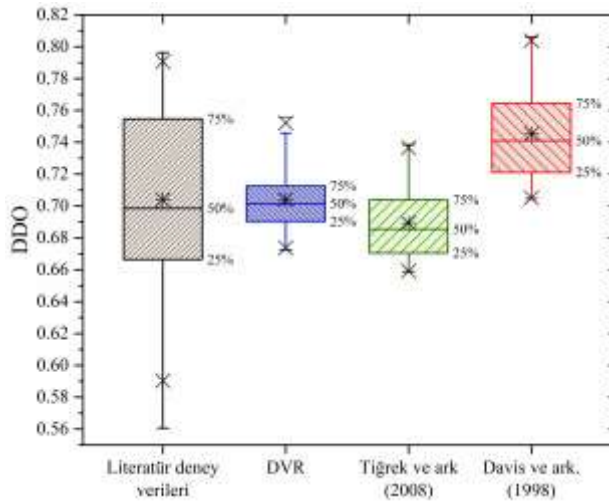
Ancak bu başarının küçük eğimli kanallarda da geçerli olduğunu söylemek biraz zor

görülmektedir. Küçük eğimli kanallarda Tiğrek vd. [32] tarafından önerilen denklemin daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Küçük eğimli kanallarda yine literatürde vurgulanmış olan DDO 'nun S_o 'dan etkilenmediği ve sabit bir değer ile ifade edilebileceği durumu Şekil 2'de dikkate değer bir şekilde tespit edilebilmektedir. S_o 'nun 0-0,004 aralığı için ayrı bir pencere açmak amacı ile yaklaşık 1 000 adet veri kutu grafiği şeklinde gösterilerek kıyaslama yapma yolu tercih edilmiş ve Şekil 3'te gösterilmiştir. Deney verileri kutu grafiği ile kıyaslandığında Tiğrek vd. [32] tarafından önerilen denklemin başarısı daha net ortaya çıkmıştır. Davis vd. [9] denkleminde deney verilerinden daha büyük sonuçlar elde edilmektedir.



Şekil 2- Kanal eğimine karşılık DDO değerleri



Şekil 3. Küçük eğimli kanallar için DDO değerleri

Göz önüne alınan 1 000 adet verinin ortalama değerleri (kutu grafiğinde yıldız ile ifade edilmiştir) dikkate alındığında DDO değerleri 0,705; 0,75 ve 0,69 sırası ile laboratuvar deneylerinden, Davis vd. [9] ve Tiğrek vd. [32] tarafından elde edilmiştir. Bu değerlerin her biri literatürde sunulan değer aralıkları için de kalmaktadır.

DVR modelinden üretilen DDO değerini en iyi temsil eden lineer denklem de bu çalışmada araştırılmıştır. Davis vd. [9] tarafından bağımsız değişken olarak tarif edilen $\sqrt{(S_{oh})}$ bağıntısı kullanıldığında elde edilen denklemin (DDO=0,882-0,267 $\sqrt{(S_{oh})}$) korelasyon değeri 0,92 olarak bulunmuştur. Türetilen denklem Davis vd. [9] tarafından önerilen denkleme çok benzer çıkmış ve eğimin sıfır olması durumundaki sorun çözülememiştir. Ancak eğimin sıfır olmadığı küçük kanal taban eğimi değerleri için DVR ile deney verilerine yakın sonuçlar elde edebildiği vurgulanması gereken bir noktadır (bkz. Şekil 3).

4 SONUÇLAR

Kanal pürüzlülüğü ve kanal taban eğiminin bir fonksiyonu olarak elde edilen DDO, söz konusu kanaldan geçen debi hesabını mümkün hale getirmiştir. Literatürde konu ile ilgili pek çok araştırmacının yapıldığı ortaya konulmuş ve n ile So bağımsız değişken olarak alındığı iki lineer denklemin kullanılabilirliği yapay zekâ modellemesinden biri olan DVR ile tartışılmıştır. Araştırmacıların sunduğu deney ölçüm verilerini öğrenerek oluşturulan üç boyutlu yüzeyden türetilen 10 bin adet DDO değerleri, laboratuvar ölçüm değerleri, Davis vd. [9] ve Tiğrek vd. [32] tarafından önerilen denklemlerden elde edilen DDO değerleri ile kıyaslanmıştır. Konu kapsamında yapay zekâ modelleri ile çalışan araştırmacıların aksine bu çalışmada korelasyon değeri yüksek karmaşık denklem önerilme yoluna gidilmemiştir. Yapay zekâ öğrenmesi, kısıtlı veriler ile türetilmiş iki lineer denklemin başarısını ortaya çıkarmak için kullanılmıştır. Sonuçlar küçük eğimli kanallarda Tiğrek vd. [32] tarafından önerilen denklemin bu çalışmada kullanılan 353 deney ölçüm verisine daha yakın sonuçlar elde ettiğini göstermiştir. Davis vd. [9] tarafından önerilen denklem ise büyük eğimli kanallarda deney verilerini temsil etmede daha başarılı olmuştur. 353 deney ölçüm verisini DVR ile öğrenerek türetilen 10 bin adet veriyi en iyi temsil eden lineer denklem Davis vd. [9] tarafından otuz ölçüm verisi kullanılarak önerilen denkleme oldukça yakın elde edilmiştir. Sonuç olarak, literatürde n ve So kullanılarak türetilen iki lineer denklemin birbirlerine göre üstünlükleri olsa dahi, elde edilen sonuçlar

sayısal olarak kıyaslandığında fark oldukça düşüktür. Konu kapsamında farklı kesitlerde gerek laboratuvar gerekse teorik çalışmaların halen yapılmakta olduğu dikkate alınırca [1, 2, 3, 8], bu çalışmada ortaya konulduğu gibi kısıtlı deney verileri ile türetilen ampirik denklemlerin başarılarının yadsınamaz olduğu açıktır. Araziye ölçülecek debi değerleri ile de sağlama yapılabilmesi durumunda, bu basit ve maliyeti düşük ölçüm sisteminin yaygın olarak kullanımının yolu açılacaktır.

5 KAYNAKLAR


- [1] Abrari, E., Ergil, M., Beirami, M.K., "Solving trapezoidal free overfall by inserting a brink pressure effect into sharp-crested weir theory", J. Irrig. Drain. Eng., 144 (7), 04018013, 2018
- [2] Abrari E., Ergil M., Beirami M.K., "Flow measurement using free over-fall in generalized trapezoidal channels based on one velocity point method", Flow Meas. Instrum., 69, 101615, 2019
- [3] Afrin T., Kaye N.B., Khan A.A., Testik F.Y., "Numerical investigation of free overfall from a circular pipe flowing full upstream", J. Hydraul Eng., 143 (6), 04017004, 2017
- [4] Anderson M.V., "Non-uniform flow in front of a free overfall", Acta Polytechnic Scandinavia, 42, 1-24, 1967
- [5] Bertsekas D.P., Nonlinear Programming. Athena Scientific, Belmont, MA, 1995
- [6] Bhallamudi M.S., "End depth in trapezoidal and exponential channels", Journal of Hydraulic Research, 32(2), 219-232, 1994
- [7] Cristianini N., Shawe-Taylor J., An Introduction to Support Vector Machines: and other Kernel-Based Learning Methods, Cambridge University Press, New York, USA, 2000
- [8] Dai S., Ma Y., Jin S., "Application of fawer theory to end depth in trapezoidal sloping channel", J. Irrig. Drain. Eng., 145 (12), 2019
- [9] Davis A.C., Ellett B.G.S., Jacob R.P., "Flow measurements in sloping channels with rectangular free overfall", J. Hydraul Eng., 124 (7), 760-763, 1998
- [10] Delleur J.W., Dooge J.C., Gent K.W., "Influence of the slope and roughness on the free overfall", Journal of Hydraulic Division, 82(4), 30-35, 1956

- [11] Dumais S., Platt J., Heckerman D., Sahami M., Inductive Learning Algorithms and Representations for Text Categorization, 7th International Conference on Information and Knowledge Management, Bethesda-Maryland, 1998
- [12] Ferro V., "Theoretical end-depth-discharge relationship for free overfall", *J. Irrig. Drain. Eng.*, 125 (1), 40-44, 1999
- [13] Fırat C.E., Effect of roughness on flow measurements in sloping rectangular free overfall, Master Thesis, Middle East Technical University, Natural and Applied Sciences, Ankara, 2004
- [14] Gunn S. R., Support vector machines for classification and regression, Technical Report, Faculty of Engineering, Science and Mathematics, School of Electronics and Computer Science, University of Southampton, Southampton, UK., 1998
- [15] Guo Y., Zhang L., Shen Y., Zhang J., "Modeling study of free overfall in a rectangular channel with strip roughness", *J. Hydraul Eng.*, 134 (5), 664-667, 2008
- [16] Kirinčić V., Čeperić E., Vlahinić S., Lerga J., "Support vector machine state estimation", *Appl. Artif. Intell.*, 33 (6), 517–530, 2019
- [17] Kutlu İ., Scrutinizing rectangular free overfall, Master Thesis, Middle East Technical University, Natural and Applied Sciences, Ankara, 2005
- [18] Muhammed M.Y., Muhammed A.Y., İmam A.K., "Flow measurements in rough free overfall", *Turkish Journal of Hydraulic*, 2 (1), 8-12, 2019
- [19] Nabavi S.V., Beirami M.K., Flow Measurement at the Brink of Rectangular Channels, Proceedings of 9th Hydraulic Conference, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, 2010
- [20] Nabavi S.V., "Flow measurement in rectangular channels", *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 4 (1), 457-467, 2015
- [21] Nourali H., Osanloo M., "Mining capital cost estimation using support vector regression (SVR)", *Resources Policy*, 62, 527-540, 2019
- [22] Pal M., Goel A., "Estimation of discharge and end depth in trapezoidal channel by support vector machines", *Water Resour. Manage.*, 21, 1763-1780, 2007
- [23] Raikar R.V., Kumar D. N., Dey S., "End depth computation in inverted semicircular channels using ANNs", *Flow Meas. Instrum.*, 15, 285–293, 2004
- [24] Rajaratnam N., Muralidhar D., Beltaos S., "Roughness effects on rectangular free overfall", *Journal of Hydraulic Division*, 102 (5), 599-614, 1976
- [25] Rouse H., "Discharge characteristics of the free overfall", *Civil Engineering*, 6 (4), 257-260, 1936
- [26] Rouse H., "Discussion on "Energy loss at the base of free overfall by Moore W.L."", *Transactions of ASCE*, 108 (2204), 1383-1387, 1943
- [27] Rustam Z., Kintandani P., "Application of support vector regression in Indonesian stock price prediction with feature selection using particle swarm optimization", *Modelling and Simulation in Engineering*, 8962717, 2019
- [28] Sharifi S., Sterling M., Knight D.W., "Prediction of end-depth ratio in open channels using genetic programming", *J. Hydroinf.*, 13 (1), 36-48, 2010
- [29] Shubing D., Sheng J., "Hydraulics of free overfall in steeply sloping rough rectangular channel: A general computational approach", *Flow Meas. Instrum.*, 69, 101625, 2019
- [30] Sterling M., Sharifi S., Knight D.W., "The end depth ratio and principal component analysis", *Water Management*, 163 (8), 425-430, 2010
- [31] Swetapadma S., Mittal S.K., Choudhary M.K., "Brink depth at free overfall- A review", *International Journal of Engineering Research*, 3 (10), 594-601, 2014
- [32] Tiğrek Ş., Fırat C.E., Ger A.M., "Use of brink depth in discharge measurement", *J. Irrig. Drain. Eng.*, 134 (1), 89-95, 2008
- [33] Tiğrek Ş., Kumcu Y., Ger A.M., "Scrutinization of flow in the immediate vicinity of a brink in a tilting flume", *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 4(2), 213-220, 2017
- [34] Turan Ç., Experimental studies on free overfall, Master Thesis, Middle East Technical University, Natural and Applied Sciences, Ankara, 2002

[35]United States Department of the Interior Bureau of Reclamation. Water Measurement Manual. <https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/manuals/wmm/index.htm>. Yayın tarihi 2001. Erişim Tarihi Mayıs 2019

[36]Vapnik V. N., The Nature of Statistical Learning Theory. Heidelberg, DE. Springer Verlag,1995

MOGAN VE EYMİR GÖLLERİ HAVZASINDA (ANKARA) TARİHSEL KAYITLARA GÖRE KURAKLIK, AŞIRI SOĞUK VE TAŞKIN OLAYLARI

Ahmet APAYDIN 
Giresun Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 28200 Giresun
ahmet.apaydin@giresun.edu.tr

Faruk OCAKOĞLU 
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Meşelik Kampüsü, Eskişehir
focak@ogu.edu.tr

(Makalenin geliş tarihi: 26.08.2019, Makalenin kabul tarihi: 04.03.2021)

ÖZ

Başkent Ankara'nın 20 km güneyinde bulunan Mogan ve Eymir gölleri önemli birer rekreasyon alanı ve sucul ekosistem olmaları yanında kuraklık ve taşkın yönüyle de zaman zaman gündeme gelmektedirler. Çok soğuk kış günlerinde ise göller donmaktadır. Mogan ve Eymir Gölü'nün maksimum derinliği 2015-2018 yılları arasındaki ölçümlere göre sırasıyla 4,7 m ve 5,6 m'dir.

Yüzey ve yeraltı suyu akımıyla birbirine bağlı olan göllerin kurumaması ve taşkın kontrolü için 1957 yılında Eymir'in, 1974 yılında ise Mogan'ın önüne kapaklı regülatör inşa edilmiştir. Kurak dönemlerde kapaklar kapatılarak her iki gölden mansaba boşalım engellenmekte, böylece su seviyesinin düşmesi önlenmeye çalışılmaktadır. Yine de, uzun kurak dönemlerde su seviyesi buharlaşma-terleme nedeniyle kayda değer bir şekilde düşmekte, zaman zaman da yoğun yağışlar ve ani kar erimeleriyle taşkın olayları yaşanmaktadır. Örneğin son 50 yıl içinde 1974, 2007 ve 2017 yıllarında Mogan Gölü'nde su seviyesi belirgin bir şekilde düşmüş (ortalamadan 1 m düşük) ve göl küçülmüştür. Göllerde su seviyesi ve akım ölçümleri 1960 yılından itibaren başlamış, ancak zaman zaman kesintiye uğramıştır. O tarihten önce düzenli ölçüme rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, Mogan ve Eymir Gölü'nün regülatörlerle kontrol altına alınmadan önce, yani doğal koşullar altında kuraklık, taşkın ve aşırı soğuklardan nasıl etkilendiği Osmanlı ve Cumhuriyet Dönemi'ndeki tarihsel kayıtlar derlenerek araştırılmıştır. Tarihsel kayıtlar, Cumhuriyet Dönemi'ndeki aletsel verilerle birleştirilerek, önemli olaylar not edilmiştir. Anadolu'daki ekstrem iklim olaylarının sonuçlarına (kuraklık-kıtlık-açlık-göç-hastalıklar-ölümler vb.) ait Osmanlı arşiv kayıtları kabaca beş yüz yıl öncesine kadar gitmektedir. Ancak eski kayıtlara ait bilgiler çok geniş bir bölgeyi kapladığından veya genel ifadeler içerdiğinden değerlendirilmesi zordur. Mogan-Eymir Göllerinin bulunduğu Orta Anadolu Bölgesine veya Ankara-Konya bölgesine ait kayıtlar 1800'lerde netleşmeye başlamaktadır. Aletsel döneme karşılık gelen Cumhuriyet döneminde ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından işletilen Ankara Meteoroloji İstasyonu'nda 1926 yılından itibaren yağış, sıcaklık; 1961 yılından itibaren de buharlaşma ölçümleri yapılmaya başlanmıştır. Ayrıca bölgedeki taşkınlar DSİ arşivleri ve bazı araştırmacılar tarafından kaydedilmiştir.

