

İKLİM ÇALIŞMALARI 2022

EDİTÖRLER/EDITORIAL

Faruk ALAEDDİNOĞLU, Pınar BOSTAN, Onur ŞATIR, Serkan KEMEÇ, Şevket ALP,
Atilla DURMUŞ, Hilal ÇELİK KAZICI, Ayşegül Feray MEYDAN, Songül ÖZER

Paradigma Akademi



İKLİM ÇALIŞMALARI 2022

EDİTÖRLER/EDITORIAL

Faruk ALAEDDİNOĞLU, Pınar BOSTAN, Onur ŞATIR, Serkan KEMEÇ, Şevket ALP,
Atilla DURMUŞ, Hilal ÇELİK KAZICI, Ayşegül Feray MEYDAN, Songül ÖZER

ISBN: 978-625-6957-17-6

Paradigma Akademi Yayınları
Sertifika No: 69606

Paradigma Akademi Basın Yayın Dağıtım
Fetvane Sokak No: 29/A
ÇANAKKALE
e-mail: fahrigoker@gmail.com

Yayın Sorumlusu
Nevin SUR

Dizgi&Kapak
Himmet AKSOY

Matbaa
Bulut Dijital Matbaa LTD. ŞTİ.
Sertifika No: 48120

Kitaptaki bilgilerin her türlü sorumluluğu yazarlarına aittir.

Bu Kitap T.C. Kültür Bakanlığında alınan bandrol ve
ISBN ile satılmaktadır. Bandrolsüz kitap almayınız.

Aralık 2022
Paradigma Akademi



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞANLIURFA İLİNDE YAŞANAN HİDROKLİMATOLOJİK KURAKLIKLARIN ZAMANSAL VE MEKANSAL DAĞILIŞININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ TABANINDA DEĞERLENDİRİLMESİ.....	1
Mustafa Recep İRCAN - Neşe DUMAN	
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE TEPKİ OLARAK BİTKİ GÖÇÜ	23
Büşra ARIK - Onur ŞATIR	
VAN GÖLÜ KIYILARINDAKİ SU ÇEKİLMELERİNİN KUŞLAR ÜZERİNE ETKİLERİ.....	33
Atilla DURMUŞ	
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BİTLİS İLİ HAYVANCILIK SEKTÖRÜNE OLASI ETKİLERİ	43
Ömer Faruk YILMAZ - Serkan KEMEÇ	
VAN GÖLÜ HAVZASINDA YER ALAN TALİ HAVZALAR VE SU BİLANÇOLARINA YÖNELİK BİR ALAN ÇALIŞMASI.....	51
Faruk ALAEDDİNOĞLU - Erkan YILMAZ	
KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ CİLDİMİZDEKİ YAŞLANMAYI HIZLANDIRIYOR MU?	101
Seda KESKİN - Eda AÇIKGÖZ - Mustafa ÇAKIR	

ŞANLIURFA İLİNDE YAŞANAN HİDROKLİMATOLOJİK KURAKLIKLARIN ZAMANSAL VE MEKANSAL DAĞILIŞININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ TABANINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

Mustafa Recep İRCAN*

ORCID ID: 0000-0002-3787-7688

Neşe DUMAN**

ORCID ID: 0000-0002-5398-8388

ÖZET

Kuraklık, su bütçesinin zamansal ve alansal kaideler içerisinde negatif değerler göstermesiyle meydana gelen çok boyutlu iklimik süreçler dizini olarak tanımlanmaktadır. Kuraklık, etkili olduğu sahada fiziki coğrafya değişkenlerine bağlı olarak çok yönlü olumsuz etkiler (*ekolojik/sosyolojik/ekonomik*) oluşturabilmektedir. Bu çalışmada coğrafi potansiyeliyle kuraklıktan etkilenebilirliği yüksek olan Şanlıurfa ilinin kuraklık durumu, uzun dönemli zaman serisi kapsamında hidroklimatolojik olarak değerlendirilmiştir. Kuraklık durumunun tespitinde Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) 48 aylık periyotta (*uzun dönemli*) analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında veri enterpolasyonuna tabi tutularak yaşanan kuraklıkların zamansal ve mekânsal dağılımları incelenmiştir. Çalışmada kullanılan veri 1965-2019 yılları arasındaki yağış verisi olup ilgili veriler Şanlıurfa Meteoroloji Müdürlüğünden temin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kuraklık gidişatının daha iyi değerlendirilmesi için I. ve II. Dönem olarak yorumlanmıştır. Buna göre Şanlıurfa ilindeki kurak yılların frekansı nemli dönemlerin frekansından azdır (*bu durumun temel nedeni verilerin başlangıç yılındaki yağış değerlerinin yüksek olmasıdır*). Ancak, bulgularda dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, son yıllara doğru yağış değerlerinde görülen azalma ve düzensizliklerdir. Bu durum, kurak dönemlerin şiddetinin, sıklığının ve süresinin son dönemlerde daha uzun yaşanmasına neden olmuştur. Elde edilen bulgular sahanın son yıllarda kuraklıktan olumsuz bir şekilde etkilendiği gerçeğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Sözcükler: Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Hidroklimatolojik Kuraklık, Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ), Şanlıurfa.

* Yüksek Lisans Mezunu, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çankırı/Türkiye, mustafarecepircan@gmail.com

** Doç. Dr., Çankırı Karatekin Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Uluyazı Kampüsü Çankırı/Türkiye, neseduman@karatekin.edu.tr

EVALUATION OF THE TEMPORARY AND SPATIAL DISTRIBUTION OF HYDROCLIMATOLOGICAL DROUGHTS IN SANLIURFA ON THE BASIS OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS

ABSTRACT

Drought is defined as a multidimensional climatic sequence of processes that occur when the water budget shows negative values in temporal and spatial patterns. Drought can create multiple negative effects (*ecological/sociological/economic*) depending on the physical geography variables in the area where it is effective. In this study, the drought situation of Şanlıurfa province, which is highly susceptible to drought with its geographical potential, was evaluated hydroclimatologically within the scope of long-term time series. In determining the drought situation, the Standardized Precipitation Index (SPI) was analyzed over a 48-month period (*long-term*). The findings obtained were subjected to data interpolation in the Geographical Information Systems environment and the temporal and spatial distributions of the droughts were examined. The data used in the study is the precipitation data between 1965-2019 and the relevant data was obtained from the Şanlıurfa Meteorology Directorate. The results obtained are in the I. and II. It is interpreted as a period. B According to this, the frequency of dry years in Şanlıurfa province is less than the frequency of humid periods (*the main reason for this is the high precipitation values in the beginning year of the data*). However, the most important point to be noted in the findings is the decrease and irregularities in precipitation values in recent years. This situation has caused the severity, frequency and duration of dry periods to be experienced longer in recent periods. The findings reveal the fact that the field has been adversely affected by drought in recent years.

Keywords: Geographic Information Systems (GIS), Hydroclimatological Drought, Standardized Precipitation Index (SPI), Şanlıurfa.

GİRİŞ

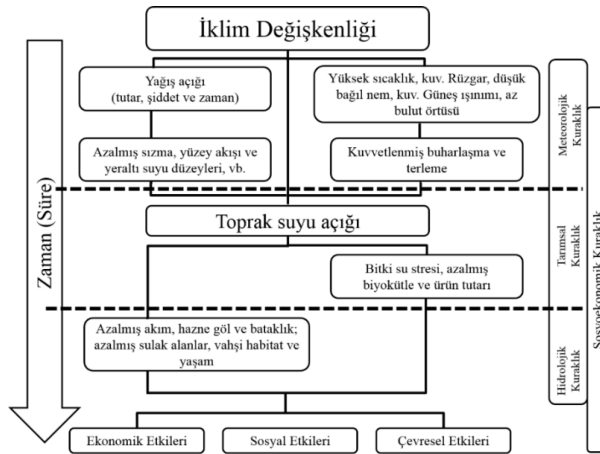
Yeryüzünde çeşitli meteorolojik süreçler sonucunda gelişen kuraklık, etkili olduğu bölgede canlı yaşamını derinden etkileyen en önemli sorunlardan biridir. Hava, su ve toprağın oluşturduğu yaşam üçgeni üzerinde olumsuz sonuçlar bırakması, daha fazla insanı etkilemesi, yavaş ve sinsi gelişmesi gibi durumlar kuraklığı diğer afetlerden farklı olarak karmaşık ve en az anlaşılabilen sınıfa koymuştur. Çok önemli etkileri bulunmasına rağmen kuraklığın kapsamı henüz tam olarak anlaşılmamış ve etkileri yeterince değerlendirilememiştir. Bu yüzden kuraklık üzerinde uzlaşılmış kesin bir tanım bulunmamaktadır. Yapılan tanımlar çalışılan disiplinlere göre farklılık göstermektedir (Sırdaş, 2002: 5).