Osmanlı resmi arşiv kayıtları, tarih araştırmacılarının yaptığı çalışmalar ve Cumhuriyet dönemindeki aletsel kayıtlara göre Mogan ve Eymir göllerinin bulunduğu bölgede son üç yüz yıl içinde belirgin kurak dönemler Osmanlı Döneminde 1757-1763, 1768, 1789, 1794, 1802, 1813, 1815, 1830,1845, 1873-1875, 1885-1887, 1894, 1897 ve 1909-1910 yıllarıdır. Cumhuriyet Döneminde Ankara Meteoroloji İstasyonu kayıtlarına göre yağışların çok düşük olduğu yıllar veya dönemler 1926-1929, 1932-1934, 1944-1945, 1950, 1956, 1977, 1992-1994, 2004, 2007-2008 yıllarıdır. Tarihsel kayıtlara göre Mogan Gölü son 110 yıl içinde 1910, 1934 ve 1938 yıllarında olmak üzere üç defa kurumuştur. Ayrıca, tarihsel kayıtlara göre çok şiddetli olan ve birçok olumsuz sonuçlar yaratan 1845 ve 1875-1887 kuraklığında göllerin kurumuş olma ihtimali çok yüksektir. Bütün bu bulgular, Mogan ve Eymir Gölü'nün yaklaşık 8

bin yıllık ömürleri boyunca defalarca kuruyup tekrar dolarak kendi ekosistemlerini yeniden oluşturduklarını göstermektedir.

Mogan ve Eymir Gölü'nde taşkın olaylarına ait güvenilir bilgiler ise son 70 yıla aittir. Buna göre 1951, 1957, 1960, 2011 ve 2012 yılı taşkınların gerçekleştiği yıllardır. Bundan sonraki süreçte iklim değişikliği ve küresel ısınmanın olası etkileri göz önüne alınarak, Mogan ve Eymir göllerinin bulunduğu havzada özellikle kuraklık ve kısmen taşkınların daha sık yaşanacağını ve göllerin kuraklıklardan daha fazla etkileneceğini söylemek mümkündür.

Anahtar Kelimeler: İklim, kuraklık, taşkın, Mogan ve Eymir gölleri, Ankara

DROUGHTS, SEVERE COLD AND FLOOD EVENTS IN THE MOGAN-EYMR LAKES BASIN ACCORDING TO THE HISTORICAL RECORDS

ABSTRACT

Mogan and Eymir lakes, which are located 20 km south of the capital Ankara, are important recreation areas and aquatic ecosystems as well as from time to time in terms of drought and flood. The lakes are frozen on very cold winter days. The maximum depth of Mogan and Eymir Lake is 4.7 m and 5.6 m, respectively, according to the measurements between 2015 and 2018.

Controllable regulators was built in front of Eymir in 1957 and Mogan in 1974, against drought and flooding. The lakes are connected with surface and groundwater flow. During dry periods, the regulators are closed to prevent downstream discharge from both lakes, thus preventing the water level from falling. Nevertheless, in long dry periods, the water level drops significantly due to evapo-transpiration, and occasionally flooding events occur after heavy rains and sudden snow melts. For example, in the last 50 years, in 1974, 2007 and 2017, the water level in Lake Mogan has decreased significantly (1 m lower than the average) and the lake has shrunk. Water level and flow measurements in lakes started from 1960 but were interrupted from time to time. Regular measurements have not been encountered.

In this study, how the Mogan and Eymir Lake were affected by the drought, flood and extreme cold before controlling by the regulators (under natural conditions), by using the historical records in the Ottoman and Republican Period.

Historical records were combined with instrumental data in the Republican Period, and important events were noted. Ottoman archive records of the consequences of extreme climate events in Anatolia (drought-famine-hunger-migration-diseases-deaths etc.) extend roughly five hundred years ago. However, it is difficult to evaluate since the information of the old records covers a very large area or contains general statements. The records of Central Anatolia Region or Ankara-Konya region where the Mogan-Eymir Lakes are located started to become clear in 1800s. In the Republican period, which corresponds to the instrumental period, at the Ankara Meteorology Station, operated by the General Directorate of Meteorology, has been monitoring the precipitation and temperature data since 1926 and evaporation data since 1961. In addition, floods in the region were recorded by DSI archives and some researchers.

According to Ottoman official archive records, studies made by history researchers and instrumental records in the Republican period, during the last three hundred years, notable dry periods in the region where the Mogan and Eymir lakes, are 1873-1875, 1885-1887, 1894, 1897 and 1909-1910. According to the Ankara Meteorological Gauging Station records during the Republican Period, the years or periods with low precipitation are 1926-1929, 1932-1934, 1944-1945, 1950, 1956, 1977, 1992-1994, 2004, 2007-2008. According to the historical data, the Mogan Lake has been dried three times in the last 110 years, in 1910, 1934 and 1938. Also, according to the historical data, it is very likely that the lakes were dried in the severe droughts of 1845 and 1875-1887. All these findings show that the Mogan and Eymir Lake have been reconstructed their ecosystems by drying and re-filling many times over their 8 thousand years of life.

Reliable information about flood events in Mogan and Eymir Lake belongs to the last 70 years. Accordingly, 1951, 1957, 1960, 2011 and 2012 are the notable years of floods. Considering the possible impacts of climate change and global warming, it is probable to say that droughts and floods will occur more frequently in the Mogan and Eymir lakes basin and the lakes will be affected more and more from the drought events.

Keywords: Climate, drought, flood, Mogan and Eymir lakes, Ankara

1 GİRİŞ

Bu çalışma 2015-2018 yılları arasında gerçekleştirilen 114Y557 numaralı "Mogan ve Eymir Göllerinin (Ankara) Paleoklimatolojik ve Kökensele İncelemesi" başlıklı TÜBİTAK projesi kapsamında derlenen ve analiz edilen tarihsel bilgileri içerir [Ocakoğlu vd. 2018]. Proje kapsamında Mogan ve Eymir göllerinin kökeni, oluşumlarından bu yana bölgenin iklimsel değişimi gibi önemli olaylar çoklu göstergelerle (göl çökellerinden alınan karot örneklerinde yapılan yaşlandırma ve izotop analizleri, göl ortamlarında yaşayan canlı kalıntılarının incelenmesi, polen analizleri vb.) araştırılmış, öte yandan da göllerin bulunduğu bölgede bugüne kadar kayda girmiş Osmanlı arşiv belgeleri, basılı kitap, makale ve diğer yazılı kaynaklar ile aletsel döneme karşılık gelen Cumhuriyet Döneminde gerçekleştirilen meteorolojik, hidrolojik ve klimatolojik kayıtlar incelenerek derlenmiştir.

Hidrolik olarak birbiriyle bağlantılı olan iki göl Türkiye'nin en kurak (yıllık yağışı düşük, birbirini izleyen yıllar arasında düzensiz, yaz sıcaklığı fazla, yazları su kütlelerinden ve topraktan buharlaşma fazla) bölgesi olan İç Anadolu'nun kuzey bölümünde yer almaktadır. Gerek meteorolojik kayıt tutulan Cumhuriyet Döneminde ve gerekse öncesinde, çoğunlukla kış ve bahar aylarında yağış azlığından, zaman zaman uzun yaz döneminde hiç yağış gerçekleşmemesinden, bazen de yağışların birkaç yıl boyunca üst üste yetersizliğinden ve yaz aylarında aşırı sıcaklardan kaynaklanan kuraklıklar yaşanmıştır. Bazı yıllarda ise sağanak yağışlar ve ani kar erimeleri nedeniyle sel ve taşkın olayları veya aşırı kış ve bahar soğukları meydana gelmiştir. Mogan ve Eymir gölleri Ankaralılar için önemli bir dinlenme-eglenme merkezi olması, sucul canlılar için uygun ekosistem oluşturması gibi özelliklerinin yanı sıra akış ağağındaki Ankara kenti için taşkın riski taşınması yönüyle de önem taşımaktadır. Bu nedenle, göllerin hem kuraklık, hem de taşkınlara karşı tepkisinin analiz edilmesi açısından tarihsel kayıtların değeri büyüktür.

Mogan ve Eymir göllerinin bulunduğu Ankara-Konya arasındaki bölgede son 500 yıllık Osmanlı ve devamında Cumhuriyet Dönemi kayıtları mercek altına alınmıştır. Osmanlı Döneminde iklimsel olaylar ve sonuçları arşivlere genel olarak kuraklık, kıtlık, aşırı soğuk ve sel olarak girmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, eski tarihlerde (1500-1850 arası) meteorolojik-hidrolojik veya kıtlık olaylarından kayda geçenlerin genel, yüzeysel, bölgesel ve çoğunlukla İstanbul-Edirne ve

Avrupa'da yaşananlar olduğu söylenebilir. Bu dönemde Orta Anadolu bölgesine atfı yapılan tarihsel kayıt bir elin parmaklarını geçmeyecek kadar azdır. Osmanlı arşivlerindeki kayıtların birçoğunda aşırı soğuk ve sıcak, kuraklık, sel gibi olaylarla birlikte toplumsal yaşam, göç, devletin aldığı önlemlerin türü ve büyüklüğü gibi önemli hususlara da yer verildiğinden, meteorolojik olayın boyutu ve yaygınlığı konusunda çoğunlukla güvenilir tahmin yapmayı zorlaştırmaktadır. Ayrıca özellikle eski ve yerel olayların gezginler veya yerel halk tarafından abartılması ve yerel olayların kayıtlara bölgeselmiş gibi geçirilmesi veyahut da kayda geçen olaydan daha şiddetli meteorolojik olayların kayıtlara geçmeyerek atlanmış olması, iklimsel olayların değerlendirmesindeki diğer güçlüklerdir. Osmanlı arşiv kayıtları 1860'lardan itibaren önceki dönemlere göre biraz daha netleşmekte ve yorumlanması kolaylaşmaktadır. Aletsel döneme karşılık gelen Cumhuriyet döneminde ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından işletilen Ankara Meteoroloji İstasyonu'nda 1926 yılından itibaren yağış, sıcaklık; 1961 yılından itibaren buharlaşma ölçümleri yapılmaya başlanmıştır. Mogan-Eymir havzasında bulunan Elmadağ kayak evi, Gölbaşı, Tepeyurt, İkizce, AÜ Ziraat Fakültesi gibi istasyonlarda ise kısa süreli (birkaç yıldan 5-10 yıla kadar) aylık yağış ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. 1959 yılından itibaren Mogan ve Eymir göllerinde seviye ölçümlerine başlanmış, bazı kesikliklerle birlikte halen devam etmektedir. Ayrıca, bazı yıllar proje kapsamında göllere giriş ve göllerden çıkış akımları ölçülerek kaydedilmiştir. Bunlara ek olarak bölgedeki taşkınlar DSİ arşivlerinden ve [DSİ, 1994]'den araştırılarak kaydedilmiştir. Bütün verilerin birlikte değerlendirilmesi ile aşırı kurak, soğuk ve taşkın olayları belirlenerek sonuçları irdelenmiştir.

2 MOGAN VE EYMİR GÖLLERİ

2.1 Göllerin Oluşumu

Mogan ve Eymir gölleri alüvyon set gölleridir. Ocakoğlu vd. [2018]'e göre günümüzden yaklaşık 8 bin yıl kadar önce kuzeye doğru akan bir ana akarsuyun yan kolların getirdiği malzeme ile boğulması sonucunda oluşmuşlardır. Göl çökellerinden alınan sediman örneklerde yapılan yaşlandırma çalışmalarına göre önce Mogan Gölü; 600 yıl sonra da Eymir Gölü oluşmuştur. Bugünkü Gölbaşı ilçesinin içinden geçerek göle ulaşan Sukesen deresi, getirdiği sedimanlarla o zamanki akarsuyun önünü tıkayarak arkasında Mogan Gölü'nü oluşturmuştur. Benzer olay, Mogan gölünden sonra menderesli bir şekilde akmaya devam eden akarsuyun başına bir kez

daha gelmiş, Mogan'dan 6 km aşağıda bu defa Alicin Deresi'nin sediman tıkamasıyla Eymir Gölü meydana getirmiştir. Göllerin oluşumundan sonra her iki göl arasında hidrolik bağlantı günümüze kadar devam etmiştir. Yağışlı dönemlerde Mogan Gölü'nde su seviyesi yükselip gölün taşmasından sonra alüvyon setini geçen su, mansaptaki Eymir Gölü'ne akmakta; çok kurak dönemlerde ise iki göl arasında yüzey suyu bağlantısı kesilmektedir [ODTÜ, 1995; DSİ, 2007].

2.2 Göllerin Boyutları, Beslenme ve Boşalımı

Mogan ve Eymir Gölleri Ankara'nın 20 km güneyinde, Gölbaşı ilçesi sınırları içindedir (Şekil 1). Aralarında yaklaşık 2.5 km mesafe bulunan Mogan Gölü ile mansaptaki Eymir Gölü arasında hidrolik bağlantı bulunmakta ve Mogan gölü Eymir Gölü'nü beslemektedir. Mogan Gölü'nün beslenme havzası 925 km² dir. Eymir Gölü (eski adı Emir Gölü) hem Mogan Gölü'nden, hem de 46 km² alan kaplayan kendi yağış havzasından beslenmektedir. Mogan Gölü'nün yüzeyden boşalımı bir kanal vasıtası ile Eymir Gölü'nedir. Eymir Gölü'nün boşalımı ise İmrahor vadisi boyunca Ankara'ya doğru akan İncesu Deresi'nedir. Doğal halde iki göl arasında ortalama 3 m kot farkı bulunmakta iken, 1974 yılında faaliyete geçen Mogan Gölü regülatörü ile gölün mansap tarafına inşa edilen sedde nedeniyle Mogan Gölü su seviyesi yükseltilmiştir. Daha önce 1956 yılında Eymir Gölü mansabına bir regülatör inşa edilmişti (Şekil 2). Günümüzde iki göl arasında 4 m kot farkı bulunmaktadır [ODTÜ, 1995; DSİ, 2007].

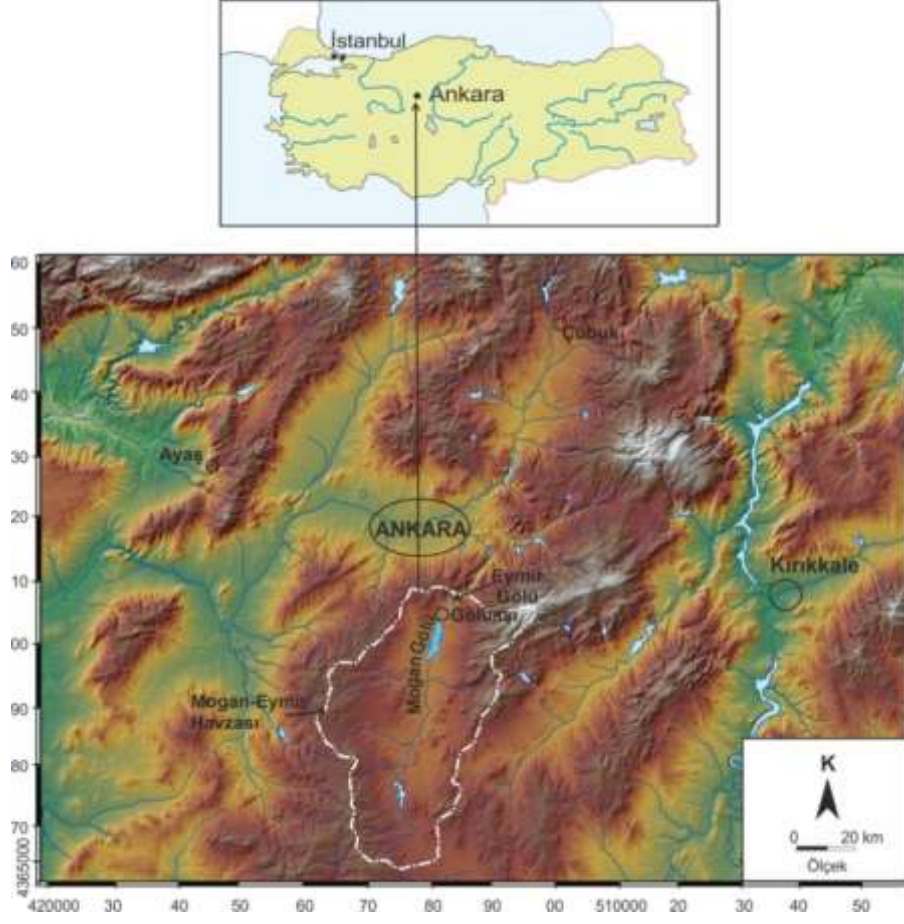
Mogan Gölü yaklaşık kuzey-güney doğrultusunda uzanır ve gölün boyu 5 km, ortalama genişliği doğu-batı doğrultusunda 1 km'dir. Gölün ortalama yüzey alanı 6-6,5 km², çevresi 14 km'dir. Eymir Gölü 4 km uzunlukta ve en geniş yerinde 450 m enindedir. Eymir Gölü'nün alanı 1,25 km², uzunluğu 4,2 km'dir. Göl çevresi ise 9 km'dir. Mogan Gölü'nde derinlik ölçümüne ait erişilebilen ilk kayıt olan 1960 yılındaki ölçüme göre maksimum derinlik 5-6 m'dir [ÇŞB, 2014]. Günümüzde ise maksimum derinlik 5 m'yi geçmemektedir. 2015 yılında yapılan batimetri çalışmalarında [NFB, 2015] maksimum derinlik 5,0 m ölçülmüştür.

Proje kapsamında yapılan göl suyu kimyası çalışmaları sırasında örnekleme noktalarında yapılan ölçümlerde derinlik 2 m ile 4,7 m arasında kaydedilmiştir. Eymir Gölü'nde yapılan göl suyu kimyası çalışmaları sırasında örnekleme noktalarında yapılan ölçümlerde

derinlik 3,5 m ile 5,6 m arasında kaydedilmiştir [Ocakoğlu vd., 2018].

Mogan Gölü büyük oranda göle değişik yönlerden ulaşan akarsularla beslenmektedir. Gölü besleyen derelerin en önemlileri, havzanın doğu, güney ve batı kesimlerinde yer alan Sukesen, Başpınar, Gölova (Çölova), Yavrucak, Çolakpınar, Tatlım, Kaldırım ve Gölcük dereleridir. Eski çalışmalara göre [ODTÜ, 1995; DSİ 2007; OSİB, 2014] Mogan Gölü'ne yeraltı suyu beslenmesi oldukça düşüktür (toplam beslenimin %5'i). Mombadaki Mogan Gölü'nün boşalımı önce Eymir Gölü'ne ve oradan da İncesu Deresi'nedir. Eymir Gölü büyük oranda mombadaki Mogan Gölü'nden ve kısmen de kendi yağış havzası içindeki birkaç küçük dereden beslenmektedir. Mogan Gölü'nden Eymir Gölü'ne hem yüzeysel akış, hem de yeraltı suyu akışı gerçekleşmektedir [ODTÜ, 1995; DSİ, 2007; Yağbasan, 2007].

Mogan ve Eymir gölleri doğal yaban hayatı ve rekreasyon yönüyle değerli olmasının yanında akış aşağısında bulunan Ankara metropolü için taşkın kontrolü yönünden de özel bir öneme sahiptir. Mogan ve Eymir gölleri havzasında ani ve aşırı yağışlar veya ani kar erimeleri nedeniyle Ankara'yı tehdit eden ve tarihsel süreçte insan ölümleriyle sonuçlanan taşkınlara karşı göllerin yönetimi belirleyici rol oynamaktadır. Bu yüzden gölde canlı hayatının devam etmesi için su seviyesinin belirli bir seviyenin altına düşmemesi, taşkın riski içinse çok fazla yükselmemesi istenmektedir. Mogan Gölü'nde su seviyesi regülatör eşik kotu (minimum boşalım kotu) 971 kotuna indiğinde, gölün en derin yerinde su sütunu ancak 190 cm olmaktadır. Gölde su seviyesi arzu edilen maksimum seviyeye (973.25 m) ulaştığında derinlik 415 cm olmaktadır. Göl kıyısındaki yolların ve tesislerin su altında kalmaması için gölde su seviyesinin 973,25 kotunun üzerine çıkarılmaması gerekmekte, göldeki canlı yaşamının korunması için de 972,5 kotunun altına indirilmemesi tercih edilmektedir. Eymir Gölü'nde de benzer bir durum söz konusudur. Regülatör eşik kotu 967 m, tercih edilen ideal işletme kotu 968,5 m, güvenli maksimum kot ise 969,5 m'dir. Göllerde su seviyesinin arzu edilen düzeyde tutulabilmesi için Mogan ve Eymir gölleri önünde birer kapaklı regülatör bulunmakta ve kurak yıllarda göllerde su seviyesini belirli bir kotta muhafaza edebilmek amacıyla regülatör kapakları kapatılarak göl bir anlamda kapalı havza konumuna getirilerek korumaya alınmaktadır. Yağışlarla göllere su akışı gerçekleştiğinde kapaklar yine kontrollü olarak açılmaktadır.



Şekil 1- Mogan ve Eymir göllerinin bulduru haritası



Şekil 2- Mogan Gölünün boşalmasını kontrol eden regülâtör (a) ve devamındaki kanal (b), Eymir Gölünün boşalmasını kontrol eden regülâtör (c, d)

2.3 Havza Özellikleri

Mogan-Eymir Havzası güneybatı-kuzeydoğu uzanımlı bir havzadır. Havza, Türkiye'nin ana yüzey suyu havzalarından Sakarya havzasının membaındadır. Mogan-Eymir havzası Ankara Çayı havzasının güneydoğu ucundadır. Havzanın ortalama kotu 1090 m civarındadır. Mogan Gölü ve Çevresi 7.12.1985 tarihinde Turizm Bölgesi, Mogan ve Eymir gölleri çevresi 21.11.1990 tarih ve 20702 sayılı Resmi Gazete ilanı ile "Gölbaşı Özel Çevre Koruma Bölgesi" olarak ilan edilmiştir. Özel Çevre Koruma bölgesinde en büyük yerleşim Gölbaşı ilçe merkezi olup, toplam 28 yerleşim birimini içerir. Göllerin havzasındaki nüfus artışı ve yapılaşma göllerin hidrolojisini doğrudan etkilemektedir [EİEİ, 2005].

Mogan ve Eymir gölleri havzasında yerleşim birimleri ve ana yol güzergahları haricinde tarım yapılmaktadır. Gölet sulama alanları ve kuyular vasıtasıyla yapılan yerel sulamaların haricinde büyük oranda kuru tarım yapılmakta ve daha çok hububat (arpa, buğday) ekimi yapılmaktadır. Bazı ekilebilir araziler boştur ya da nadasa bırakılmaktadır. Ekili arazilerde çoktan aza doğru buğday, arpa, ayçiçeği, sebze- meyve, nohut, kuru fasulye, korunga, fiğ, mercimek, yonca, yulaf, çavdar ve mısır üretilmektedir [Küçükaya ve Özçelik, 2014]. Mogan gölü havzasının bitki örtüsü yerel ve seyrek ormanların haricinde otsu topluluklardan oluşur. Sarp kayalık bölgeler tamamen çıplaktır. Havzada step bitkilerinin yanı sıra çalı, ağaççık, ağaç formundaki bitkiler taban arazilerinde ve vadi içlerinde şerit halinde yer almaktadır. Yerleşim birimlerinde ve müstakil konutların bahçelerinde meyve bahçeleri ile iğne yapraklı ağaçlar da bulunmaktadır. Eymir Gölü havzasının memba tarafında (Mogan Gölü tarafı) Gölbaşı kenti ve Sanayi Sitesi bulunmaktadır. Eymir Gölü'nün yakın çevresi ise ağaçlık veya ormanlıktır (Şekil 3).

Mogan Gölü ve Çevresi 7.12.1985 tarihinde Turizm Bölgesi, Mogan ve Eymir Gölleri çevresi 21.11.1990 tarih ve 20702 sayılı Resmi Gazete ilanı ile "Gölbaşı Özel Çevre Koruma Bölgesi" olarak ilan edilmiştir [ÖÇK, 2014; Ocakoğlu vd. 2018].

2.4 İklim Özellikleri

Mogan ve Eymir gölleri havzasında İç Anadolu Bölgesi'ne özgü karasal iklim egemendir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır (Çizelge 1). Yaz-kış ve gece-gündüz sıcaklık farklı belirgindir. Örneğin Temmuz ayında gündüz maksimum sıcaklık (30-35 oC arası) en düşük gece sıcaklığının (15-16 oC) iki katına çıkar. Kışlar ise epeyce soğuktur. Kış aylarında

minimum sıcaklık sıfırın altındadır. Gündüz ise 5 - 6 oC'nin üzerine ender olarak çıkar. Havzanın yağış karakteri değişik özellikler gösterir. İç Anadolu'da ilkbahar ve yaz başlarında görülen yağışlar çoğunlukla konveksiyonel yağışlardır. Bu yağışlar halk arasında kırkikindi yağışları olarak bilinir. Aralık-Mart arasında genellikle kar yağışı görülür; ancak Akdeniz kökenli ılıman ve nemli hava akımları nedeniyle zaman zaman yağmur şeklinde de gerçekleşir. Havzada kış aylarında haftalar süren aşırı soğuk ve ayaz karakteristik özelliklerdendir. Aşırı soğuk geçen bazı yıllarda kışın belirli bir süre Mogan ve Eymir gölleri donmaktadır. Havzada zaman zaman kısa süreli de olsa toprağın da donduğu gözlenmektedir. Meteorolojik kayıtlara göre havzada en fazla yağış Mayıs, en az yağış Ağustos ayına aittir. Yıllık yağışın yaklaşık üçte ikisi Kış ve ilbaharda (Aralık-Mayıs döneminde) gerçekleşmektedir. Havzada en sıcak ay Temmuz, en soğuk ay ise Ocak'tır. Ocak ayı sıcaklık ortalaması çoğunlukla sıfırın altındadır (0 ile -4 oC arasında). Temmuz ayı ortalama sıcaklığı ise 21-25 oC arasında değişmektedir. Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları epeyce kurak geçmektedir. Öyle ki yağışlı gün sayıları önceki ve sonraki ayın yarısından daha az olup, bu üç aydaki toplam yağış yıllık yağışın ancak %9'udur. (EİEİ, 2005; DMİ 2018).

İklimbilim yönüyle bakıldığında Mogan ve Eymir göllerinin bulunduğu bölgede Köppen sınıflamasına göre "Soğuk step iklimi ya da soğuk yarı kurak iklim" egemendir. Köppen iklim sınıflaması aylık ve yıllık sıcaklıklar, yıllık yağış miktarı, yağışın yıl içindeki dağılışı ve yağış ile sıcaklığın doğal bitki örtüsü ile olan ilişkilerine dayanmaktadır (iklimsube@mgm.gov.tr). Bölge Aydeniz sınıflamasına (ki bu yağış, sıcaklık, nispi nem, ve güneşlenme süresini dikkate alır) göre "Kurak" [DMİ 1988], Erinç sınıflamasına göre (yağış miktarını ortalama maksimum sıcaklığa oranlayan bir yöntemdir) "Yarı nemli" [Erinç 1957, 1984], De Martonne sınıflamasına (yıllık ortalama yağış ve sıcaklığın yanında, Temmuz ve Ocak ayı sıcaklık ve yağış ortalamaları arasındaki ilişkiyi dikkate alır) göre "Step-nemli arası" [DMİ 1972], Trewartha sınıflamasına (vegetasyon bölgelerine yakınlığı da dikkate alır) göre "Kışları soğuk, yazları sıcak" sınıfına girmektedir. Thornthwaite sınıflamasına göre ise "Yarı kurak, mezotermal" iklim tipi [Thornthwaite 1948] hüküm sürmektedir. Yukarıdaki sınıflamalarda dikkate alınan en belirgin parametre olan yıllık yağış miktarı dikkate alındığında (Şekil 4) Mogan-Eymir havzası Türkiye'nin en kurak bölgesi olan Konya Kapalı Havzası (Tuz Gölü Havzası) ile sınırdır.



Şekil 3- Mogan ve Eymir Göllerinden bazı görüntüler: Mogan Gölü (üst), Eymir Gölü (orta), Mogan (alt sol) ve Eymir Gölü yüzeyinin (alt sağ) 2016 Aralık ayında donmuş hali (Foto:Ahmet Apaydın)



Şekil 4- Mogan-Eymir Havzası'nın Türkiye yağış haritasındaki konumu (www.dmi.gov.tr'den revize)

Çizelge 1- Gölbaşı bölgesi yağış-sıcaklık değerleri [EİEİ, 2005; DMİ, 2018]

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	May.	Haz.	Tem.	Ağ.	Eylül	Eki.	Kas.	Ara.
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1960 – 2012)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	0,3	1,8	6,1	11,3	16,1	20,2	23,5	23,3	18,7	13,1	7,1	2,7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4,3	6,4	11,7	17,2	22,2	26,6	30,2	30,2	26,0	19,9	12,8	6,6
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-3,0	-2,2	1,0	5,7	9,7	13,0	16,0	16,0	11,9	7,4	2,5	-0,6
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2,5	3,5	5,2	6,3	8,4	10,2	11,3	10,6	9,2	6,4	4,4	2,3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11,7	11,0	10,9	12,0	12,5	8,6	3,8	2,8	3,8	7,1	8,6	11,8
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	41,8	36,9	38,7	49,0	51,2	35,4	14,5	10,9	18,5	30,2	33,9	46,9
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1960 – 2012)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	16,6	19,9	26,4	30,6	33,0	37,0	41,0	40,4	36,0	32,2	24,4	19,8
En Düşük Sıcaklık (°C)	-21,2	-21,5	-19,2	-6,7	-1,6	4,7	6,8	6,3	2,5	-3,4	-10,5	-17,2

3 OSMANLI ARŞİV KAYITLARINA GÖRE ORTA ANADOLU'DA İKLİM OLAYLARI

Osmanlı arşivlerinde bulunan kayıtlara göre en belirgin iklim olayları “kuraklık” ve “aşırı soğuktur”. Her ikisinin toplum üzerindeki etkisi “kıtık” olarak tanımlanmıştır. Ancak kıtlık olayında kuraklığın etkisi çoğunlukla daha baskın olmuştur. Çünkü o dönemde ekonomisi daha çok tarım ürünlerine dayanan ülkenin bazı bölgelerinde, kuraklık (yağış azlığı ve aşırı

sıcaklar) ekonominin sarsılmasına, çiftçinin büyük sıkıntılar çekmesine neden olmuştur.