Kuraklıkla alakalı olarak çeşitli bilim dallarında çok sayıda tanımlama bulunsa da genel olarak zaman, mekân, su bütçesi ve sıcaklığa bağlı terleme-buharlaştırma gibi belli başlı değişkenleri içermektedir. UNCCD (1995)'ye göre kuraklık, "*Bir bölgede kaydedilen yağışların, normal düzeyinin oldukça altında gerçekleştiği durumlarda ortaya çıkan ve arazi kaynaklarını üretim sistemlerini olumsuz biçimde etkileyerek ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan, doğal oluşumlu bir olaydır.*"

Kuraklık, ortamdaki su açığının belirli bir zamanda ortalamasının altına düşmesi olarak bilinmesine rağmen, aridite ve çölleşmeyle çok sık karıştırılan bir kavramdır. Bu üç terimin ortak yanı da *su bütçesinin negatif yönde değerler göstermesidir*. Ancak, su bütçesinde yaşanan

negatifliğin süresi ve etki derecesinin farklı oluşu, birbirinden farklı tanımların oluşmasını sağlamıştır. Kuraklık, iklimin neden olduğu geçici bir durumu ifade etmesine rağmen, aridite süreklilik göstermektedir. Bu yüzden aridite (İng.: *aridity*), yağış azlığına bağlı olarak devamlılık gösteren negatif su bütçesi şeklinde tanımlanabilir. Yani kuraklıkta belirli bir periyotta ya da herhangi bir zaman diliminde su bütçesinin ortalamasının altına düşmesi söz konusudur (İrcan, 2020: 13). Kuraklık ve aridite ayrımıyla ilgili olarak Koçman, (1993: 80), ariditeye kuraklıktan daha farklı ve daha kesin anlam yüklemektedir. Çölleşme ise “Özellikle kurak, yarı kurak, kurakça-yarı nemli ve nemlice-yarı nemli alanlar ile Akdeniz ikliminin egemen olduğu alanlarda, iklimsel değişimler ve insan etkinliklerini de içeren, fiziksel, biyolojik, siyasal, sosyal, kültürel ve ekonomik etmenlerin ve onların arasındaki ilişkilerin ve karmaşık etkileşimlerin oluşturduğu arazi bozulması ve/ya da ekolojik üretkenliğin azalması sürecidir” (Türkeş, 1990; 1999; 2011; 2012a; 2012b).

Kuraklık gerek bölgesel gerekse uluslararası birçok çevre tarafından meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik sınıflandırmaya tabi tutulmuştur (Wilhite & Glantz, 1985; Türkeş, 2014: 3; 2017: 55). Meteorolojik kuraklık, yağış miktarının normalden daha az gerçekleşmesi durumunu; tarımsal kuraklık, meteorolojik kuraklığa bağlı olarak topraktaki nemin etkilenmesiyle vejetasyon ile ilgili durumu; hidrolojik kuraklık, yağış azlığına bağlı su kaynaklarındaki azalma ile ilgili durumu; sosyoekonomik kuraklık, diğer kuraklıklara bağlı olarak üretim ile ilgili durumu ifade etmektedir (Şekil 1). Yani meteorolojik kuraklık, tarımsal ve hidrolojik kuraklıktan önce başlar, tarımsal kuraklık ise meteorolojik kuraklıktan sonra ancak, hidrolojik kuraklıktan önce meydana gelir (Sırdaş, 2002: 7; Yetmen, 2013b: 6).



Şekil 1: Kuraklık Çeşitleri ve Aralarındaki Arasındaki İlişki (USA- Nebraska University National Drought Mitigation Center'den yeniden düzenleyerek aktaran Türkeş, 2014: 3; 2017: 56).

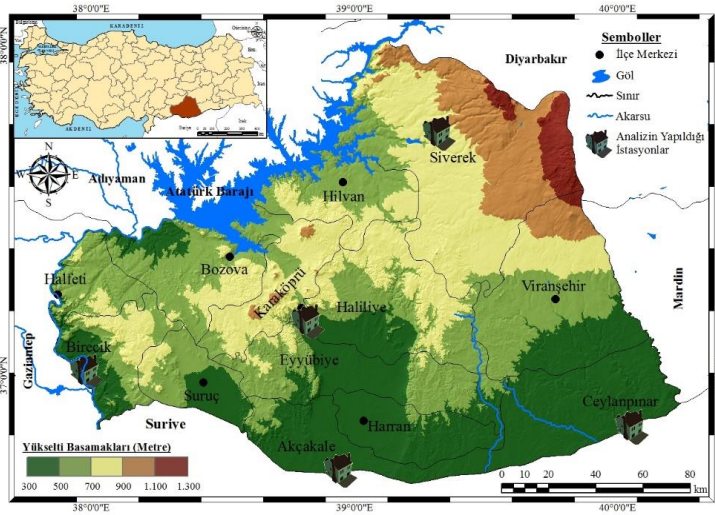
Yeryüzünde meteorolojik olarak başlayan kuraklık klimatolojisinin oluşum mekanizması genel olarak açıklanmaya çalışılırsa, oluşan kuraklıkların yerel etkiler, genel atmosfer sirkülasyon desenleri ile uzakbağlantı ilişkisi (*Teleconnection*) (*North Atlantic Oscillation (NAO)*, *Arctic Oscillation (AO)*, *El Niño–Southern Oscillation (ENSO)*) desenlerindeki değişimlerle bağlantılı olarak gelişen yüksek basınç sistemlerinin bir bölgeyi etkilemesi sonucunda oluştuğu ifade edilebilir (Erinç, 1996 ; Çiçek, 1995 ; Erlat ve Türkeş, 2012 ; Kutiel

vd., 2001 ; Kutiel ve Türkeş, 2005 ; Sırdaş, 2002; Türkeş, 1990, 2010, 2012a, 2014, 2018; Türkeş ve Erlat, 2003, 2005, 2006, 2008, 2009; Yetmen, 2013b).

Karmaşık süreç (Sırdaş, 2002: 5; Türkeş ve Tath, 2010: 246) ürünü olması, başlangıç ve bitişinin belirsiz olması, kümülatif olarak artması, aynı anda birden fazla kaynağa etkisi ve ekonomik boyutunun yüksek olması, kuraklığı diğer doğal afetlerden ayıran en önemli özelliklerdir (Kömüşçü vd., 2002; Ilgar, 2010: 185). Afetlerin şiddeti, oluşum süreleri, toplam ekonomik kaybı, sosyal etkisi ve kalıcılığı esas alınarak yapılan değerlendirmelerde kuraklık olayı, önem sırasına göre dünyada etkili olan 31 çeşit doğal afet içinde ilk sıralarda yer almaktadır (Ilgar, 2010: 185).

Canlı yaşamını derinden etkilemesi nedeniyle kuraklığı incelemek, izlemek ve etki derecesini belirlemek için çeşitli indisler geliştirilmiştir. Bunların arasında sık kullanılan Emberger (1955); Erinç (1965); De Martonne (1942); Köppen (1884); Palmer (1965); Strahler (1951); Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) (McKee vd., 1993, 1995) ve Thornthwaite (1948)'tır. Kuraklık indisleri sayesinde kuraklıkların zamana ve mekâna bağlı gelişimi belirlenip izlenmesi ve değerlendirilmesi yapılmaktadır. Yani konuyla alakalı risk durumları belirlenip kriz öncesi planların yapılması sağlanabilmektedir.

Bu çalışmada coğrafi konumu olarak Türkiye'nin güneydoğusunda, 37°49'12''-40°10'00'' doğu boylamları ile 36°41'28''- 37°57'50'' kuzey enlemleri arasında yer alan, iklimik olarak yazları sıcak ve kurak, kışları ve ilkbaharı yağışlı ve ılıman kontinental iklim özelliğine sahip Şanlıurfa ilinin (İrcan, 2020; İrcan ve Duman, 2021b) kuraklık durumu ele alınmıştır (Şekil 2). Kuraklık analizinde Standartlaştırılmış Yağış İndisi yöntemi, uzun dönem kuraklık indisi olarak adlandırılan (Sırdaş, 2002: 53) 48 aylık zaman serisinde hidroklimatolojik olarak incelenmiş ve bununla ilgili çeşitli önerilerde bulunulmuştur.



Şekil 2: Araştırma Sahasının Yeri ve Sınırları.

Çalışmanın hazırlanmasındaki temel amaç, Şanlıurfa ilinde yaşanan hidroklimatolojik kuraklıkların zamansal ve mekânsal dağılımını inceleyerek bununla ilgili çeşitli önerilerde bulunmaktır. Bu amaç dahilinde hazırlanan çalışmanın veri ve yöntem bölümünde araştırmada

kullanılan veriler ile kuraklık analizindeki metodoloji hakkında bilgiler verilmiştir. Bulgular bölümünde analiz sonuçları zamana ve mekâna bağlı hidroklimatolojik olarak yorumlanmıştır. Sonuç bölümünde ise bulguların genel değerlendirmesi yapıldıktan sonra önerilerde bulunulmuştur.

Veri ve Yöntem

Çalışmada kullanılan Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ)'nin tek meteorolojik değişken olarak yağışa göre hesaplanması nedeniyle işlemler 1965-2019 yağış verileri üzerinden yapılmıştır (1965 yılı yağış verisi 48 aylık hesaplandığında SYİ'de veri çıktısı 1969 yılından itibaren verilmektedir. Bu yüzden de araştırma sahasında yaşanan kuraklıklar 1969-2019 yılları arasında değerlendirilmiştir). Bunun için ilgili veriler Şanlıurfa Meteoroloji Müdürlüğünden temin edilmiştir. SYİ yönteminde uzun dönem olarak adlandırılan 48 aylık zaman serisi (Sırdaş, 2002: 53) kullanılmış ve bu zaman serisi içerisindeki kuraklıkların zamansal ve mekânsal dağılışı hidroklimatolojik olarak yorumlanmıştır. Kuraklık gidişatının daha iyi değerlendirilmesi için bulgular I. (Ocak 1969-Haziran 1994) ve II. Dönem (Temmuz 1994-Aralık 2019) halinde yorumlanmıştır. Yapılan analizde 30 yılın üstünde sürekli ölçümlerin yapıldığı Şanlıurfa merkez, Akçakale, Birecik, Ceylanpınar ve Siverek istasyonlarının kuraklık durumu analiz edilmiştir (Tablo 1; Şekil 2). Ancak araştırma sahasındaki Halfeti, Harran ve Suruç istasyonlarının son zamanlarda kurulmuş olması; Bozova, Hilvan ve Viranşehir istasyonlarının ise yıllar arası ölçüm eksikliğinin bulunması nedeniyle bu istasyonlar kullanılan yöntemden muaf tutulmuştur.