Osmanlı Döneminde Anadolu'daki kuraklıkla ilgili erişilebilen ilk bilgi 1494-1503 yılları arasında kuraklık ve veba salgınına sahne oluşudur [Akdağ, 2019]. Kayıtlarda kuraklıkla ilgili ayrıntılı bilgi bulunmamakta, ancak devamında onlarca yıl süren veba salgınının sadece kırsal kesimi değil, İstanbul'u bile vurduğu ifade edilmektedir. Osmanlı döneminde

kuraklık ve kıtlık olayları ile ilgili erişilebilen kapsamlı çalışmalardan biri Karademir [2014] tarafından kaleme alınan "İmparatorluğun Açlıkla İmtihani: Osmanlı Toplumunda Kıtlıklar (1560-1660)" adlı kitaptır. Bu kitapta Osmanlı Devleti'nin hüküm sürdüğü bölgelerde 1560-1660 yılları arasındaki yüz yıllık dönemde değişik nedenlere dayanan kıtlıklara yer verilmektedir. Yaşanan kıtlıkların nedenlerinden biri olarak kuraklığa işaret edilen bu çalışmada, o dönemde Anadolu'da, Balkanlarda ve Mısır'da kuraklıklar yaşandığı ve kuraklıkların sosyal yaşamı derinden sarsan kıtlıkla sonuçlandığı belirtilmektedir. Kıtlığın ikinci meteorolojik nedeni ise aşırı soğuklardır. Söz konusu çalışmada, kuraklıkların geçim sıkıntısına neden olması için yıllarca sürmesinin gerekmediği, sadece birkaç ay yağmur yağmamasının dahi darlığa (iaşe yetersizliği) ve hatta kıtlığa (hastalık ve ölümlerle sonuçlanan aşırı yokluk) neden olabileceği ifade edilmektedir. O dönemlerde özellikle karasal iklimin yaşandığı bölgelerde kış ve bahar aylarındaki yağışların yetersiz oluşu sorunlu bir yazın habercisi olarak değerlendiriliyordu.

Kuraklığın en belirgin sonucu, sulu tarımın yapılamaması ile sebze-meyve üretimin azlığı, özellikle de kuru tarım yapılan, ekim zamanından itibaren yeterli ve dengeli yağış alması gereken buğday rekoltesinin düşüklüğü olmuştur. Bunun sonucunda hububat ve ekmek kıtlığı yaşanmıştır. Söz konusu kitapta 1585 yılında Edirne bölgesinde yaşanan bir kuraklığa değinilerek, su yetersizliğinden değirmenlerin çalıştırılmadığı ve şehirde un sıkıntısı yaşandığı belirtilmektedir.

Karademir [2014] çalışmasında yukarıda ifade edilen İstanbul ve Edirne civarındaki kuraklığın haricinde Orta Anadolu'da yaşanmış herhangi bir kuraklık veya kıtlık olayına değinilmemektedir. Söz konusu çalışmada, Anadolu'nun da içinde bulunduğu bölgede (Avrupa merkez olmak üzere) ağırlıklı olarak 1550-1700 yılları arasında yaşanan aşırı soğuk sürecin Küçük Buzul Çağı'nın bir parçası olarak kabul edildiğine dikkat çekilerek o dönemde sıcaklığın eski dönemlere göre rekor seviyede düşük seyrettiği, 1580'ler ile 1610'ların ise aşırı soğukların en keskin yaşandığı yıllar olduğu hatırlatılmaktadır. Yine, 1500-2000 yılları arasındaki beş asırlık dönemin verilerini inceleyen araştırmacılara göre tüm Avrupa için en soğuk kışlar 16. Yüzyılın sonlarında yaşanmıştır [Lutherbacher et. al 2004]. Başka bir değerlendirmeye göre [Landsberg, 1980] 1570-1600 arasında sonbahar ve yaz ayları bir önceki elli yıldan daha serin geçmiş, üstelik bu sert dönem 1630'lara kadar sürmüştür. Yine, kuzey

yarımkürede 1579-1880 dönemi incelendiğinde 1600-1615 arasında soğuk bir dönemin yaşandığı anlaşılmaktadır [Pfister, 1980]. Osmanlı'nın hüküm sürdüğü Akdeniz havzası ve diğer bölgelerin kuzey yarımküredeki bu soğuktan nasibini aldığı ifade edilmektedir [Karademir, 2014]. Osmanlı'da aşırı soğuk kışların yaşandığı dönemlerde de kıtlıkların yaşandığına dair arşiv kayıtları bulunmaktadır. Yine Karademir [2014]'e göre 1585'de Kastamonu'da, 1586'da İzmir'de, 1588'de Kars bölgesinde, 1595'de İstanbul'da, 1607-1608 yıllarında Muş-Halep arasında çok aşırı soğukların yaşandığı, 1621 yılında ise aşırı soğuklardan İzmit Körfezinin donduğu ifade edilmektedir. Parker [2008]'e göre ise Haliç ve İstanbul Boğazı 1620 ve 1621'de kurumuştur.

Orta Anadolu'da veya yakın civarında 1757, 1759, 1761, 1763, 1768, 1789, 1794, 1802, 1813, 1815, 1830, 1834, 1840, 1849, 1852, 1861, 1870 yılları kurak yıllar olarak bilinmektedir (www.sabah.com.tr/yasam/2013). Berkmen [1948] ve Altındaş [2018] ise arşiv kayıtlarına göre Anadolu'da 1845, 1874-1875, 1887 ve 1894-1895 yıllarının kurak olduğuna dikkat çekmektedir. Onlara göre bu tür iklim şartlarının etkisi en çok İç Anadolu'da görülmüştür. Konya ve Ankara'da 1845'de ve 1874-1875'de yaşanan kuraklık Adana'da da etkili olmuştur [Erlar, 2010]. Orta Anadolu'da kuraklık ve kıtlık o kadar etkili olmuştur ki, masallara ve destanlara girerek herkes kuraklık ve kıtlığın ne olduğunu bilir hale gelmiştir [Uyanık ve Sarı 2011]. 1845 kuraklığı Orta Anadolu'da çok şiddetli ve yıkıcı olmuştur. 1844 yılı kış aylarında yağışların azlığı nedeniyle etkisini 1845 yılında göstermiş-tir [Berkmen, 1948; Kılıç, 2002]. Kuraklık, 1839 yılında ilk belirtilerini göstermiştir. Bu durum karşısında Ankara yerel idaresi tarafından hükümet depolarında bulunan hububat halka dağıtılmıştır. Yerel idare böylelikle hububattaki fiyat artışını durdur-mak istemiştir. Osmanlı'nın birçok bölgesinde etkisini hissettiren kuraklık özellikle İç Anadolu Bölgesi'nde yıkıcı sonuçların yaşanmasına neden olmuştu. Kuraklığın etkisi İstanbul, Kastamonu, Sivas, Diyarbakır, Bursa, Adana, Konya ve Ankara'da görülmüştür. Bu bölgelerde yağışın azlığı nedeniyle tarım alanlarından hububat elde edilemeye-cek boyuta gelmişti. Ankara, Konya ve yakın çevrelerinin kuraklıktan etkilendikleri bölge idarecilerinin merkeze göndermiş oldukları yazılardan anlaşılmaktadır. 1845 yılında yaşanan kuraklığın 1846 yılında şiddeti daha da artmış, açlık ve salgın hastalıklar nedeniyle ölümler gözlenmeye başlamıştır. Ölen insan sayısı tam olarak bilinmemekle birlikte

İngiliz Konsoloslugu kayıtlarında 6000 Müslümanın öldüğü belirtilmektedir [Erlar, 1997] Ayrıca, kuraklık nedeniyle Ankara'da suların çekildiği ifade edilmektedir. Ankara'da su kıtlığına çare olması için günümüzde adı Bent Deresi olarak bilinen yerde, Hatip çayı üzerinde bent inşa edilerek arkasında su depolanması 1845 yılındaki kuraklığın sonucunda gerçekleştirilmiştir. Yaşanan açlık nedeni ile Ankara ve çevresinde hem insan hem de hayvan ölümleri yaşanmıştır. Zorlaşan yaşam şartları nedeniyle Ankara'nın kuraklıktan etkilenen sanıacak ve kazalarından vilayet merkezine göç hareketi yaşanmıştır [Altındaş, 2018]. Bu kuraklıkla ilgili olarak Beypazarı Müzesi'nde, yöre tarihinin anlatıldığı bölümde "1846'da Ankara Çayı ve Kirmir Ovası'ndaki bütün sular kurumuş ve salgın hastalıklar baş göstermiştir. Bu felakette birçok insan ve hayvan hayatını kaybetmiştir" ibaresi bulunmaktadır. Ankara Çayı'nın kuruması demek, onu besleyen Mogan ve Eymir Göllerinin de büyük ihtimalle kuruması anlamına gelmektedir.

1800'lü yıllarda yaşanan kuraklıklar içerisinde etkili olanı 1873-1875 yıllarında meydana gelmiştir. 1873 yazı Orta Anadolu'da kurak geçince, o yıl az mahsul toplanabilmiştir. Buna karşılık, sonbahar aşırı yağışlı, kış ise bütün ülkede fevkalade sert geçmiştir. İstanbul'da bile Haliç'i buzlar kaplamıştı. Orta Anadolu'da yoğun kar ve don yüzünden yollar aylarca kapalı, yüzlerce köy ise mahsur kalmış, hatta bazen kar kalınlığı telgraf direklerinin boyuna ulaşınca haberleşme imkânları da kesilmiştir [Kuneralp, 1990]. 1874-1875 kuraklık ve soğuklarının neden olduğu kıtlıkta Ankara ve Konya vilayetlerinde insanlar açlıktan ölmeye başlamış, zayıf bünyeler nedeniyle salgın hastalıklar da artış gözlenmiştir. Hatta Ankara'da kıtlık nedeniyle ebeveynlerini kaybeden çocuklar, sokaklarda perişan halde dolaşmıştır Daha sonra çocuklar ıslahhanelere sevk edilmiş, bu da yeterli olmayınca Devlet desteğiyle başka aileler tarafından bakım ve korumaya alınmıştır. [Erlar, 2010].

Ankara'da 1873-1875 yılları arasında yaşanan kuraklığın etkisiyle su sıkıntısı ortaya çıkmış, dolayısıyla değirmenler çalıştırılmamıştır Bu durum da un ve ekmek fiyatlarının yükselmesine neden olmuştur [Erlar, 2010].

1874-1875 yıllarında Ankara-Konya-Adana ve civarında yaşanan kuraklığın olumsuz etkileri giderilmeden 10 yıl sonra 1885-1886 yıllarında Ankara, Konya ve Adana illerinde yeni bir kuraklık yaşanmıştır [Sarıköse, 2013]. 1886 yılı sonbahar mevsiminde yağışın az olması nedeniyle halk güz dönemindeki tohumları ekememişti. Kış mevsiminde de kar yağışlarının

yetersiz olması ve Mayıs ayına kadar kurak giden hava koşulları nedeniyle 1887 yılı kuraklığı kendini hissettirmeye başlamıştı. Ankara vilayeti, yaşanan kıtlık dönemlerini tam atlatamamışken 1887 yılında yaşanan kuraklıkta halk oldukça zor durumda kalmıştı. Tarım ile geçinen birçok aile ihtiyaçlarını karşılayabilmek için hayvanlarını satmak zorunda kalmışlardı [Altındaş, 2018].

1873-1887 yılları arasında kuraklığın etkisiyle Ankara başta olmak üzere İç Anadolu'da yaşanan kıtlığın olumsuz etkileri resmi yazışmalardan anlaşılmaktadır. İç Anadolu'da meydana gelen bu kıtlık nedeniyle mevcut ambarlar halk tarafından yağmalanmaya başlanmış ve bu durum devleti askeri noktada bazı tedbirler alma yoluna itmiştir. Devlet Ankara dolaylarında baş gösteren kıtlıkta halkın ihtiyaçlarını gidermek için civar vilayetlerden zahire nakliyesi yapılmasına karar vermiştir [Aybar, 2017]. Kuraklık nedeniyle güçleşen yaşam şartları halkı göçe zorlamıştır. Kıtlığın ilk önce köyleri etkilediği ve kırsal kesimde bulunan insanları, şehir ve kasaba merkezlerine doğru göç etmeye mecbur bıraktığı belirlenmiştir. Göç eden halkın, gittikleri yerlerdeki sınırlı gıda ortamını tüketerek açlığın yayılma alanını arttıracığı ve güvenliği zedeleyeceği endişesiyle hükümetin, kuraklık sahasındaki göçü tasvip etmediği anlaşılmaktadır [Erlar, 2012].

1874 yılında başlayan ve Ankara-Konya bölgesi başta olmak üzere bütün Anadolu coğrafyasında gözlenen kuraklığın etkisi çok büyük olmuştur [Erlar; 1997]. Ankara'da bulunan İngiliz konsoloslugu raporuna göre, söz konusu kuraklık nedeniyle Ankara ve çevresinde yaklaşık 20 bin kişi yaşamını yitirmiştir [Ceylan vd. 2009]. Erinç [1957]'e göre bütün Anadolu'da kıtlık ve salgın hastalıklar gibi dolaylı etkileri nedeniyle toplam vaka 200 bin kişidir.

Bu yıllardan sonra 1890 ve 1909 kurak yıllar olarak kayda geçmiştir [www.sabah.com.tr/yasam/2013]. Ankara'da meteorolojik ölçümlere göre 1894-1902 yılları arası kuraktır ve yıllık ortalama yağış 235 mm'dir [Calvi, 1936].

DSİ arşiv kayıtlarında Mogan gölünün 1910 yılında kurduğu bilgisi yer almaktadır. Ancak bu bilgi yerel halktan alınmış olup, başka bir kaynaktan doğrulanmamıştır. Buna karşın Calvi (1936)'ya göre Mogan Gölü su seviyesi bu zamanlarda yüksektir. Bu iki bilgi ilk bakışta çelişkili görünse de, 1909 yılında yaşanan kuraklıkta göllerin kurumuş olabileceği, ancak kurak dönem ardından gerçekleşen yoğun yağışlarla hızla dolup birleşmiş olabileceği mümkün görünmektedir. Bazı kayıtlarda [ÇŞB, 2014] 1900'lü yılların başında Mogan Gölü'nün Gölbaşı yerleşimi de dahil olmak üzere bugünkü

bütün bataklık alanları kapladığı ifade edilmektedir. Ancak bunun ne zaman gerçekleştiği belirtilmemektedir.

4 CUMHURİYET DÖNEMİ KAYITLARININ ANALİZİ

Cumhuriyet döneminde Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından işletilen Ankara Meteoroloji İstasyonu'nda 1926 yılından itibaren yağış, sıcaklık; 1961 yılından itibaren buharlaşma ölçümleri yapılmaya başlanmıştır. Mogan-Eymir havzasında bulunan Elmadağ kayak evi, Gölbaşı, Tepeyurt, İkizce, AÜ Ziraat Fakültesi gibi istasyonlarında ise kısa süreli (birkaç yıldan 5-10 yıla kadar) olarak aylık yağış ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır [EİEİ, 2005]. 1959 yılından itibaren Mogan ve Eymir göllerinde seviye ölçümlerine başlanmış, bazı kesikliklerle birlikte bu faaliyet halen devam etmektedir. Ayrıca, bazı yıllar proje kapsamında göllere giriş ve göllerden çıkış akımları ölçülerek kaydedilmiştir. Bunlara ek olarak bölgedeki taşkınlar DSİ arşivlerinden ve (DSİ 1994)'den araştırılarak kaydedilmiştir. Bütün verilerin birlikte değerlendirilmesi ile aşırı kurak ve taşkın yılları belirlenerek tanımlanmıştır. Aletsel dönemde bazı kayıtlarda ve son 30 yılda

hatırlandığı kadarıyla Mogan ve Eymir göllerinin bulunduğu bölge için belirgin kurak yıllar 1926-1934, 1938, 1986-19887, 1992-1994, 2001, 2006-2008 ve 2016-2017 yılları, taşkın yılları 1950, 1951, 1957, 1961, 1968, 2011 yıllarıdır. Ankara Meteoroloji İstasyonu kayıtlarına göre yağışların çok düşük olduğu yıllar 1926-1929, 1932-1934, 1944-1945, 1950, 1956, 1977, 1992-1994, 2004, 2007-2008 yıllarıdır. Yaz sıcaklıklarının yüksek olduğu ve yazın uzun sürdüğü yıllar 1927, 1929, 1930, 1931, 1935, 1937, 1986, 1998, 2001, 2004, 2007, 2008'dir. Bu yıllar yaz yağışlarının az, buharlaşmanın yüksek olduğu yıllardır. Ayrıca Ankara DMİ kayıtlarına [DMİ, 2018] göre kış mevsimi belirgin bir şekilde soğuk geçen yıllar 1942, 1949, 1950, 1954, 1964, 1976, 1992, 1993'tür.