Tablo 1: Analizin yapıldığı istasyonların bilgileri

İstasyonlar	İstasyon No.	Yükselti (Metre)	Enlem (Kuzey)	Boylam (Doğu)
Merkez	17270	550	37° 09'	38° 47'
Akçakale	17980	365	36° 43'	38° 56'
Birecik	17966	347	37° 00'	37° 58'
Ceylanpınar	17968	360	36° 50'	40° 01'
Siverek	17912	801	37° 45'	39° 19'

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ)

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ "*İng.: Standardized Precipitation Index-SPI*"), birçok araştırmacı tarafından sıklıkla kullanılan kuraklık analiz yöntemlerinden biridir. Bu yöntem, 1993 yılında McKee, Doesken ve Kleist tarafından geliştirilmiştir. SYİ metodunda kullanılan tek meteorolojik değişken yağıştır. Bu yönüyle diğer analiz yöntemlerine göre daha avantajlıdır. SYİ'nin diğer avantajlı yönleri ise şunlardır: Hesaplaması kolaydır; sadece olasılıkla ilgilidir; devam eden periyottaki yağış eksikliğini hesap eder; normal dağılımlıdır, bu sebeple kurak periyot gibi nemli periyotlar da izlenebilmektedir; kar yığını, su biriktirme haznesi, nehir akımı, toprak nemi ve yeraltı suyu gibi değişkenler hesaplanabilir. SYİ'nin en önemli sakıncası ise başlangıç bilgilerine bağlı olarak değerlerinin değişebilmesidir (Sırdaş, 2002: 57-58).

Dünya’da ve Türkiye’de SYİ kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır. Dünya’da Edwards (1997); Moreira vd. (2006); Patel vd. (2007); Lı vd. (2008); Fathabadi vd. (2009); Chen vd. (2009); Kim vd. (2009); Karavitis vd. (2011); Santos vd. (2011); Zhang vd. (2012); Di Lena (2013); Merkoci vd. (2013); Liu (2013)’nun çalışmaları SYİ üzerine hazırlanmış çalışmalara örnek olarak verilebilir.

Türkiye’de Aksever (2019); Bacanlı vd. (2019); Çaldağ vd. (2004); Dinç vd. (2016); Gümüş vd. (2016); Ilgar (2010); İrcan (2020); İrcan ve Duman (2021a); İrvem vd. (2019); Karabalut (2020); Karaer vd. (2018); Keskiner vd. (2016); Kıymaz vd. (2011); Kızılelma ve Karabalut (2011); Kömüşçü vd. (2003); Pamuk vd. (2004); Sırdaş (2002); Sırdaş ve Şen (2003); Şener ve Şener (2019); Tatlı ve Türkeş (2011); Terzi vd. (2019); Topçuoğlu vd. (2008); Türkeş ve Tatlı (2008); Türkeş ve Tatlı (2010); Yetmen (2013a, 2013b, 2014); Yetmen vd. (2017); Yüceerim vd. (2019)’nin çalışmaları SYİ üzerine hazırlanmış araştırmalara örnek olarak gösterilebilir.

SYİ yöntemi uzun zaman ölçeğinde yağışlarda meydana gelen değişikliğe bağlı olarak, kurak ve nemli dönemlerin belirlenmesi açısından önemlidir. En az 30 yıllık yağışlar kullanılarak, bu yağışların 1, 3, 6, 12, 24, 48 aylık vb. zaman serilerinde toplam yağışlar üzerinden yapılan işlemlerle veri çıktısı elde edilir.

İlgili zaman serilerinde (1, 3, 6, 12, 24, 48 vb.) incelenen SYİ farklı ölçekte salınımlar göstermektedir. Bu nedenle 1 ve 3 aylık değerler meteorolojik anlamda kuraklık koşullarını yorumlamak için kullanılabilir. Öte yandan, 3, 6 ve 9 aylık SPİ değerleri mevsimsel yağış tahminine imkân sağlarken, yağış koşullarında meydana gelen kuraklık eğilimlerini (Wu vd., 2001, 746) açıklar. 12 aylık SYİ değerleri orta ölçekteki/dönemdeki (Sırdaş, 2002: 53) kuraklık durumlarını koyar. 1, 3, 6, 9 ve 12 gibi kısa süreli ve orta ölçekli zaman serisinde analiz edilen kuraklıklar meteorolojik veya tarımsal kuraklıklar için kullanılabilirken 24, 48 aylık gibi uzun dönemde (Sırdaş, 2002: 53) incelenen kuraklıklar akarsu akışları, baraj ve hatta yeraltı suyu seviyeleri gibi hidrolojik anlamda yaşanan kuraklıkların tespitinde kullanılabilir. İrcan (2020) ile İrcan ve Duman (2021a)’nın kısa dönemli ve orta dönemli SYİ çalışmasından farklı olarak bu çalışmadaki kuraklıklar uzun dönemde (48 aylık) hidroklimatolojik olarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular ise ArcGIS for Desktop 10.x yazılımında enterpole edilerek mekânsal hale dönüştürülmüştür.

SYİ indis değerlerinin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır. Değerin sıfır altına düştüğü ay kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken, indisin pozitif değerlere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir (McKee vd., 1993). Formül 1’de belirtildiği gibi belirlenen zaman dilimlerinden (1, 3, 6, 12, 24, 48 vb. ay), yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesiyle elde edilir. Analiz sonucu nemlilik ve kuraklık durumları Tablo 2’deki değerlendirmeye göre belirlenir:

$$SYİ = \frac{x_i - \bar{X}_i}{\sigma} \quad [1]$$

SYİ: Standartlaştırılmış yağış indisini, x_i : Aylık yağış miktarını, \bar{X}_i : Uzun dönemli yağış ortalamasını, σ : Uzun dönemli yağışlardaki standart sapmayı, ifade etmektedir.

Tablo 2: Standartlaştırılmış Yağış İndisine Göre Kuraklık ve Nemlilik Sınıflandırılması.

SYİ Değerleri	SYİ Sınıflandırması
2,00 ve üstü	Aşırı Nemli
1,99 ile 1,50	Çok Nemli
1,49 ile 1,00	Orta Düzeyde Nemli
0,99 ile 0	Hafif Nemli
0 ile (-0,99)	Hafif Kurak
(-1,00) ile (-1,49)	Orta Düzeyde Kurak
(-1,50) ile (-1,99)	Şiddetli Kurak
-2,00 ve altı	Aşırı Kurak

SYİ değerlerinin hesaplanmasında; en az 30 yıllık periyoda sahip aylık yağış dizileri (m boyutunda) hazırlanır. Yağış eksikliğinin farklı su kaynaklarına etkisi dikkate alınarak indislerdeki değişimlerin gözleneceği 3, 6, 12, 24 ve 48 aylık (i) gibi farklı zaman dilimleri belirlenir. Bu zaman dilimleri yağıştaki eksikliğin kullanılabilir su kaynaklarına olan etkisinin ne kadar sürede hissedilebileceği gibi sübjektif bir mantığa göre seçilmiştir. Örneğin herhangi bir ayda yağışta meydana gelen azalma toprak nemine hemen etki edebilirken, yeraltı sularının ve nehirlerin bundan etkilenmesi daha uzun süreli bir zaman dilimi içinde gerçekleşir. Her zaman dilimindeki veri dizileri kayan bir özellikte olup o ayın indis değeri önceki (i) ayların değerlerine göre belirlenir. Daha sonra her veri seti Gamma dağılıma uygun hale getirilir. Böylece yağış olasılıkları tanımlanır (Pamuk vd. 2004: 102).

Gamma dağılımı, klimatolojik zaman serilerine en uygun dağılımdır. Gamma dağılımı, dağılım frekansı veya olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tanımlanmaktadır (Thom, 1958).

$$g(x) = \frac{1}{\beta^a T(a)} x^{a-1} e^{-x/\beta} \quad [2]$$

Formül 2’de kullanılan bu değerlerden

$\beta > 0$, β ölçek parametresini; $a > 0$, a şekil parametresini; $x > 0$, x yağış miktarını ve $T(a)$, ise gamma fonksiyonunu ifade etmektedir.

Gamma olasılık yoğunluk fonksiyonunun alfa ve beta parametrelerinin tahmininde maksimum olasılık çözümleri a ve β tahmininde kullanılır (Formül 3).

$$a = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \text{ ve } \beta = \frac{\bar{x}}{a} \text{ olarak tanımlanır.} \quad [3]$$

Formül 3’teki A ise Formül 4’ten elde edilir.

$$A = In(\bar{x}) - \frac{\sum In(x)}{n} \quad [4]$$

Formül 4’teki denklemden n , yağış gözlemlerinin sayısını ifade etmektedir. Bu parametreler hesaplandıktan sonra herhangi bir istasyonun bir ay ya da diğer zaman ölçekleri içerisinde gözlenen yağış değerinin kümülatif olasılık dağılım fonksiyonu Formül 5’teki şekliyle tanımlanmaktadır.

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\beta^a T(\hat{a})} \int_0^x x^{a-1} e^{-x/\beta} dx \quad [5]$$

Gamma fonksiyonu $x=0$ için tanımsızdır ve yağış dağılımı sıfır değerini içerebilmektedir. Buna göre kümülatif olasılık değeri Formül 6'daki gibidir:

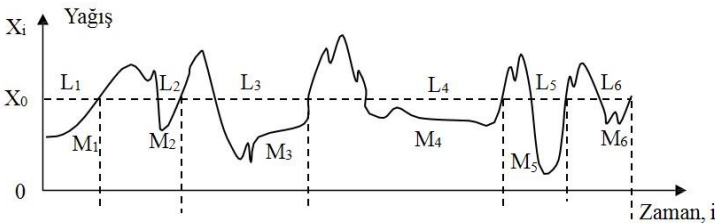
$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad [6]$$

Bu eşitlikteki q , sıfırı (0) yani yağışların bulunmamasını ifade eder. Eğer ki “ m ” zaman serisi içerisindeki 0 (sıfır) değerini ifade etmek için kullanılırsa “ $q = m / n$ ” şeklinde tanımlanabilir.

Kümülatif olasılık değeri olan $H(x)$, ortalaması sıfır (0) ve varyans değeri ise bir (1) ile standart rastgele değerli Z değerine dönüştürülür. $H(x)$ bir SYİ değeridir. Bu durum Panofsky ve Brier (1958) tarafından tanımlanan formun dağılımının bir değişim olarak yeni bir dağılıma dönüşümü için gerekli özelliğdir. SYİ değerlerinin normalize edilmesi, yağışın belirli zaman ölçeklerinde alandaki değişikliklerinin fark edilmesini ve bu değişikliklerin yorumlanmasını sağlamaktadır (McKee vd. 1993; Guttman, 1999; Kıymaz vd. 2011; Kömüşçü vd. 2002; Pamuk vd. 2004; Sırdaş, 2002; Yetmen, 2013b; İrcan, 2020; İrcan ve Duman, 2021a). Ayrıca SYİ hesaplamasında bazı bilgisayar programları geliştirilmiştir. Bu programlar sayesinde istenilen periyotlarda kuraklık analizi yapılabilmektedir (WMO, 2012).

Gidişler Analizi

Kuraklık analizinde yağış verilerinin ortalamadan çıkartılıp $(x_i - \bar{X}_1)$ standart sapmaya (σ) bölünüp normalize edilmesiyle nemlilik ve kuraklık değerleri elde edilir (Formül 1). Şekil 3'teki gibi elde edilen değerlerin X_0 'ın üstünde kaldığı dönemler nemli dönemleri, X_0 'ın altında kaldığı “ $M_1, M_2 \dots M_j$ ” dönemler ise kurak dönemleri ifade etmektedir. Yani negatif gidişler kurak dönemlere karşılık gelir. Kurak dönemlerdeki negatif gidiş uzunluğu “ $L_1, L_2 \dots L_j$ ” kuraklığın süresini (periyodunu) ifade etmektedir (Yevjevich, 1967; Sırdaş, 2002: 63; Sırdaş ve Şen, 2003: 99).



Şekil 3: Nemli ve Kurak Gidişler (M_j : Kuraklık Genliği; L_i : Kuraklık Periyodu).

Kuraklık genliği, Formül 7'deki eşitlikle elde edilir.

$$M_j = \sum_{i=t}^m |X_0 - x_i| \quad [7]$$

Eşitlikteki X_0 , SYİ'deki kuraklık kesim seviyesini, X_i ise, başta tanımlanan standartlaştırılmış seridir.

Kuraklık şiddeti (I_j) ise, kuraklık genliğinin (M_j) kuraklık süresine (L_j) bölünmesiyle elde edilir. Bu durum Formül 8'deki eşitlik ile ifade edilir (Sırdaş, 2002: 64; Sırdaş ve Şen, 2003: 99):

$$I_j = \frac{M_j}{L_j} \quad [8]$$

IDW (Inverse Distance Weighted) Enterpolasyon Yöntemi

IDW yöntemi bir enterpolasyon yöntemidir. Bu yöntem örneklem verilerden grid üretmede sıkça kullanılan enterpolasyonlardan biridir. IDW yöntemi bilinen örnek noktalara ait değerlerin yardımıyla, örneklenmeyen başka noktalara ait hücresel değerlerin belirlenmesi için kullanılan tekniktir. Bu yöntemde verilen genel dağılımı, eğilimi, anizotropi ve kümelenmesi gibi özellikleri inceleyip sadece verileri yerel olarak değerlendirilip, karşılaştırılmasını yapılmaktadır. Deterministik bir yöntemdir (Korkmaz Başel vd., 2008; Doğan vd., 2013). IDW tam bir ara değer üreticisidir. IDW tahmincisi Formül 9'daki gibidir (Lloyd, 2007; Demircan vd., 2011).

$$z(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^n z(X_i) \cdot d_{i0}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{i0}^{-r}} \quad [9]$$

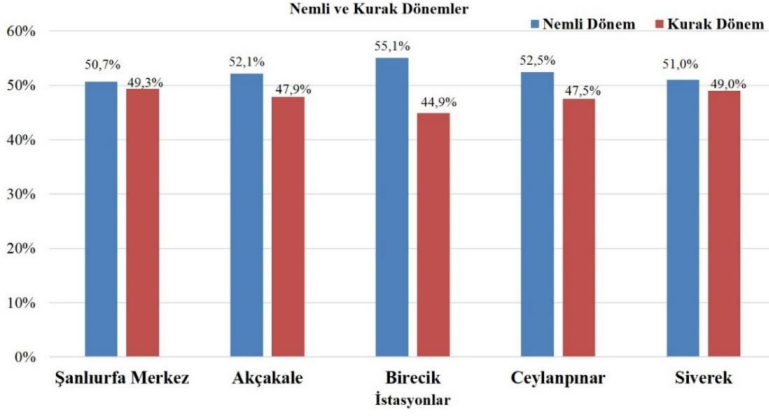
Tahminlerin yapıldığı X_0 lokasyonu, komşu ölçümleri n 'nin bir fonksiyonudur ($z(X_{0i})$ ve $i=1,2,\dots,n$); r gözlemlerin her birinin atanmış aralığını belirleyen üstür ve d gözlem lokasyonu X_i ile tahmin lokasyonu X_0 'ı ayıran mesafedir. Üs büyüdükçe, tahmin lokasyonundan uzak mesafedeki gözlemlerin atanmış ağırlığı küçülür. Üssün artması, tahminlerin en yakınındaki gözlemlere çok benzediğini gösterir (Demircan vd., 2011). Matematiksel formülü açıklanan IDW, bir coğrafi bilgi sistemleri yazılımı olan ArcGIS for Desktop 10.x programında hesaplanıp konuyla alakalı çeşitli haritaları üretilmesinde kullanılmıştır.

BULGULAR

Türkiye gibi kuraklık süresinin fazla olduğu sahalarda, yağışın azalması, sıcaklıkların artması yaşanan kuraklıkların, canlı yaşamını olumsuz bir şekilde etkilemesine neden olmaktadır. Şanlıurfa ilinin kuraklık açısından riskli bir coğrafyada yer alması, bu konuda yapılan çalışmaların önemini bir kez daha ortaya koymaktadır. Özellikle araştırma sahasındaki istasyonların iklim özelliğinin çoğunu kurak/yarı kurak iklimin oluşturması (Türkeş, 1990: 72; Çiçek, 1995: 85; Kızılelma ve Karabulut 2011; İrcan, 2020: 124; İrcan ve Duman, 2021a; 2021b; Duman ve İrcan, 2021), iklimsel değişikliklere çok hızlı tepkiler vererek bu değişikliklerden sahanın olumsuz bir şekilde etkilenmesine neden olmaktadır.

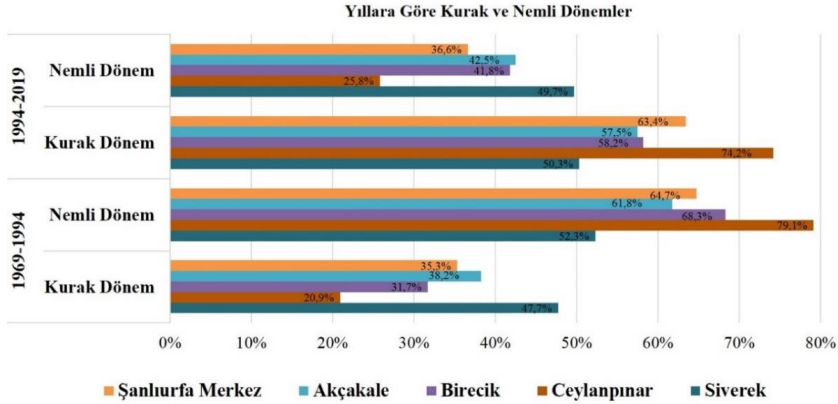
Araştırma sahasındaki istasyonların SYİ sonuçları incelendiğinde nemli ve kurak dönemler arasında yüksek bir farkın bulunmadığı nemli dönemlerin frekans yüzdesinin %50,7 ile %55,1 arasında (Şanlıurfa merkezde %50,7; Siverek'te %51; Akçakale'de %52,1; Ceylanpınar'da %52,5; Birecik'te %55,1) değiştiği; kurak dönemlerin ise %44,9 ile %49,3

arasında (Birecik'te %44,9; Ceylanpınar'da %47,5; Akçakale'de %47,9; Siverek'te %49; Şanlıurfa merkezde %49,3) değiştiği, toplamda nemli dönemlerin kurak dönemlerden daha fazla olduğu gözlenmektedir (Şekil 4).



Şekil 4: Araştırma Sahasındaki İstasyonların Nemli ve Kurak Dönemler Grafiği.

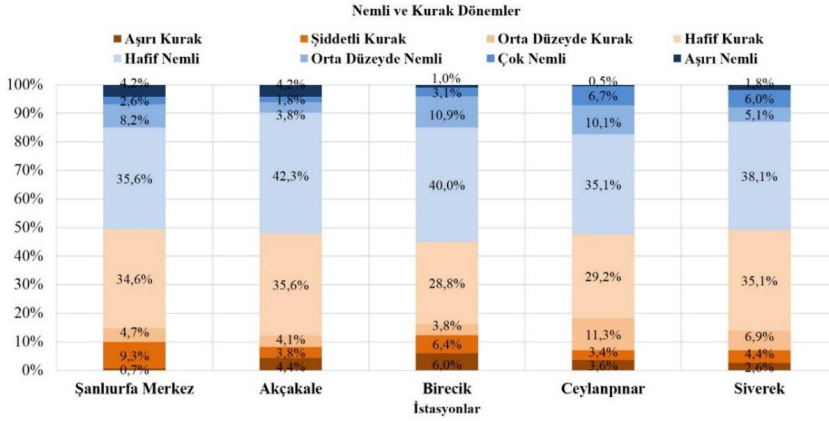
Nemli dönemler frekans yüzdesinin kurak dönemlerden daha fazla olduğu görülse de son yıllara doğru kurak dönemlerdeki frekans artışının önemli düzeyde olduğu dikkat çekicidir. Kurak dönemler frekansındaki bu artış Şekil 5'teki grafik ile SYİ'nin zaman periyodu içinde dağılımının gösterildiği Şekil 9'da net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 5: Araştırma Sahasındaki İstasyonların Yıllara Göre Nemlilik ve Kuraklık Durumları.