Mogan-Eymir Havzası'nda Cumhuriyet Dönemi kayıtlarına göre kuraklık, yağış, taşkın ve aşırı soğuk olayları Çizelge 2'de açıklanmıştır. Aletsel dönem öncesinde Osmanlı arşiv kayıtları ve bazı basılı yayınlardan erişilebilen; aletsel dönemde ise hem arşiv kayıtları hem de hidro-meteorolojik verilerden ortaya çıkarılan kuraklık, aşırı soğuk ve taşkın olayları Şekil 5'deki kronolojik cetvele işlenmiştir

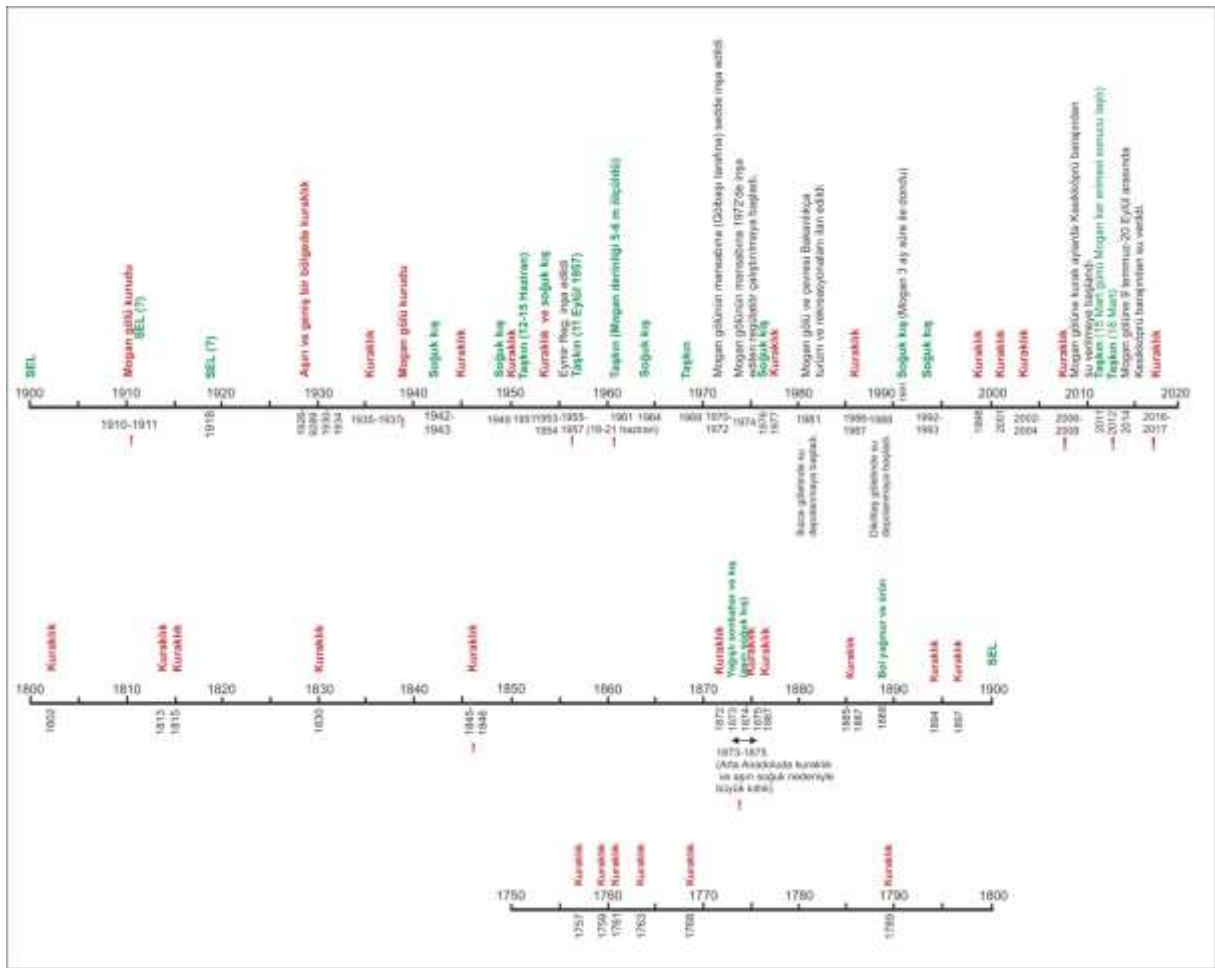
Çizelge 2- Mogan-Eymir havzası ve yakın civarında (Ankara kenti) aletsel dönemde (1926-2019) yaşanan kuraklık, aşırı soğuk, aşırı sıcak ve taşkın olayları (DMİ, 2018; Calvi, 1936 ve DSİ arşiv kayıtlarından elde edilen verilere göre oluşturulmuştur)

Yıl/Periyod	Olay	Tanımlama	Açıklama-Yorum
1926-1934	Kuraklık	Dünya'da 1929 ekonomik buhranına neden olan, Türkiye ve çevresinde tarımsal ürün rekoltesinin düşük olduğu bir dönemdir. Etkisi 1934'e kadar sürmüştür.	1926-1929 arası ve 1932-1933 yılları yağışın düşük, 1927, 1929, 1930, 1931 yılları yaz sıcaklığının yüksek ve yazın uzun sürdüğü (Haziran-Eylül) yıllarıdır.
1934	Mogan'ın kuruması	Calvi (1936)'ye göre Mogan Gölü kurumuştur.	Mogan Gölü 29 Kasım ve 9 Aralık 1934 tarihinde tamamen kuru olup, Göl tabanı ince bir tuz tabakası ile kaplıdır.
1935-1937	Kuraklık	Yaz sıcaklığı yüksek ve yaz uzundur.	1937'de yaz yağışı Temmuz-Eylül arasında neredeyse sıfırdır.
1938	Mogan'ın kuruması	DSİ arşiv kayıtlarına göre Mogan Gölü kurumuştur.	Önceki üç yıl boyunca yağışların az olması ve yazların sıcak ve kurak geçmesi nedeniyle göller çekilmiş olmalıdır. Üç yıl süren kuraklıktan sonra 1938 Temmuz ayında aşırı yağış (102,6 mm) gerçekleşmiştir. Eylül ayından itibaren doyurucu yağışlar başlamıştır.
1942	Soğuk Kış	Kışı soğuk bir yıldır.	Aralık-Ocak-Şubat-Mart sıcaklığı 0,1 ile -5,5 °C arasındadır.

1943	Soğuk Kış	Kışı soğuk bir yıldır.	Aralık-Ocak-Şubat sıcaklığı -0,1 ile -5,5 °C arasındadır.
1944-1945	Kurak	Yağış azdır, kış soğuktur.	Yıllık toplam yağış 268-276 mm'dir. Ocak-Şubat sıcaklığı -7, -5,2 °C'dir.
1949	Soğuk Kış		Aralık-Ocak-Şubat sıcaklığı -2,3, -4,2, -4,6 °C'dir.
1950	Kuraklık	Yağış azdır.	Yıllık toplam yağış 263 mm'dir.
1951	Taşkın	12-15 Haziran günleri aşırı yağış sonucu İncesu ve Dikmen deresi taşmıştır.	30 evi su basmış, Atatürk Bulvarı ve Sıhhiye selden geçilmez olmuştur.
1953-1954	Kurak ve Soğuk kış	1953'ün yaz-sonbaharı kurak, sonrasındaki kış ayları soğuk bir yıldır	Aralık-Ocak-Şubat-Mart sıcaklığı 0,1 ile -5,5 °C arasındadır.
1956	Kuraklık	Yağışı düşük bir yıldır. Yaz ve sonbahar kurak geçmiştir.	Yıllık toplam yağış 247,5 mm'dir.
1957	Taşkın	11 Eylül günü sağanak yağış sonucu Hatip çayı taşmıştır.	250 km ² lik bölgede yağış 2 saat sürmüştür. 169 kişi hayatını kaybetmiştir. Bentderesi'nde 500 m ³ debi ölçülmüştür. Eylül ayı toplam yağışı 95,6 mm'dir.
1961	Taşkın	18-21 Haziran günleri sağanak yağış nedeniyle Hatip, İncesu, Dikmen ve Çubuk çayı taşmıştır.	3 kişi hayatını kaybetmiştir. Haziran ayı toplam yağışı 121,9 mm'dir.
1963	Yağışlı	Ankara DMI'ye göre yüksek yağışlıdır.	612 mm ile rekor bir yağış gerçekleşmiştir.
1964	Soğuk Kış	Kışı soğuk bir yıldır.	Ocak-Şubat sıcaklığı -3,5 ve -1,1 °C'dir.
1968	Taşkın	Uzun süreli sağanak yağışlarla Mogan gölü taşmıştır (göl çevresindeki tesisler ve araziler ile Bülbül Deresi-Opera arası göle dönüşmüştür).	Yıllık yağış yüksektir (571 mm). Mogan Gölü'nde su seviyesi 973,60 kotuna (güvenli maksimum kottan 35 cm yüksek) yükselmiş, uzun süre deşarj yapılmasına rağmen İncesu sel kapanı yetersiz kalmıştır.
1975	Yağışlı	Ankara DMI'ye göre yüksek yağışlıdır.	514 mm ile yüksek bir yağış gerçekleşmiştir.
1976	Soğuk kış	Kışı soğuk bir yıldır.	Aralık, Ocak-Şubat sıcaklığı -1,9, -3,3, -3,7 °C'dir.
1977	Kuraklık	Yağış azdır.	Yıllık toplam yağış 263 mm'dir.
1986-1987	Kuraklık	Yağış azdır. 1986 yazı aşırı sıcaktır.	1986'da sıcak yaz uzun sürmüş, yaz yağışı çok azdır.
1992-1994	Yaz kurak, kış soğuk	Yağış azdır. 1992 ve 1993 yılı kışı soğuktur.	Yağış sırasıyla 330, 300, 290 mm'dir. 1992 kış ayları sıcaklığı -0,5, -4 ve -3 °C , 1993 kış ayları sıcaklığı -6, -4 ve -0,7 °C'dir.
1995-1997	Yağışlı	Yüksek yağışlı ve ılıman bir dönemdir.	Üç yılın ortalama yağışı 500 mm'dir.
1998	Kurak	Yaz sıcaklığı yüksektir.	Sıcak yaz uzundur.
2001	Kurak	Yaz kuraktır.	Yağış ortalamanın üstündedir ancak yaz sıcak ve uzundur.
2002-2004	Kuraklık	Yağış azdır.	2004 yılı yazı sıcak ve uzundur. 2004 yağışı 251 mm'dir.
2006-2008	Kuraklık	Yağış az, yaz uzun, sıcak ve kuraktır.	Yağış 376, 305 ve 323 mm'dir.
2010	Yağışlı	Ankara DMI'ye göre yüksek yağışlıdır.	593,5 mm ile yüksek bir yağış gerçekleşmiştir. Mogan'da su seviyesi 973 kotuna ulaşmıştır.

2011	Taşkın	15 Mart günü kar erimeleriyle taşkın olmuştur.	Mogan gölünde su seviyesi 973.87 olmuştur (maksimum kottan 37 cm yüksek). Eymir Gölü'nde su seviyesi ise 969,82 olup, bu seviye yine güvenli maksimum kottan 32 cm daha yüksektir.
2012	Taşkın	18 Mart günü taşkın olmuştur.	Mogan'da su seviyesi Mart'ta 973,90, Nisan'da 973,94'e ulaşmıştır.
2014	Yağışlı	Yağışlı bir yıldır.	Yağış 531 mm'dir.
2016-2019	Kurak		Mogan ve Eymir gölü regülatör kapakları 2017 Şubat sonunda kapatılmıştır. 2019 sonuna kadar birkaç günlük temizlik-bakım haricinde kapalı tutulmuştur.

Not: Ankara DMİ istasyonu 1926-2014 yıllık yağış ortalaması 385 mm, sıcaklık ortalaması 11,82, 1961-2010 arasında ortalama potansiyel buharlaşma 1165 mm'dir. Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül yağış miktarı sırasıyla 32,7, 14,4, 12,3 ve 18,6 mm, sıcaklıklar 19,7, 23, 22,9 ve 18,3 oC, kış ayları sıcaklıkları (Aralık, Ocak, Şubat) sırasıyla 1,1, 3,7 ve 2,4 oC'dir.



Şekil 5- Mogan-Eymir göllerinin bulunduğu bölgede tarihsel kayıtlara göre kuraklık, taşkın ve şiddetli soğukları gösteren kronolojik cetvel [Ocakoğlu vd. 2018'den revizyon]

5 SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Mogan ve Eymir göllerinin bulunduğu bölgede Osmanlı Dönemi'nden bu yana yaşanan kuraklık, aşırı yağış veya sel olayları ile aşırı soğuklara ait kayıtlar, Osmanlı arşivleri ve çoğunlukla tarih araştırmacıları tarafından yapılan kuraklık-kıtlık konusundaki çalışmalardan yararlanılarak havzanın bulunduğu bölgede kabaca 250 yıllık olaylar kronolojik olarak incelenmiştir. Aletsel döneme karşılık gelen Cumhuriyet döneminde ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından işletilen Ankara Meteoroloji İstasyonu'nda 1926 yılından itibaren yağış, sıcaklık, 1961 yılından itibaren buharlaşma ölçümleri yapılmaya başlanmıştır. Bunlara ek olarak bölgedeki taşkınlar DSİ arşivlerinden ve (DSİ 1994)'den araştırılarak kaydedilmiştir. Bütün verilerin birlikte değerlendirilmesi ile aşırı kurak ve taşkın yılları belirlenerek tanımlanmıştır. Buna göre Mogan ve Eymir göllerinin bulunduğu bölge için belirgin kurak yıllar Osmanlı döneminde 1494-1503, 1757-1761, 1763-1768, 1789, 1845-1846, 1873-1875, 1885-1887, 1894, 1897 ve 1909-1910 yılıdır. Cumhuriyet dönemi kayıtlarına göre belirgin kurak yıllar 1926-1934, 1938, 1986-1987, 1992-1994, 2001, 2006-2008 ve 2016-2018 yılları, taşkın yılları 1950, 1951, 1957, 1961, 1968, 2011 yıllarıdır. Ankara meteoroloji istasyonu kayıtlarına göre yağışların çok düşük olduğu yıllar 1926-1929, 1932-1934, 1944-1945, 1950, 1956, 1977, 1992-1994, 2004, 2007-2008 yıllarıdır. Yaz sıcaklıklarının yüksek olduğu ve yazın uzun sürdüğü yıllar ise 1927, 1929, 1930, 1931, 1935, 1937, 1986, 1998, 2001, 2004, 2007, 2008'dir. 2016-2018 arası da Mogan ve Eymir gölleri havzasında kurak geçen ve bu nedenle 2017 yılı Mart ayı başından itibaren regülatör kapakları kapatılarak su seviyesinin istenmeyen seviyelere düşmesinin önlenmeye çalışıldığı bir dönemdir.