Nemli ve kurak dönem sınıflarından en fazla frekans yüzdesine sahip olan sınıflandırmanın hafif nemli ve hafif kurak sınıflandırma olduğu görülmektedir. İstasyonlara göre hafif nemli dönemlerin frekans yüzdesi %35,1 (Ceylanpınar) ile %42,3 (Akçakale); hafif kurak dönemlerin frekans yüzdesi ise %28,8 (Birecik) ile %35,6 (Akçakale) arasında değişmektedir. En az frekans yüzdesine sahip kuraklık/nemlilik sınıfları ise aşırı nemli ve aşırı kurak sınıflardır. Aşırı nemli dönemlerin frekans yüzdesi %0,5 (Ceylanpınar) ile %4,2

(Şanlıurfa merkez ile Akçakale); aşırı kurak dönemlerin frekans yüzdesi ise %0,6 (Şanlıurfa merkez) ile %6 (Birecik) arasında değişmektedir (Şekil 6).



Şekil 6: Araştırma Sahasındaki İstasyonların Nemli ve Kurak Dönemler Sınıfları Grafiği.

Araştırma sahasındaki istasyonların kuraklık olasılıkları incelendiğinde en fazla kuraklık olasılığının normale yakın kuraklık (0,70 (Şanlıurfa merkez ile Siverek) ile 0,62 (Ceylanpınar)) olduğu görülmektedir. Bunun dışında diğer kuraklık sınıflarında orta düzeyde (0,24 (Ceylanpınar) ile 0,08 (Birecik)) ve şiddetli kuraklıkların (0,07 (Ceylanpınar) ile 0,19 (Şanlıurfa merkez)) en sonunda ise aşırı kurak sınıfların (0,01 (Şanlıurfa merkez) ile 0,13 (Birecik)) kuraklık olasılıklarının yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 3).

Tablo 3: Araştırma Sahasındaki İstasyonların Kuraklık Olasılıkları.

	Şanlıurfa Merkez	Akçakale	Birecik	Ceylanpınar	Siverek
Aşırı Kurak	0,01	0,09	0,13	0,08	0,06
Şiddetli Kurak	0,19	0,08	0,14	0,07	0,09
Orta Düzeyde Kurak	0,10	0,09	0,08	0,24	0,15
Normale Yakın Kurak	0,70	0,74	0,64	0,62	0,70

Zamana bağlı olarak uzun dönemde yaşanan hidroklimatolojik kuraklıklardaki sıklık Şekil 9'da görülmektedir. ArcGIS for Desktop 10.x yazılımında SYİ analizi sonucunda elde edilen bulguların enterpole edilmesiyle hazırlanan haritalardan kurak/nemli dönemlerden önemli 16 yıl seçilip çalışmaya aktarılarak kuraklık/nemlilik dönemlerin mekâna bağlı dağılımları da gözlenmiştir. Gerek haritalarda gerekse grafiklerde ilk yıllardan olan I. Dönemdeki yılların (1969, 1971, 1978, 1998 vb. yıllar) çok daha nemli olduğu; II. Dönemdeki yılların (2008, 2010, 2011, 2017 ve 2018 vb. yıllar) ise çok daha fazla kurak olduğu görülmektedir. Yani 1969-2019 yılları arasındaki ilk dönemde (1969-1994) nemli dönemlerin frekansı daha fazla iken, ikinci dönemde (1994-2019) kurak dönemlerin frekansı daha fazladır (Şekil 5, 7, 8 ve 9). Yani negatif anomali olarak yaşanan kuraklıkların süresinin, genliğinin ve şiddetinin son dönemlerde maksimum seviyelere ulaştığı görülmektedir.

Kuraklık şiddeti bakımından araştırma sahasındaki tüm istasyonlarda (Siverek istasyonu dışında tüm istasyonlarda) en yüksek değerlerin ikinci dönem (1994-2019) içerisinde yer alan

2011 yılında (*Birecik'teki kuraklık şiddeti en yüksek değerlere 2017 yılında ulaşmıştır*) gerçekleştiği; nemlilik koşullarının ise birinci dönem olan 1969-1970 yıllarında gerçekleştiği görülmektedir. En şiddetli kuraklıklar Şanlıurfa merkezde -2,25 (2011 yılında); Akçakale'de -2,50 (2011 yılında); Birecik'te -2,77 (2017 yılında); Ceylanpınar'da -2,53 (2011 yılında); Siverek'te -2,88 (1973 yılında)'dir (Şekil 9).

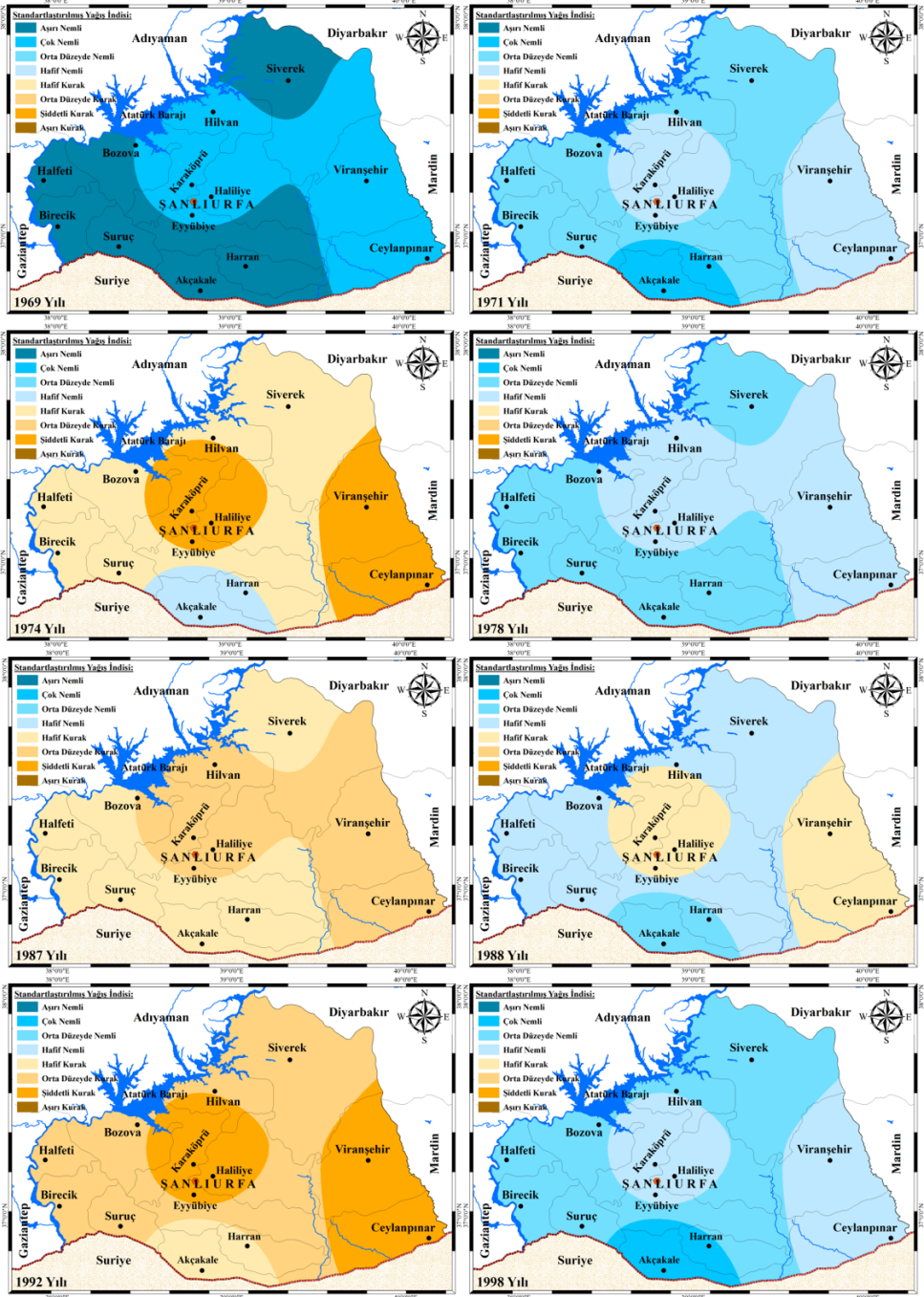
Sahadaki kuraklık süresinin ise aynı şekilde ikinci dönem olan 1994-2019 yılları arasında yaşandığı görülmektedir (*Siverek istasyonu dışında tüm istasyonlarda*). Yaşanan kuraklık/nemlilik sürelerinden en uzun periyoda sahip zaman dilimleri:

Şanlıurfa merkezde kurak dönem 2006-2012 yılları arasında; nemli dönem 1969-1972 yılları arasında; Akçakale'de kurak dönem 2006-2016 yılları arasında; nemli dönem 1978-1983 yılları arasında; Birecik'te kurak dönem 2008-2018 yılları arasında; nemli dönem 1974-1980 yılları arasında; Ceylanpınar'da kurak dönem 2008-2019 yılları arasında; nemli dönem 1969-1972 yılları arasında; Siverek'te kurak dönem 1971-1978 yılları arasında; nemli dönem 1994-2000 yılları arasındadır (Şekil 9).