Akış aşağıda bulunan Eymir Gölü'nün beslenmesi büyük oranda Mogan Gölü'ne bağlıdır. Bu duruma göre, Mogan Gölü'ndeki bir olumsuzluk (kuraklık sonucu seviye düşmesi veya taşkın), mansaptaki Eymir Gölü'nü etkilemektedir. Göllerin yarıkurak bir bölgede bulunması, özellikle Mogan Gölü'nün sığ ve buharlaşma-terleme kayıplarının yüksek olması, gölün çok büyük oranda (%95) yerüstü suyundan beslenmesi nedeniyle uzun süreli kuraklıklara karşı kırılgan bir karaktere sahiptir. Her iki gölün, özellikle 1974 yılından beri, kurak dönemlerde regülatör kapakları kapatılarak kuraklıktan olumsuz etkilenmeleri kısmen azaltılmaktadır. Ancak buna rağmen bazı yıllarda (1974, 2007 ve 2017) Mogan Gölü'nde su seviyesi bariz bir şekilde düşmüş ve gölalanı

küçülmüştür. Kayıtlara göre Mogan Gölü 1910, 1934 ve 1938 yılında kurummuştur. Göllerin, 1974 yılından beri kurak dönemlerde regülatör kapakları kapatılarak kuraklıktan olumsuz etkilenmeleri azaltılmaya çalışılmaktadır. Ancak buna rağmen bazı yıllarda (1974, 2007 ve 2017) Mogan Gölü'nde su seviyesi bariz bir şekilde düşmüş ve göl küçülmüştür. Mogan-Eymir havzasında kurak geçen 2016, 2017 ve 2018 yılında, gölleri besleyen derelerin birçoğu kurumuş, ana akarsuların debileri belirgin derecede azalmıştır. Bu nedenle 2017 yılı Mart ayı başından itibaren her iki gölün önündeki regülatör kapakları kapatılarak gölün istenmeyen seviyelere düşmesi ve kuruması önlenmeye çalışılmıştır. Bu tarihten sonra bahar aylarında yağın yağışlara rağmen göl seviyesi istenen kota yükselmediği için kapaklar sonraki üç yıl boyunca kapalı tutulmaya devam edilmiştir.

Yapılan değerlendirmelere göre, bölgede arşive giren kuraklıkların ana sebebi yağışların yetersizliğidir. Ancak kuraklığın etkisinin fazlalığı sadece yağış yetersizliği değildir. Çiftçilerin bilinçsizliği ve kurak yıllarda yakındaki su kaynaklarından faydalanamamaları da kuraklığın etkisini arttıran bir faktördür. Çünkü 1950-1960'lara kadar Orta Anadolu'da baraj veya göletlerle sulama, yeraltı suyundan sulama, akarsudan bentlerle sulama veya akarsudan pompajlı sulama gibi kuraklık etkisini azaltan yöntemler hemen hemen hiç yoktur. Bu nedenle tarımsal ürün rekoltesi tamamen o yılki veya o yılın vejetasyon mevsimindeki atmosferik şartlara (yağış ve aşırı sıcak durumu) bağlı idi. Osmanlı arşivlerindeki kayıtların birçoğu, aşırı soğuk, aşırı sıcak, kuraklık, sel gibi olaylarla birlikte toplumsal yaşam, göç, devletin aldığı önlemlerin şekli ve boyutu gibi önemli etkileri de içerdiğinden, meteorolojik olayın boyutu ve yayıldığı alan konusunda çoğunlukla güvenilir tahmin yapmaya izin vermektedir. Ancak yerel olayların gezginler veya halk tarafından abartılması ve yerel olayların kayıtlara bölgeselmiş gibi geçmesi veyahut da kayda geçen olaydan daha şiddetli meteorolojik olayların kayıtlara geçmeyerek atlanmış olması önemli bir sorundur. Bununla birlikte, günümüz Türkçesine çevrilerek kitap, makale, bildiri gibi yayınlara girmiş Osmanlı arşiv kayıtlarının ve Cumhuriyet dönemindeki kayıtlardan elde edilen bilgilerin birleştirilerek kronolojik olarak incelenmesi yakın geçmişe ait iklim üzerinde çalışanlar için yararlı olacaktır.

Osmanlı arşiv kayıtlarına göre Orta Anadolu'da yaşanan kuraklıkların su kaynaklarına etkileri konusunda tatmin edici bilgiler bulunmamaktadır. Ancak, birkaç yıl devam eden


kuraklıkların gölleri olumsuz etkiledikleri, hatta 1845, 1875 ve 1887 yıllarında göllerin kurumuş ve sonra tekrar dolmuş olması güçlü bir ihtimaldir. Bundan sonraki süreçte iklim değişikliği ve küresel ısınmanın olası etkileri göz önüne alınarak, Mogan ve Eymir göllerinin bulunduğu havzada kuraklık ve aşırı yağışların daha sık yaşanacağını ve göllerin bundan daha fazla etkileneceğini söylemek mümkündür. Katkı belirtme: Bu çalışma 2015-2018 yılları arasında gerçekleştirilen 114Y557 no.lu ve "Mogan ve Eymir Göllerinin (Ankara) Paleoklimatolojik ve Kökensele İncelemesi" başlıklı TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.


6 KAYNAKLAR

- Akdağ, M., 2019, Türk Halkının Dirlik ve Düzenlik Kavgası Celâli İsyânları (5. Baskı). Ankara: Barış Yay., ISBN: 975081, 512 s
- Altınbaş, E.T., 2018, 19. yüzyılda Osmanlı Devleti'nde Yaşanan Kuraklığın Ankara'ya Yansımaları, Çanakkale Araştırmaları Türk Yıllığı, sayı 24, 1-3
- Aybar, M., 2017, Osmanlı Devletinde Kıtık ve İç Göç: 1870-1900 Arası İç Anadolu Örneği, Mavi Atlas, 5(2)/2017: 474-488.
- Berkmen, N., 1948, Orta Anadolu'da Kuraklık, Türkiye Cumhuriyeti Tarım Bakanlığı Dergisi, Ocak 1948, Yıl: 2, S.4, s.8-13
- Calvi, W.S., 1936, (Çev. Şevket Ahmet Birand), Türkiye Cumhuriyetinde Jeolojik Görümler, Ankara'nın Su Vaziyeti, (Birinci Kısım), Ankara Yüksek Ziraat Enstitüsü, Sayı 20, 35 s
- Ceylan, A., Turgu, E., İnal, İ., Mollamahmutoğlu, A., Aydoğan, A., 2009, Türkiye'de Son Yıllarda Gözlenen Kuraklık Hadiselerinin Değerlendirilmesi, Su Vakfı, Su Kaynakları Dergisi (2), 1-11
- ÇŞB, 2014, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 1/25000 Çevre Düzeni Planı Raporu, www.csb.gov.tr
- DMİ, 1972, Türkiye İklim Tasnifi (De Martonne Metoduna Göre). Ankara
- D.M.İ, 1988, Aydeniz Metodu ile Türkiye'nin Kuraklık Değerlendirmesi, Ank
- DMİ 2018, Ankara, Elmadağ Kayak Merkezi ve Gölbaşı istasyonu meteorolojik verileri, (Arşiv: DSİ Genel Müdürlüğü Rasatlar Şube Müdürlüğü)
- DSİ 1994, Mogan Gölü Kurtarma Projesi Planlama Raporu, DSİ 5. Bölge Müdürlüğü, Ankara
- DSİ, 2007, Mogan ve Eymir Gölü Havzası (Ankara) Hidrojeolojik Etüt raporu, DSİ 5. Bölge Müdürlüğü, 62 s, Ankara
- EİEİ 2005, Mogan ve Eymir Gölleri Havzasının Hidrometeorolojik Özellikleri, EİEİ Raporu, 60 s
- Erinç, S., 1984, Klimatoloji ve Metotları, İ.T.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul
- Erinç, S. 1957, Tatbiki Klimatoloji ve Türkiye'nin İklim Şartları, İTÜ Hidrojeoloji Enstitüsü, İstanbul
- Erlar, M.Y., 1997, Ankara ve Konya Vilayetlerinde Kuraklık ve Kıtık (1845 ve 1874 Yılları), Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun
- Erlar, M.Y., 2010, Osmanlı Devleti'nde Kuraklık ve Kıtık Olayları (1800-1880), (1. Baskı). İstanbul: Libra Yay
- Erlar, M.Y., 2012. Osmanlı Devleti'nde Kuraklık ve Kıtık Olayları, İstanbul: Libra Yayınevi.
- Karademir Z, 2014, İmparatorluğun Açıklık İmtihanı (1550-1660), Kitap yayınevi, 373 s
- Kılıç, O., 2002., Osmanlı Devleti'nde Meydana Gelen Kıtıklar", TÜRKLER, C. 10, 718-730
- Kuneralp, S, 1990, Orta Anadolu'da Kıtık (1873-1875), Tarih ve Toplum, Nisan sayısı, S. 76, s. 54
- Küçükkaya S, Özçelik A, 2014, Buğday üretiminde toprak analizi yaptırmanın işletme üzerine etkileri: Ankara Gölbaşı ilçesi örneği, Gıda tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, TEPGE YAYIN NO: 237 ISBN: 978-605-4672-78-3, 67 s, <http://www.tepge.gov.tr>.
- Landsberg, H.E, 1980, Past Climates from Unexploited Written Sources, The Journal of Interdisciplinary History, 10-4, History and Climate Interdisciplinary Explorations, 631-642
- Lutharbacher, J, Dietrich, D, Xoplaki, E, Grosjean, M, Wanner H, 2004, European Seasonal and Annual Temperature Variability, Trends and Extremes since 1500, Science, New Series, C 303, No: 5663, 1499-1503

- Nfb, 2015, Ankara İli Taşkın Tehlike Alanları Belirlenmesi Planlama Raporu, DSI 5. Bölge Müdürlüğü, Ankara
- Ocakoğlu, F., Oybak Dönmez, E., Tunoğlu, C., Akbulut A., Apaydın A., Tün M, Görüm, T., 2018, Mogan ve Eymir Göllerinin (Ankara) Paleoklimatolojik ve Kökensele İncelemesi Program Kodu: 1001, Proje No: 114Y557, 371 s
- ODTÜ, 1995, Gölbaşı Mogan-Eymir Gölleri İçin Su Kaynakları ve Çevre Yönetim Planı Projesi, Kesin Rapor-Cilt 1, Cilt 2 (Ekler), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, ASKİ Genel Müdürlüğü, No: 93-03-03-04-01, Temmuz 1995, Ankara
- OSİB, 2014a, Mogan-Eymir Gölü havzası Koruma Eylem Planı, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Söğütözü Cad. 14/E 06560 Ankara, <http://www.ormansu.gov.tr>
- ÖÇK, 2014, İl Durum Raporu, Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, www.ormansu.gov.tr
- Parker, G., 2008, Crisis and Catastrophe: The Global Crisis of the Seventeenth Century Reconsidered, *American Historical Review*, s. 1053-1079.
- Pfister, C, 1980, The Little Ice Age: Thermal and Wetness Indices for Central Europe, *The Journal of Interdisciplinary History*, 10-4, History and Climate Interdisciplinary Explorations, 665-696
- Sarıköse, T.S, 2013, 19. Yüzyılda Çukurova'da Doğal Afetler ve Salgın hastalıklar, Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tarih Bilim Dalı, 361 s
- Thorntwaite, C. W., 1948, An Approach toward a Rational Classification of Climate, *Geographical Review*, Vol. 38, No. 1. (Jan., 1948), pp. 55-94
- Uyanık, N ve Sarı, M, 2011, Cumhuriyet döneminde yaşanan kuraklık felaketleri üzerine bir değerlendirme, *Tarihin Peşinde-Uluslararası Tarih ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Yıl:2011, Sayı: 5, 141-176
- Yağbasan, 2007, Modeling of Mogan Eymir Lakes Aquifer System, Thesis of Doctor of Philosophy, The Middle East Technical University (METU), 163 s, Ankara

YEŞİLIRMAK VE KIZILIRMAK HAVZALARI AKIMLARI ÜZERİNDE KUZEY ATLANTİK SALINIMI VE ARKTİK SALINIMININ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Emre KEBAPCIOĞLU 
DSİ 72. Şube Müdürlüğü 60100 TOKAT
emrekebacioğlu@dsi.gov.tr

Turgay PARTAL 
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Atakum, Samsun, 55139
turgay.partal@omu.edu.tr

(Makalenin geliş tarihi: 22.09.2020, Makalenin kabul tarihi: 08.06.2021)

ÖZ

Son yıllarda yapılan çalışmalar, küresel atmosferik olayların iklim parametreleri üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Bu sebeple Kuzey Atlantik Salınımı (NAO), Arktik Salınım (AO) gibi küresel atmosferik salınımlar ve hidrolojik değişkenler (akım, yağış, sıcaklık gibi) arasındaki ilişkinin belirlenmesi, su kaynakları yönetimi açısından çok önemlidir. Bununla birlikte çeşitli büyük ölçekli salınımların ve akarsu debilerinin arasındaki tüm ilişkilerin değerlendirildiği çalışmalar literatürde çok nadirdir. Bu çalışmada, 5 tanesi Kızılırmak Havzası'nda, 4 tanesi Yeşilirmak Havzası'nda olmak üzere seçilen akım gözlem istasyonlarında, 1970-2015 yılları arasında ölçülen yıllık ve mevsimlik ortalama akımlar ile Kuzey Atlantik Salınımı ve Arktik Salınım indeksleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bu ilişki belirlenirken Pearson Korelasyon Katsayıları Yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca yağışın, belirli bir süre geçtikten sonraki etkisinin belirlenmesi için mevsim ötelemeli korelasyon analizi yapılmıştır. Bu korelasyon katsayılarının istatistiksel bakımdan anlamlılığı Student's t- testi kullanılarak $\alpha=0,01$, $\alpha=0,05$ ve $\alpha=0,1$ anlam seviyesinde test edilerek değerlendirilmiştir. Böylece atmosferik indekslerin negatif ve pozitif fazlarının etkisi altındaki akım değerleri arasındaki farklar belirlenmiştir. Bu bağlamda, NAO ve AO indeksleri ile yıllık ve mevsimsel akımlar arasındaki ilişki belirlenmiştir. Sonuç olarak, NAO indeksi ile akım arasında negatif korelasyonun olduğu, bu durumun Kızılırmak Havzasında baskın olduğu bulunmuştur. AO indeksinin benzer şekilde akım ile negatif bir ilişkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak özellikle Yeşilirmak Havzası'nın bir bölümünde pozitif korelasyonda görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: NAO, AO, akım, Yeşilirmak Havzası, Kızılırmak Havzası

DETERMINATION OF THE IMPACTS OF NORTH ATLANTIC OSCILLATION AND ARCTIC OSCILLATION ON YEŞİLIRMAK AND KIZILIRMAK BASIN FLOWS

ABSTRACT

Recent studies show that global atmospheric circulations are efficient on climate parameters. So investigating connections between the global atmospheric oscillations such as North Atlantic Oscillation (NAO), Arctic Oscillation (AO) and hydrological variables is very important for water resources managers. However, the studies which investigate the relationship between large-scale atmospheric circulations and basin streamflow is rare in the literature. This paper examines the relationship between the annually-seasonal average flows in Yeşilirmak River (4 stations) and Kızılırmak River (5 stations) basin of Turkey from 1970 to 2015 years and NAO and AO index. The Pearson Correlation Coefficients method was used to determine this relation. In addition, season-shift correlation analysis was conducted

to determine the effect of precipitation after a certain period of time. Besides, the differences between the average flows values under the influence of negative and positive phases of the atmospheric indices were determined. In this context, the correlation between the NAO, AO and annual-seasonal average flows was determined by correlation analysis. As a result, it was found that there was a negative correlation between the NAO index and the flow, which was dominant in the Kızılırmak Basin. It was also concluded that AO index has a negative relationship with annual-seasonal flows. However, it was found to have positive correlation in some part of Yeşilirmak Basin.

Keywords: NAO, AO, streamflow, Yeşilirmak Basin, Kızılırmak Basin

1 GİRİŞ

Atmosferdeki hava hareketleri, yeryüzünde farklı karaktere sahip iklim özelliklerinin ortaya çıkmasını sağlar [Yarbaşı ve Martı, 2019]. Bununla birlikte atmosferik salınımlara bağlı küresel atmosferik indekslerin (NAO ve AO) hidrometeorolojik değişkenler üzerindeki olası etkileri son yıllarda önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir.

Kuzey Atlantik’ te bulunan Azor antisisilon alanı ile İzlanda siklon alanı arasında meydana gelen basınç farkının yıllar arası farklılık gösterdiği ve özellikle kış mevsiminde bu etkinin belirginleştiği ortaya konulmaktadır [Erlat, 2002]. Kuzey Atlantik’ te meydana gelen bu meridyonel salınım, Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) olarak adlandırılmaktadır [Yetmen, 2006].

NAO pozitif evresindeyken, Azor antisisilon alanında basınç değerleri normalden daha yüksek olmakta, İzlanda siklon alanında ise basınç değerleri normalin altında seyretmektedir. Bunun sonucunda Türkiye’ de özellikle kış döneminde kurak koşullar ortaya çıkmaktadır. NAO negatif evresindeyken, Azor ile İzlanda arasındaki basınç farkı azalmakla olup bu dönemde Batı Rüzgârları zayıflamakta ve Türkiye, Kuzey Atlantik üzerinden yağış getiren sistemlerin etkisinde kalmaktadır [Erlat, 2002].

Arktik Salınım (AO), Kuzey Yarımküre’ deki atmosferik salınımlardan biri olup, Arktik ve kuzey orta enlemleri arasındaki basınç değişimleri ile ilişkilendirilmektedir [Türkeş ve Erlat, 2008]. AO indeksi pozitif evresindeyken Akdeniz havzası genel olarak daha kurak ve soğuk geçmektedir [Bozyurt, 2010]. AO’ nun negatif evrede olması durumunda ise Kuzey Amerika’ da ve Avrupa’ nın kuzeyinde hava koşulları daha soğuk olmakta, böylece Akdeniz havzasında daha sıcak ve yağışlı iklim şartlarının görülmesine neden olmaktadır [Türkeş ve Erlat, 2008].

Bu doğrultuda, literatürde atmosferik salınımların sıcaklık, yağış, akım gibi iklim parametreleri üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğunu belirlemek amacıyla Türkiye’ de ve dünyanın birçok bölgesinde yapılmış çok sayıda çalışma mevcuttur [Trigo vd., 2002; Vicente-

Serrano vd., 2009; Ward vd., 2016; Iqbal vd., 2016]. NAO ekstrem indislerinin Batı Anadolu akarsuları üzerindeki etkileri incelenmiş, 1970-2014 yılları arasında 12 istasyonda ölçülen aylık akarsu debileri ile NAO arasında ilişki bulunmuştur [Kahya vd.,2016].

Cullen ve de Menocal [Cullen ve de Menocal, 2000], yaptıkları çalışmada NAO’ nun Dicle ve Fırat nehirlerinin akımına etkisini incelemişler, akımda meydana gelen değişimlerin NAO ile ilişkili olduğunu saptamışlardır. Ayrıca bu nehirlerin kaynak bölgelerine (Türkiye’de) düşen yağış miktarında meydana gelen değişimlerin %27’ sinin NAO ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. [Türkeş ve Erlat, 2003], yaptıkları çalışmada NAO indisleri ile Türkiye’deki yıllık ve mevsimlik yağışlar arasında negatif bir ilişki saptamışlardır. Bu ilişkinin özellikle kış ve sonbahar mevsimlerinde ve yıllık olarak kuvvetli olduğunu belirlemişlerdir. [Hurrell, 2000] yaptığı çalışmada Kuzey Yarımküre’ de meteorolojik verilerle atmosferik indisler arasında önemli ilişkileri belirlemiş ve bunlar içinde en iyi bilinenin NAO olduğunu ortaya koymuştur. NAO’ nun işleyiş mekanizması ile Arktik Salınım’ ın (AO) işleyişinin birbirine benzer olduğunu ve negatif ile pozitif evrelerinin örtüşüğünü ifade etmiştir. Bu çalışmada Yeşilirmak ve Kızılırmak havzalarındaki mevsimsel ve yıllık ortalama akım verileri ile NAO ve AO arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bu amaçla korelasyon analizinden faydalanılmıştır. Ayrıca yağışın, belirli bir süre geçtikten sonraki etkisinin belirlenmesi için mevsim ötelemeli korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon katsayılarının önemli olup olmadığı Student’s t testi ile belirlenmiştir. Ayrıca atmosferik indislerin negatif ve pozitif fazlarının akım verilerine etkisi de araştırılmıştır.

2 MATERYAL VE METOT

2.1 Çalışma Alanı

Bu çalışmada Orta Karadeniz Bölgesini içine alan Yeşilirmak Havzası ve İç Anadolu Bölgesi’ nin büyük bir kısmını içine alan Kızılırmak Havzası ele alınmıştır (Şekil 1). Türkiye’ nin ikinci büyük havzası olan Kızılırmak Havzası, 1151 km uzunluğu ile Türkiye akarsularının en uzununu olup

78180 km²' lik bir sahanın sularını Karadeniz'e boşaltmaktadır. 519 km uzunluğundaki Yeşilirmak Havzası ise 36100 km² ' lik alana sahip olup Çarşamba Ovasından Karadeniz' e dökülür.

Türkiye akımlarının ölçümü, nehirler üzerine kurulmuş, Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) ve Devlet Su İşlerine (DSİ)'ne ait akım gözlem istasyonlarında (AGİ) yapılmaktadır. Bu çalışmada 1970-2015 yılları arasında ölçülmüş aylık ortalama akımlar kullanılacak olup akım verileri DSİ' den temin edilmiştir [DSİ, 2019]. AGİ' ler seçilirken, baraj gölü içerisinde kalmaması, HES etkisinde olmaması, yağış alanının fazla olması, yeterli verinin olması gibi kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Kızılırmak havzasında yer alan 5 istasyondan 4 tanesi havzanın yukarı kesimlerinde 1 tanesi ise aşağı kesimindedir. Bu kriterler dikkate alınarak

seçilen Şekil 1' de gösterilen 9 istasyonun genel özellikleri Çizelge 1' de, akım verilerinin mevsimsel ve yıllık istatistiksel özellikleri ise Çizelge 2' de gösterilmektedir. Örnek olarak Kızılırmak havzasındaki Yeşilhisar istasyonunun yağış alanı 1825 km² olup, ortalama debisi 2,6 m³/s'dir. En çok debiye sahip Söğütluhan istasyonunun ortalama debisi 34,9 m³/s'dir. Bu çalışmada, yıllık NAO ve AO indeks değerleri, yıl içerisindeki 12 aya ait indeks değerlerinin ortalaması alınarak bulunmuş olup mevsimsel NAO ve AO indeks değerleri ise o mevsime ait ayların indeks değerlerinin ortalamaları alınarak hesaplanmıştır. NAO ve AO indeks değerleri, Ulusal Okyanus ve Atmosferik Yönetimi (NOAA) İklim Tahmin Merkezi (CPC) tarafından sağlanmıştır [CPCNW, 2019]. İndekslere ait istatistiksel bilgiler Çizelge 3' de gösterilmiştir.



Şekil 1 - Yeşilirmak ve Kızılırmak Havzası

2.2 Metot

Pearson Korelasyon

NAO ve AO indeksleri ile mevsimsel ve yıllık Türkiye akımları arasındaki bağlantıyı ortaya koymak amacıyla, indeks değerleri ile Türkiye'nin ortalama akım zaman serileri arasındaki korelasyonları hesaplanmıştır. [Bayazit ve Oğuz, 2005].

$$r_{x,y} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N s_x s_y} \quad (1)$$

Denklem (1)' de x_i ; yıllık ve mevsimlik akım verilerini, \bar{x} ; yıllık ve mevsimlik ortalama akımı, y_i ; yıllık ve mevsimlik NAO ve AO indekslerini, \bar{y} ; yıllık ve mevsimsel ortalama NAO ve AO indekslerini, N ; veri sayısını, s_x ; akım verilerinin standart sapmasını, s_y ; indeks değerlerinin standart sapmasını ifade etmektedir. Bu korelasyonların istatistiksel bakımdan anlamlılığı Student's t- testi kullanılarak $\alpha=0,01$, $\alpha=0,05$ ve $\alpha=0,1$ anlam seviyesinde test edilerek değerlendirilmiştir.

Ayrıca NAO ve AO indeks değerlerinin akım değerlerini ne kadar etkilediğine denklem (2) kullanılarak bakılmıştır.

$$R = \frac{Q_f}{Q_{ort}} \quad (2)$$

Denklem (2)'de Q_f, atmosferik indislerin negatif ve pozitif fazlarında ölçülen ortalama akım değerlerinin arasındaki farkı göstermektedir.

Örneğin kış mevsiminde NAO(-) ve NAO(+) dönemlerinde hesaplanan ortalama akımların arasındaki farkı göstermektedir, Q_ort ise o mevsimin ortalama akım değerini ifade etmektedir. R değerinin pozitif(negatif) olması pozitif NAO indeksinin etkilediği akım değerlerinin daha yüksek(düşük) olduğu anlamına gelmektedir. Bu ilişki NAO ve AO indeksleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Çizelge 1 - İstasyon özellikleri

Havza	İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Kot(m)	Ort.Debi (m ³ /sn)	Yağış Alanı (km ²)
Kızılırmak	D15A010	Yeşilhisar	39,2016	35,1452	1015,00	2,6	1825,00
	E15A035	Söğütlühan	39,7172	36,8427	1243,00	34,9	6606,5
	E15A039	Bulakbaşı	39,8780	37,5630	1298,00	13,5	1642,00
	D15A117	Ahmethacı	39,9000	37,8333	1361,00	7,3	693,42
	E15A038	Çeltik başı	40,9038	33,7744	775,00	7,4	1962,00
Yeşilirmak	D14A014	Ahullu	41,2861	36,1952	259,00	1,4	140,00
	E14A012	Şeyhoğlu	40,4516	35,4175	530,00	6,0	3668,80
	E14A022	Çiçekbükü	40,1125	39,3116	1350,00	7,7	1714,00
	E14A024	Çırdak	40,0080	36,1463	1040,00	3,8	1032,80

Çizelge 2 - Akım verilerin istatistiksel özellikleri

Havza	İstasyon No	Yıllık			Kış			İlkbahar			Yaz			Sonbahar		
		Ort. (m ³ /sn)	Std.Sp. (m ³ /sn)	Çarpıklık	Ort. (m ³ /sn)	Std.Sp. (m ³ /sn)	Çarpıklık	Ort. (m ³ /sn)	Std.Sp. (m ³ /sn)	Çarpıklık	Ort. (m ³ /sn)	Std.Sp. (m ³ /sn)	Çarpıklık	Ort. (m ³ /sn)	Std.Sp. (m ³ /sn)	Çarpıklık
Kızılırmak	D15A010	2,62	1,47	0,51	2,97	1,51	0,30	4,60	2,93	1,32	1,31	1,22	1,88	1,64	1,02	-0,09
	E15A035	34,95	12,95	0,33	18,89	11,08	1,47	94,74	39,35	0,45	16,17	7,98	0,82	9,32	5,34	3,60
	E15A039	13,53	4,25	0,24	5,21	3,29	2,21	39,98	14,01	0,23	5,81	2,59	0,67	2,84	1,89	2,50
	D15A117	7,25	2,24	-0,06	3,04	1,75	0,64	20,82	7,34	0,04	3,20	1,45	0,33	1,75	1,29	1,60
	E15A038	7,44	2,93	0,31	6,50	3,92	1,13	16,81	8,84	0,96	3,55	2,08	1,13	2,72	0,99	1,27
Yeşilirmak	D14A014	1,43	0,49	0,22	2,79	1,23	-0,07	0,78	0,62	2,61	0,56	0,75	5,31	1,61	0,74	0,52
	E14A012	5,96	3,28	0,58	6,34	4,13	1,23	12,74	7,92	0,67	2,59	1,95	0,86	2,17	1,31	1,11
	E14A022	7,68	2,82	1,25	2,88	1,28	1,28	21,23	7,74	0,67	4,37	2,46	1,32	2,10	1,31	3,32
	E14A024	3,75	1,54	0,43	9,09	5,00	0,78	1,84	1,25	1,93	1,19	0,59	1,86	2,95	1,64	0,79

Çizelge 3 – NAO ve AO indekslerinin istatistiksel bilgileri

İndeks	Yıllık		Kış		İlkbahar		Yaz		Sonbahar	
	Ort. (m ³ /sn)	Std.Sp. (m ³ /sn)	Ort. (m ³ /sn)	Std.Sp. (m ³ /sn)	Ort. (m ³ /sn)	Std.Sp. (m ³ /sn)	Ort. (m ³ /sn)	Std.Sp. (m ³ /sn)	Ort. (m ³ /sn)	Std.Sp. (m ³ /sn)
NAO	0,05	0,36	0,25	0,73	0,11	0,62	-0,10	0,72	-0,07	0,64
AO	-0,02	0,40	-0,15	1,16	0,07	0,66	-0,05	0,36	0,03	0,49

3 BULGULAR

Yıllık ve mevsimlik NAO indeksleri ve akım verileri arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 4' de gösterilmiştir. Çizelge 4 ' de ki sonuçlar incelendiğinde, özellikle kış mevsiminde Kızılırmak Havzasında NAO indeksi ile akım arasında güçlü bir negatif korelasyonun olduğu görülmektedir. Kış mevsiminde 3 istasyon (Söğütlühan, Çeltikbaşı, Bulakbaşı) için istatistiksel anlamlı negatif korelasyon bulunmuştur. Yıllık verilerde ise 2 istasyon

(Ahmethacı ve Bulakbaşı) için 0,05 ve 0,1 anlamlılık seviyesinde negatif korelasyon bulunmuştur. Kızılırmak Havzası için yaz mevsiminde de negatif korelasyonlar (Ahmethacı ve Bulakbaşı) vardır. İlkbahar ve sonbahar mevsimleri için anlamlı korelasyonlar bulunamamıştır. Yeşilirmak havzası için ise hiçbir mevsimde anlamlı korelasyon bulunamamıştır.

Çizelge 4 - NAO ve Akım verileri arasındaki korelasyon katsayıları

Havza	İstasyon No	İstasyon Adı	Yıllık	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
Yeşilirmak	D14A014	Ahullu	0,11	0,02	0,04	0,12	0,13
	E14A012	Şeyhoğlu	-0,01	-0,15	0,09	-0,21	-0,14
	E14A022	Çiçekbükü	0,00	-0,08	0,06	-0,03	-0,18
	E14A024	Çırdak	-0,02	0,00	0,18	-0,01	0,16
Kızılırmak	D15A010	Yeşilhisar	0,05	-0,20	-0,06	0,05	0,11
	D15A117	Ahmethacı	-0,27^a	-0,19	-0,15	-0,40^c	-0,10
	E15A035	Söğütlühan	-0,09	-0,24^a	0,02	-0,14	-0,21
	E15A038	Çeltik başı	-0,10	-0,49^c	0,02	-0,08	-0,19
	E15A039	Bulakbaşı	-0,28^b	-0,33^b	-0,14	-0,31^b	-0,11

^a $\alpha=0,1$ anlamlılık düzeyinde, ^b $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde, ^c $\alpha=0,01$ anlamlılık düzeyinde

Yıllık ve mevsimlik AO indeksleri ve akım verileri arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 5' te gösterilmiştir. Kızılırmak Havzası için tüm mevsimlerde önemli negatif korelasyonlar vardır. İki havza birlikte değerlendirildiğinde, kış mevsiminde 3 istasyonda (Söğütlühan, Çeltikbaşı, Bulakbaşı), ilkbaharda 3 istasyonda (Çiçekbükü, Ahmethacı, Bulakbaşı) ve yaz mevsiminde ise Yeşilhisar, Çırdak ve Çeltikbaşı hariç tüm istasyonlar da anlamlı korelasyonlar bulunduğu görülmüştür. Çizelge 5' teki sonuçlar, NAO indeksinin etkilerine benzer olmakla birlikte AO indeksinin, NAO' ya göre Kızılırmak havzası akımları ile de daha fazla ilişkili olduğu ve bazı anlamlı korelasyonlar gösterdiği görülmektedir. Ayrıca kıyıya yakın olan D14A014 akım istasyonunun tüm dönemlerinde ölçülen akım

değerleri ile NAO ve AO salınımları arasında pozitif bir ilişki görülmüştür.