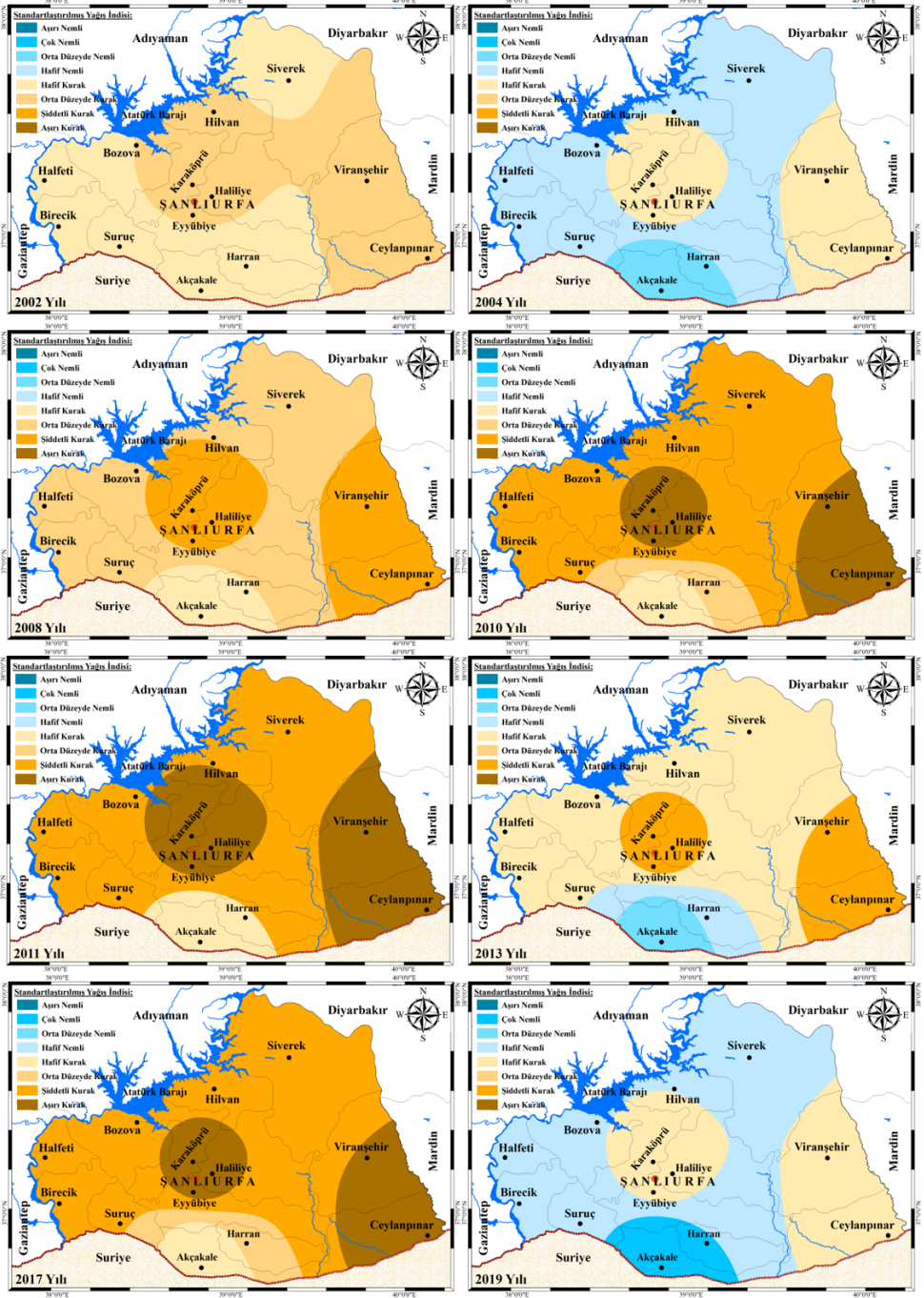
Belirli aralıklarda bir ya da birkaç yılı kapsayacak şekilde, yağıştaki azalmalara bağlı, yaşanan bu kuraklıkların, genel atmosfer sirkülasyon desenleri, uzakbağlantı ilişkisi (*Teleconnection*) ve bölgesel/yerel topografik koşullara göre değişebildiği söylenebilir. Özellikle araştırma sahasında kuzeyde bulunan Siverek istasyonunun diğer istasyonlara göre yerel özelliklerinin farklı oluşu daha nemli bir özellikte olmasına ve zaman serisinde yaşanan kuraklıkların diğer istasyonlardan farklı salınımlar göstermesine neden olmuştur.

Araştırma sahasındaki kuraklık frekanslarının tekrarlanan özellikte olduğu görülse de son yıllara doğru yaşanan yağış eksikliğine bağlı olarak kuraklık durumlarının şiddeti ve sıklığının arttığı görülmektedir. Yağışın negatif anomali olduğu yıllar (*1973, 1982, 1984, 1989, 1990, 1995, 1999, 2000, 2002 ve 2005'ten 2017'ye kadar olan yıllar*) araştırma sahasında farklı şiddetteki kuraklıkların yaşandığı dönemleri oluşturmaktadır. Zaman serisi içerisinde, yağıştaki negatifliğe bağlı olarak, yaşanan kuraklıklardan bazılarının Kuzey Atlantik Salınımı'nın kuvvetli pozitif olduğu yıllarda (Erlat, 2002; Hızarcıoğlu, 2010: 16; Türkes ve Erlat, 2003: 330; Yetmen, 2013b: 113; Yetmen, 2014: 92) oluşması bölgedeki kuraklıkların Kuzey Atlantik Salınımı ile bağlantılı olduğunu da ortaya koymaktadır.

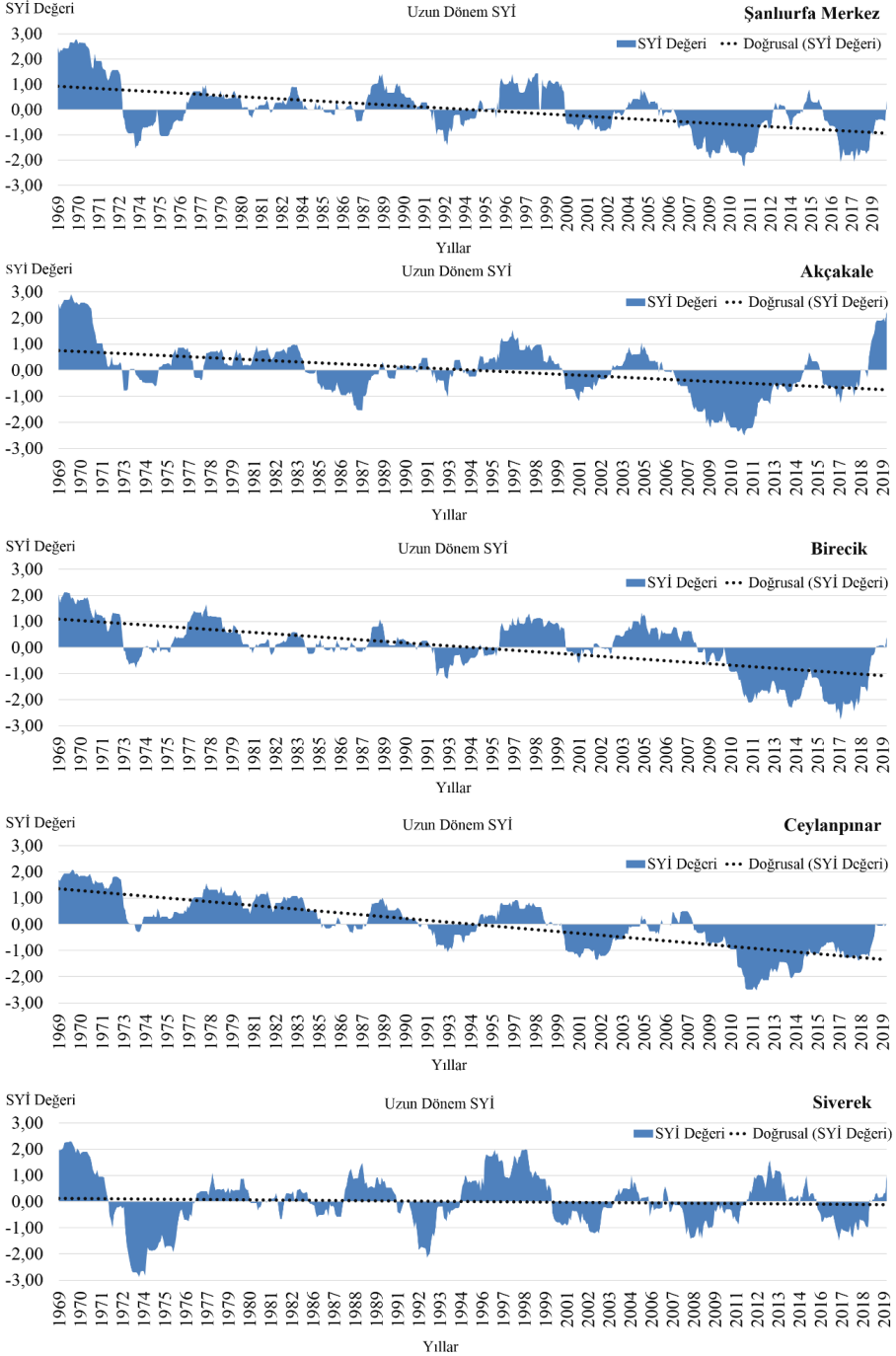
Elde edilen bu sonuçlar konu ile ilgili olarak yapılmış diğer çalışmalarda (Kızılelma ve Karabulut, 2011; Gümüş vd., 2016; Yetmen vd., 2017; İrcan, 2020: 124; İrcan ve Duman, 2021a; 2021b; Duman ve İrcan, 2021) da kuraklığın şiddetinin sıklığının ve süresinin artmasıyla kendini göstermiştir. Çalışmada kullanılan zaman periyodunun, uzun dönemli (48 aylık) hidroklimatolojik olarak incelenmesi, yaşanan nemli ve kurak dönemlerin yavaş hareket ederek yağıştaki değişimlere daha uzun zaman ölçeğinde yavaş cevap vermesine neden olmuştur (Şekil 9).