NAO indeksinin, akım istasyonlarında ölçülen akım değerleri üzerindeki etkisi denklem (2) kullanılarak bulunmuş ve Şekil 2' de gösterilmiştir. Çizelge 6' daki değerler ve Şekil 2 birlikte incelendiğinde kış mevsimi için; korelasyonu 0,24 ile 0,49 arasında değişen E15A035, E15A038 ve E15A039 istasyonlarında %30' dan büyük NAO(-) etkisi olduğu, korelasyonu 0,15 ile 0,20 arasında değişen E14A012, D15A010 ve D15A117 istasyonlarında NAO(-) etkisinin %10 ile %30 arasında olduğu ve korelasyonları düşük diğer istasyonlarda ise NAO(-) etkisinin %10' dan az olduğunu anlaşılmaktadır. Yani bu istasyonlarda NAO negatif iken ölçülen akım değerleri NAO pozitif iken ölçülen akım değerlerinden çok daha

fazladır. Sonbahar mevsiminde ise pozitif korelasyonu 0,11 ile 0,16 arasında değişen D14A014, E14A024 ve D15A010 istasyonlarında %10 dan küçük NAO(+) etkisi

olduğu, negatif korelasyonu 0,11 ile 0,21 arasında değişen diğer istasyonlarda ise NAO(-) etkisinin %10 ile %30 arasında olduğu görülmektedir.

Çizelge 5 - AO ve akım verileri arasındaki korelasyon katsayıları

Havza	İstasyon No	İstasyon Adı	Yıllık	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
Yeşilirmak	D14A014	Ahullu	0,12	0,05	0,00	0,25^a	0,33^a
	E14A012	Şeyhoğlu	-0,14	-0,17	-0,16	-0,27^a	-0,06
	E14A022	Çiçekbükü	-0,03	0,02	-0,24^a	-0,26^a	0,02
	E14A024	Çırdak	-0,07	0,11	0,23	0,04	0,23
Kızılırmak	D15A010	Yeşilhisar	-0,03	-0,17	-0,12	-0,09	0,07
	D15A117	Ahmethacı	-0,24^a	-0,20	-0,34^c	-0,43^c	0,03
	E15A035	Söğütlühan	-0,10	-0,26^a	0,00	-0,35^c	-0,03
	E15A038	Çeltik başı	-0,19	-0,45^c	-0,20	-0,20	-0,30^c
	E15A039	Bulakbaşı	-0,24^a	-0,36^c	-0,33^c	-0,37^c	0,10

^a $\alpha=0,1$ anlamlılık düzeyinde, ^b $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde, ^c $\alpha=0,01$ anlamlılık düzeyinde

AO indeksinin etkilerini gösteren Şekil 3 incelendiğinde; kış mevsimi için negatif korelasyonu Çizelge 5' e göre 0,45 olan E15A038 istasyonunda ve E14A012 istasyonunda %30' un üzerinde AO(-) etkisi varken, korelasyonu 0 civarında olan D14A014 ve E14A024 istasyonlarında %10 dan küçük AO(+) etkisi diğer istasyonlarda ise %30' dan küçük AO(-) etkisi olduğu görülmektedir. AO

indeksinin sonbahar mevsimindeki etkisi için sırasıyla Çizelge 5' e göre korelasyonu 0,33 ile 0,03 olan D14A014 ve D15A117 istasyonlarında %10 ile %30 arasında AO(+) etkisi, E14A022 ve E15A039 istasyonlarında %10' un altında AO(+) etkisi varken diğer istasyonlarda ise AO(-) etkisinin %10 ile %30 arasında olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 6 – NAO ve AO indekslerinin akım değerleri üzerindeki yüzdelik etkisi

Havza	İstasyon No	İstasyon Adı	NAO		AO	
			Qf (NAO,kış) / Qort (kış) %	Qf (NAO,son) / Qort (son) %	Qf (AO,kış) / Qort (kış) %	Qf (AO,son) / Qort (son) %
Yeşilirmak	D14A014	Ahullu	-5,60	8,83	5,56	14,90
	E14A012	Şeyhoğlu	-16,70	-11,12	-30,00	-12,40
	E14A022	Çiçekbükü	-2,10	-27,03	-10,90	3,40
	E14A024	Çırdak	-3,10	7,16	4,50	-0,20
Kızılırmak	D15A010	Yeşilhisar	-15,80	4,44	-27,60	-16,00
	D15A117	Ahmethacı	-10,30	-4,45	-7,20	11,90
	E15A035	Söğütlühan	-35,70	-26,56	-9,20	-4,20
	E15A038	Çeltik başı	-52,50	-17,03	-41,50	-24,10
	E15A039	Bulakbaşı	-44,40	-15,90	-22,00	9,60

Mevsim Ötelemeli Korelasyon

Bu bölümde atmosferik indekslerin bir mevsim sonraki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla lag 1 korelasyon analizleri hesaplanmıştır. Mevsimsel NAO ve AO indeks değerlerinin takip eden mevsimin akım değerleri ile korelasyonları hesaplanmış olup Çizelge 7 ve 8' de gösterilmiştir. Çizelgelerde Mevsim 1, kış

indekslerinin ilkbahar akımlarına etkisini; Mevsim 2, ilkbahar indekslerinin yaz akımlarına etkisini; Mevsim 3, yaz indekslerinin sonbahar akımlarına etkisini; Mevsim 4 ise sonbahar indekslerinin kış akımlarına etkisini ifade etmektedir.

Sonuçlar atmosferik indekslerin 1 mevsim öteleme etkisinin çok belirgin olmadığını

göstermektedir. Sadece Yeşilirmak havzası için 1 mevsim ötelemede önemli korelasyon Ahullu istasyonu için bulunmuştur. NAO' nun

mevsimsel öteleme etkisinin ilkbahar-yaz için Yeşilirmak havzasında daha belirgin olduğu söylenebilir.



Şekil 2 - Kış(sol) ve sonbahar(sağ) mevsiminde NAO(-) ve NAO(+) indeksinin akımlar üzerindeki etkisi



Şekil 3 - Kış(sol) ve sonbahar(sağ) mevsiminde AO(-) ve AO(+) indeksinin akımlar üzerindeki etkisi

Çizelge 7- NAO ile ortalama akım verileri arasında lag1 ötelemeli korelasyon katsayıları

Havza	İstasyon No	İstasyon Adı	Mesim 1 Kış-İlkbahar	Mevsim 2 İlkbahar-Yaz	Mevsim 3 Yaz-Sonbahar	Mevsim 4 Sonbahar-Kış
Yeşilirmak	D14A014	Ahullu	-0,07	0,26	-0,08	0,06
	E14A012	Şeyhoğlu	-0,02	0,16	0,19	0,11
	E14A022	Çiçekbükü	-0,02	0,13	0,17	-0,03
	E14A024	Çirdak	0,23	0,16	-0,01	-0,06
Kızılırmak	D15A010	Yeşilhisar	-0,11	0,10	0,20	0,21
	D15A117	Ahmethacı	-0,09	-0,07	0,06	-0,03
	E15A035	Söğütlühan	0,08	0,06	0,16	0,08
	E15A038	Çeltik başı	0,07	0,15	0,20	0,05
	E15A039	Bulakbaşı	-0,05	-0,02	-0,02	-0,14

Çizelge 8- AO ile ortalama akım verileri arasında lag1 ötelemeli korelasyon katsayıları

Havza	İstasyon No	İstasyon Adı	Mevsim 1 Kış-İlkbahar	Mevsim 2 İlkbahar-Yaz	Mevsim 3 Yaz- Sonbahar	Mevsim 4 Sonbahar- Kış
Yeşilirmak	D14A014	Ahullu	-0,08	0,14	-0,19	0,08
	E14A012	Şeyhoğlu	0,10	0,00	0,02	0,01
	E14A022	Çiçekbükü	0,01	-0,05	0,03	0,06
	E14A024	Çırdak	0,16	0,08	-0,11	-0,15
Kızılırmak	D15A010	Yeşilhisar	-0,06	0,17	0,12	0,17
	D15A117	Ahmethacı	-0,05	-0,10	0,03	-0,07
	E15A035	Söğütlühan	0,10	0,06	0,07	-0,11
	E15A038	Çeltik başı	0,17	0,04	-0,06	-0,10
	E15A039	Bulakbaşı	-0,07	-0,09	-0,01	-0,03

4 SONUÇLAR

Bu çalışmada Kızılırmak ve Yeşilirmak Havzaları'nda ölçülen akım değerleri üzerinde NAO ve AO indekslerinin etkileri incelenmiştir. Akım ve indeks değerleri arasında yıllık ve mevsimlik korelasyon değerleri bulunmuştur. Ayrıca negatif ve pozitif indeks değerlerinin etkilediği ortalama akım değerleri birbirinden çıkarılıp ortalama akım değerine bölünerek indeks değerlerinin akım üzerindeki etkileri yüzde olarak bulunmuştur [Sezen, C., 2018]. Böylece korelasyon değerleri ve negatif/pozitif faz değerleri birlikte değerlendirilerek yorumlanmıştır.

Veri grubu seçilirken eksiksiz akım ölçümü yapılan istasyonlarda DSİ Genel Müdürlüğü'nce erişime açılan verilerden uygun olan veri aralığı seçilmiştir. Bu nedenle uygun veriler 2015 yılına kadar elimizde bulunmaktadır. Gelecek çalışmalarda daha güncel verilerle ve ilave olarak başka yöntemler kullanılarak atmosferik indislerle arasındaki ilişkiye bakılabilir.

NAO ile akım verilerinin ilişkisine bakıldığında yıllık olarak ve kış mevsiminde Kızılırmak Havzası'nda önemli negatif korelasyonlar bulunmuştur. Yeşilirmak Havzası içinse anlamlı korelasyonlar bulunamamıştır. NAO(-) ve NAO(+) etkisi altında oluşan en önemli akım farkları özellikle kış ve sonbahar mevsimlerinde araştırılmıştır. Kış mevsiminde iki havzanın büyük bölümünde NAO(-) etkisi altında oluşan akımların, NAO(+) etkisi altında oluşan akımlardan fazla olduğu görülmüştür. Ancak sonbahar mevsiminde D14A014 istasyonunda olduğu gibi buna ters durumlarda gözlenmiştir. Bu durum Karadeniz Bölgesi'nin sahip olduğu yer şekilleri ve denizsel etkileri ile ilişkilendirilebilmektedir. [Kutiel vd, 2002; Türkeş ve Erlat, 2003].

AO yıllık indeksi ile yıllık ortalama akımlar arasında NAO indeksine benzer olarak, önemli negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Ancak NAO dan farklı olarak Yeşilirmak Havzası için de önemli korelasyonlar görülmüştür. Havzanın kıyı kesimine yakın olan D14A014 istasyonunda önemli pozitif korelasyon bulunmuştur. AO(-) ve AO(+) fazlarının toplam akım değerleri ile ilişkisi değişkenlik göstermektedir. Özellikle Yeşilirmak Bölgesi'nde kış mevsiminde D14A014 ve E14A024 istasyonlarında, sonbahar mevsiminde ise E14A022 ve D14A014 istasyonlarında AO(+) etkisi altındaki akım miktarının fazla olduğu söylenebilir. Bu daha önceki yıllarda, (Sezen, 2018) tarafından bulunan Karadeniz Bölgesi'nin kıyı bölümlerinde tespit edilen pozitif korelasyon sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Sonuç olarak bu çalışma, Yeşilirmak ve Kızılırmak Havzaları'nın, akım karakteristiklerinin küresel atmosferik indislerle ilişkisini ortaya çıkarmıştır.

5 KAYNAKLAR

- Bayazıt, M. ve Yeğen Oğuz, E. B., Mühendisler İçin İstatistik, Birsen Yayınevi, 166-168, İstanbul, Çağlayan, 2005
- Bozyurt, O., "Güneş aktivitelerinin Kuzey Atlantik Salınımı ve Arktik Salınım üzerindeki etkileri ile bunların yağış ve sıcaklık değerleri bakımından Türkiye'den örnekler ile değerlendirilmesi", Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2010
- Climate Prediction Center, National Weather Service, NOAA, 2019
<http://www.cpc.ncep.noaa.gov>
- Cullen, H.M. ve deMenocal, P.B., "North Atlantic Influence On Tigris- Euphrates Streamflow",

- International Journal Of Climatology, 20: 853-863.,2000
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, DSİ Akım gözlem yıllıkları, <http://www.dsi.gov.tr/faaliyetler/akim-gozlem-yilliklari>, 2019
- Erlat, E., "Türkiye' de Yağış Anomalileri Ve Kuzey Atlantik Salınımı Arasındaki İlişkiler", Klimatoloji Çalıştayı, Ege Üniversitesi, İzmir, 2002
- Iqbal, M.A., Penas, A., Cano-Ortiz, A., Kersebaum, K., Herrero, L., del Río, S., "Analysis of Recent Changes in Maximum And Minimum Temperatures in Pakistan", Atmospheric Research, 168, 234-249., 2016
- Kahya, E., Vazifekkah, S., Erdem, H., " Impacts of extreme phases of North Atlantic Oscillation on streamflow in Western Turkey", 12. International Congress on Advances in Civil Engineering, 2016
- Kutiel, H. and Benaroch, Y., North Sea-Caspian Pattern (NCP)—an upper level atmospheric teleconnection affecting the Eastern Mediterranean: Identification and definition. Theoretical and Applied , 2002.Climatology, 71(1). 17-28. doi. <https://doi.org/10.1007/s704-002-8205-x>
- Sezen, C., "Küresel Atmosferik İndislerin Türkiye' deki sıcaklık ve yağış verilerine olan etkisi", Yüksek Lisans Tezi, Ondokuzmayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018
- Trigo, R.M., Osborn, T.J., Corte-Real, J., "The North Atlantic Oscillation influence on Europe: climate impacts and associated physical mechanisms", Climate Research, 20, 9-17, 2002
- Türkes, M. ve Erlat, E., "Precipitation Changes and Variability in Turkey Linked To The North Atlantic Oscillation During The Period 1930-2000", International Journal of Climatology, 23: 1771-1796,2003
- Türkeş, M. ve Erlat E., "Influence of the Arctic Oscillation on the variability of winter mean temperatures in Turkey" , Theoretical and Applied Climatology, 92 (1-2).75-85, 2008
- Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S., López-Moreno J.I., El Kenawy A.M., Angulo, M., " Daily atmospheric circulation events and extreme precipitation risk in Northeast Spain: the role of the North Atlantic Oscillation, Western Mediterranean Oscillation and Mediterranean Oscillation", Journal of Geophysical Research, 114, 1-19, 2009
- Ward, P.J., Kumm, M., Lall, U., "Flood frequencies and durations and their response to El Niño Southern Oscillation: Global analysis", Journal of Hydrology, 539, 358-378, 2016
- Yarbaşı, G.E. ve Martı, A.İ., " Güneyli Salınımın Yeşilirmak havzası üzerindeki etkileri", Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 2(3): 112-121, 2019
- Yetmen, H., "GAP alanında Kuzey Atlantik Salınımı' na bağlı yağış ve akım değişimleri", Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006