Şekil 7: Şanlıurfa ilinin farklı yıllara ait kuraklık haritaları (1969-1998).



Şekil 8: Şanlıurfa ilinin farklı yıllara ait kuraklık haritaları (2000-2019).



Şekil 9: Araştırma sahasındaki istasyonların uzun dönem SYI grafikleri.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kuraklık, yeryüzündeki canlı yaşamını olumsuz yönde etkileyen karmaşık süreçlerin ürünü olan doğal bir olaydır. Makro iklim koşulları itibariyle büyük bölümü “*yazları sıcak ve kurak kışları ılık ve yağışlı*” olarak bilinen Akdeniz İklimi’nde bulunan Türkiye’de kuraklık sıklıkla tekrar eden bir olgu konumundadır. İklim koşulları itibariyle Türkiye’de yazların kurak olduğu dönemin öncesindeki ya da sonrasındaki kışı da kurak geçirmesi, kurak ve yarı kurak iklime sahip Şanlıurfa ili (İrcan, 2020; İrcan ve Duman, 2021b) gibi alanlarda çevresel, sosyal ve ekonomik yönlerden birçok sorunun yaşanmasına neden olabilmektedir.

Standartlaştırılmış Yağış İndisi yöntemiyle 1965-2019 yılları arasındaki yağış verileri kullanılarak Şanlıurfa ilindeki hidroklimatolojik kuraklıkların zamansal ve mekânsal dağılışı incelenmiştir. Sahasındaki yağış verilerinin kurak ve yarı kurak iklim özelliğinin tezahürü olarak yıllara göre farklılık göstermesi nemli ve kurak dönemlerin aralanmasını sağlamıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde araştırma sahasında kurak yılların frekansı nemli yılların frekansından azdır. Bu durumun temel nedeni, “*SYI’nin başlangıç bilgilerine bağlı olarak değişmesinden*” (Sırdaş, 2002: 57) kaynaklanmaktadır. Çünkü yağış verilerinin başlangıç zamanı olarak kullanılan 1965 yılına yakın dönemlerde araştırma sahasındaki birçok istasyonun yağış değerleri ortalamanın oldukça üzerindedir. Ancak, son dönemlere doğru yağışlardaki azalma ve düzensizlikler, kurak dönemlerin şiddetinin, sıklığının ve süresinin (*son yıllarda*) daha fazla sürmesine neden olmuştur. Yaşanan kuraklıkların son dönemlere doğru artma durumu araştırma sahadaki yağış değerlerinin azalması (Bahadır, 2011; Çiçek ve Duman, 2015; İçel ve Ataol, 2014; Türkeş vd., 2005; Türkeş vd., 2007; Türkeş vd., 2009; İrcan, 2020; Duman ve İrcan, 2021), sıcaklık değerlerin artışı ile birtakım atmosferik ilişki ve desenlerin sonucunda gelişen bir durumdur. Yağışın azalması yanında sıcaklık artışlarına yönelik diğer çalışmalardaki sonuçlar (Bahadır, 2011; İçel ve Ataol, 2014; Kadioğlu, 1997; Türkeş vd., 2002; Türkeş vd., 2005; İrcan, 2020; Duman ve İrcan, 2021), yaşanan kuraklıkların ortamdaki evapotranspirasyonla sahanın kuraklıktan daha olumsuz bir şekilde etkilenmesine yol açmaktadır. Bu durum özellikle araştırma sahasının tarımsal potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda meteorolojik olarak gelişen kuraklığın tarımsal, sosyoekonomik ve özellikle de hidrolojik olarak etkilenebilirliğinin yüksek olduğu gerçeğini ortaya koymaktadır. Elde edilen bu vb. bulgular araştırma sahası olarak belirlenen Şanlıurfa ili için hazırlanacak bilimsel çalışmaların önemini ortaya koymaktadır. Bu yüzden konuyla alakalı çok yönlü eylem planlarının sahanın fiziki coğrafya koşullarına (*iklimi, hidrografyası, hidroklimatolojisi*) uygun değerlendirilip ortaya koyulması ve uygulanması gerekmektedir. Ayrıca, konuyla alakalı sürdürülebilir su yönetiminin yapılması da oldukça önemlidir. Bu konuda sahadaki verimli ovaların varlığı, tarımsal faaliyetin kuraklıktan en az etkilenmesi için düzenli ve sürdürülebilir hidroklimatik planlamalar ile yapısal reformların gerekliliğini ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

- Aksever, F. (2019). Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) Yöntemi ile kuraklık analizi ve Kuraklık (Honaz-Denizli) Ovasındaki yeraltı suyu değişimi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(1): 152-160.
- Bacanlı, Ü. G. & Kargı, P. G. (2019). Uzun ve kısa süreli periyotlarda kuraklık analizi: Bursa örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5(1): 166-174.
- Bahadır, M. (2011). Güneydoğu Anadolu Proje (GAP) alanında sıcaklık ve yağışın trend analizi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(16): 46-59.
- Chen, S.T., Kuo, C.C. & Yu, P.S. (2009). Historical trends and variability of meteorological droughts in Taiwan. *Hydrological Sciences Journal*, 54(3): 430-441.
- Çaldağ, B., Şaylan, L., Toros, H., Sırdaş, S. & Bakanoğulları, F., (2004). "Drought analysis in northwest Turkey". Role of Multi purpose Agriculture in Sustaining Global Environment, 20-24 October 2004, pp.169-179, Udine, Italy.
- Çiçek, İ. (1995). Türkiye'de kurak dönemin yayılışı ve süresi (Thornthwaite yöntemine göre). Ankara Üniversitesi, *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, (4), 77-101.
- Çiçek, İ. & Duman, N. (2015). Seasonal and annual precipitation trends in Turkey. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10(2), 77-84.
- De Martonne, E. (1942). Nouvelle carte mondial de l'indice d'aridité. *Annales de Géographie*, 51(288), 241-250.
- Demircan, M., Alan, İ. & Şensoy, S., (2011). Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Sıcaklık Haritalarının Çözünürlüğünün Artırılması. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 18-22 Nisan 2011, Ankara.
- Di Lena, B., Vergni, L., Antenucci, F., Todisco, F. & Mannocchi, F. (2013). Analysis of drought in the region of Abruzzo (Central Italy) by the Standardized Precipitation Index. *Theoretical and Applied Climatology*, 115, 41-52.
- Dinç, N., Aydınşakir, K., Işık, M. & Büyüktaş, D., (2016). Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) Yöntemi ile Antalya İli Kuraklık Analizi. *Research Article*, 33(2), 279-298.
- Doğan, H. M., Yılmaz, D. S. & Kılıç, O. M. (2013). Orta Kelkit Havzası'nın bazı toprak özelliklerinin Ters Mesafe Ağırlık Yöntemi (IDW) ile haritalanması ve yorumlanması. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6, 46-54.
- Duman, N. & İrcan, M. R. (2021). Şanlıurfa İlinin Yağış-Sıcaklık Eğilimleri. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 54, 515-536
- Edwards, D.C. (1997). Characteristics of 20th Century Drought in the United States at Multiple Time Scales. Colorado State University, Thesis, Fort Collins, Colorado.
- Emberger, L. (1955). Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trav. Lab. Bot. Fac. Sci. Montpellier*, 7, 3-43.
- Erinç, S. (1996). *Klimatoloji ve Metodları (Genişletilmiş 4. Baskı)*. İstanbul: ALFA Basım Yayım Dağıtım.
- Erinç, S. (1965). *Yağış müessiriyeti üzerine bir deneme ve yeni bir indis*. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları, No: 41, İstanbul.

- Erlat, E. (2002). Türkiye’de yağış anomalileri ve Kuzey Atlantik Salınımı ile ilişkisi. *Prof. Dr. Sırrı Erinç Anısına Klimatoloji Çalıştayı*, 11-13 Nisan 2002, (ss.193-210). Ege Üniversitesi, İzmir.
- Erlat, E. & Türkeş, M. (2012). Analysis of observed variability and trends in numbers of frost days in Turkey for the period 1950–2010. *International Journal of Climatology*, 32 (12), 1889–1898.
- Fathabadi, A., Gholami, H., Salajeghe, A., Azanivand, H. & Khosravi, H. (2009). Drought Forecasting Using Neural Network and Stochastic Models. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 3(2), 137-146.
- Guttman, N. B. (1999). Accepting the Standardized Precipitation Index: A Calculation Algorithm. *Journal of the American Water Resources Association*, 35 (2), 311-322.
- Gümüş, V., Başak, A. & Oruç, N. (2016). Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) Yöntemi ile Şanlıurfa İstasyonunun Kuraklık Analizi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, (01), 36-44.
- Hızarcıoğlu, S. (2010). *Kuzey Atlantik Salınımının hidrolojik değişkenler üzerindeki etkisi*. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum
- İlgar, R. (2010). Çanakkale’de Kuraklık Durumu ve Eğilimlerinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi ile Belirlenmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (22), 183-204.
- İçel, G. & Ataoğlu, M. (2014). Türkiye’de yıllık ortalama sıcaklıklar ile yağışlarda eğilimler ve NAO arasındaki ilişkileri (1975-2009). *Türk Coğrafya Dergisi*, 28, 55–68.
- İrcan, M. R. (2020). *Şanlıurfa’nın İklim Özellikleri ve Kuraklık Analizi*. Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çankırı.
- İrcan, M. R. & Duman, N. (2021a). Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) Yöntemi ile Şanlıurfa ili kuraklık analizi. *Coğrafya Dergisi*, 42, 1-18 <https://doi.org/10.26650/JGEOG2020-0070>
- İrcan, M. R. & Duman, N. (2021b). Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına Göre Şanlıurfa İklimi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 61(1), 68-93. DOI: 10.33171/dtcfjournal.2021.61.1.3
- İrvem, A. & Özbek, M. (2019). Türkiye’nin Muğla ili için SYİ yöntemi ile kurak dönem analizi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(Özel Sayı), 142-148.
- Kadıoğlu, M. (1997). Trends in surface air temperature data over Turkey. *International Journal of Climatology*, 17, 511–520.
- Karabulut, M. (2020). Standart Yağış İndeksi kullanılarak Sivas İl’inde kuraklık analizi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13(71), 216-230.
- Karaer, M. & Gültaş, H. T. (2018). Kuraklık Oluşumunun Bilecik İli’nde Standartlaştırılmış Yağış İndeksi yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi – I. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı*, 303-308.
- Karavitis, C. A., Alexandrios, S., Tsesmelis, D. E. & Athanasopoulos, G. (2011). Application of the Standardized Precipitation Index (SPI) in Greece. *Water*, 3, 787-805. doi: 10.3390/w3030787.
- Keskiner, A. D., Çetin, M., Uçan, M. & Şimşek, M. (2016). Coğrafi bilgi sistemleri ortamında Standardize Yağış İndeksi yöntemiyle olasılıklı meteorolojik kuraklık analizi: Seyhan Havzası örneği. *Çukurova Tarım Gıda Bilim Dergisi*, 31(2), 79-90.

- Kıymaz, S., Güneş, V. & Asar, M. (2011). Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ile Seyfe Gölünün Kurak Dönemlerinin Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1), 91-102.
- Kızılelma, Y. & Karabulut, M. (2011). Şanlıurfa İli'nde Kuraklık Analizi. *I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, 26-28 Ekim 2011, (ss. 1141-1151). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi: Kahramanmaraş.
- Kim, D. W., Byun, H. R. & Choi, K. S. (2009). Evaluation, Modification, and Application of the Effective Drought Index to 200-year Drought Climatology of Seoul, Korea. *Journal of Hydrology*, 378(1-2), 1-12.
- Koçman, A. (1993). Türkiye'de Yağış Yetersizliğine Bağlı Kuraklık Sorunu. *Ege Coğrafya Dergisi*, (7), 77-88.
- Korkmaz Başel, E. D., Çakın, K. & Satman, A. (2008). Türkiye'nin Yeraltı Sıcaklık Haritası ve Tahmini Isı İçeriği. *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (UTES 2008)*, 17-21 Aralık 2008. İstanbul.
- Kömüşçü, A.Ü., Erkan, A. & Turgu, E. (2002). *Normalleştirilmiş Yağış İndeksi Metodu ile Türkiye'de Kuraklık Oluşumunun Coğrafik Analizi*. DMİ Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı Yayını: Ankara.
- Kömüşçü, A.Ü., Erkan, A., & Turgu, E. (2003). Normalleştirilmiş Yağış İndeksi (SPI) Metodu ile Türkiye'de Kuraklık Oluşum Oranlarının Bölgesel Dağılımı. *III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*, 19-21 Mart 2003, (ss.268-275). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Köppen, W. (1884). Die Wärmezonen der Erde, nach der Dauer der heissen, gemässigten und kalten Zeit und nach der Wirkung der Wärme auf die organische Welt betrachtet (The thermal zones of the Earth according to the duration of hot, moderate and cold periods and of the impact of heat on the organic world). *Meteorol Z.*, 1, 215-226.
- Kutiel, H., Hirsch-Eshkol, T.R. & Türkeş, M. (2001). Sea level pressure patterns associated with dry or wet monthly rainfall conditions in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 69, 39-67.
- Kutiel, H. & Türkeş, M. (2005). New evidence for the role of the North Sea – Caspian Pattern on the temperature and precipitation regimes in continental central Turkey. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 87, 501-513.
- Li, W., Fu, R., Juarez, R. I. N. & Fernandes, K. (2008). Observed Change of the Standardized Precipitation Index, its Potential Cause and Implications to Future Climate Change in the Amazon Region. *Philosophical Transactions of The Royal Society B*, 363(1498), 1767-1772.
- Liu, J. F., Zhang, X. N. & Wang, H. M. (2013). Drought and Flood Distribution Variation Based on SPI in Nanjing, China. *Applied Mechanics and Materials*, 295-298, 2116-2120.
- Lloyd C.D. (2007). *Local Models for Spatial Analysis*. London and New York: CRC Press.
- Merkoci, A. L., Mustaqi, V., Mucaj, L. & Dvorani, M. (2013). Arnavutluk Bölgesinde Kuraklık ve Standart Yağış İndeksinin (SPI) Kullanımı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(1), 161-166.
- Mckee, T. B., Doesken, N. J. & Kleist, J. (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January 1993, (ss.179-184) Anaheim, California.

- McKee, T. B., Doesken, N. J. & Kleist, J. (1995). Drought Monitoring With Multiple Time Scales. American Meteorological Society Proceedings of 9th. Conference on Applied Climatology, 15-20 January 1995. (ss. 233-236) American Meteorological Society, Boston.
- Moreira, E. E., Paulo, A. A., Pereira, L. S. & Mexia, J. T. (2006). Analysis of SPI drought class transitions using loglinear models. *Journal of Hydrology*, 331(1-2), 349-359.
- Palmer, W. C. (1965). Meteorological Drought. Research Paper No. 45, Office of Climatology U.S. Weather Bureau: Washington.
- Pamuk, G., Özgürel, M. & Topçuoğlu, K. (2004). Standart Yağış İndisi (SPI) ile Ege Bölgesinde kuraklık analizi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(1), 99-106.
- Panofsky, H. A. & Brier, G. W. (1958). Some applications of statistics to meteorology. Pennsylvania State University: University Park, Pennsylvania.
- Patel, N.R., Chopra, P. & Dadhwal, V.K. (2007). Analyzing spatial patterns of meteorological drought using Standardized Precipitation Index. *Meteorological Applications*, 14(4), 329-336.
- Santos, J.F., Portela, M.M. & Pulido-Calvo, I. (2011). Regional frequency analysis of droughts in Portugal. *Water Resources Management*, 25, 3537-3558.
- Sırdaş, S. (2002). Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Sırdaş, S. & Şen, Z. (2003). Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması. *İtü Dergisi/d Mühendislik*, 2(2), 95-103.
- Strahler, A. N. (1951). *Physical Geography*. New York: Wiley.
- Şener, E. & Şener Ş. (2019). Meteorolojik Kuraklığın Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Zamansal ve Konumsal Analizi: Çorak Gölü Havzası (Burdur-Türkiye) Örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(3), 596-607.
- Tatlı, H. & Türkeş, M. (2011). Palmer Kuraklık Şiddeti ve Standartlaştırılmış Yağış İndislerinin Türkiye Üzerinde Karşılaştırılması. In: 5th Atmospheric Science Symposium Proceedings Book: 231-239. İstanbul Technical University, 27-29 April 2011, İstanbul-Turkey.
- Terzi, Ö., Taylan, D. E., Özcanoğlu, O. & Baykal, T. (2019). Drought estimation of Çanakkale with data mining. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 124-135.
- Thom, H.C.S. (1958). "A Note on the Gamma Distribution, Monthly Weather Review". 86 (4), 117-122.
- Thorntwaite, C. W. (1948). An Approach toward a rational classification of Climate. *Geographical Review*, 38(1), 55-94.
- Topçuoğlu, K., Mengü, G.P. & Anaç, S. (2008). Ege Bölgesi Meteorolojik Kuraklık Analizi. 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Su Toplantıları-Konya Kapalı Havzası Yer altı suyu ve Kuraklık Konferansı (ss. 175-184). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü: Konya.
- Türkeş, M. (1990). Türkiye’de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Yayınlanmış Doktora Tezi, İstanbul.
- Türkeş, M. (1999). Vulnerability of Turkey to Desertification With Respect to Precipitation and Aridity Conditions, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 23, 363-380.
- Türkeş, M. (2010). *Klimatoloji ve Meteoroloji*. İstanbul: Kriter Yayınevi.

- Türkeş, M. (2011). Akhisar ve Manisa Yörelerinin Yağış ve Kuraklık İndisi Dizilerindeki Değişimlerin Hidroklimatolojik ve Zaman Dizisi Çözümlemesi ve Sonuçların Çölleşme Açısından Coğrafi Bireşimi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9, 79-99.
- Türkeş, M. (2012a). Küresel İklim Değişimi ve Çölleşme. Nurettin ÖZGEN (Ed.). *Günümüz Dünya Sorunları-Disiplinlerarası Bir Yaklaşım-* (s. 1-42). Ankara: Eğiten Kitap.
- Türkeş, M. (2012b). Kuraklık, çölleşme ve Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi'nin ayrıntılı bir çözümlemesi. *Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi, Çevre Özel Sayısı*, (20), 7-56.
- Türkeş, M. (2014). Kuraklık olaylarının iklim değişikliği ve çölleşme açısından önemi ve Türkiye'deki 2013- 2014(?) kuraklığının sinoptik klimatolojik/meteorolojik ve atmosferik bağlantıları. *Hidropolitik Akademi İklim Değişikliği ve Kuraklık Çalışmaları*, 3 Mart 2014, Ankara.
- Türkeş, M. (2017). Türkiye'nin İklimsel Değişkenlik ve Sosyo-Ekolojik Göstergeler Açısından Kuraklıktan Etkilenebilirlik ve Risk Çözümlemesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 26 (2), 47-70.
- Türkeş, M. (2018). Genel Klimatoloji Atmosfer, Hava ve İklimin Temelleri. İstanbul: Kriter Yayınevi.
- Türkeş, M. & Erlat, E. (2003). Precipitation changes and variability in Turkey linked to the North Atlantic Oscillation during the period 1930-2000. *International Journal of Climatology*, 23, 1771-1796.
- Türkeş, M. & Erlat, E. (2005). Climatological responses of winter precipitation in Turkey to variability of the North Atlantic Oscillation during the period 1930-2001. *Theoretical and Applied Climatology*, 81, 45-69.
- Türkeş, M. & Erlat, E. (2006). Influences of the North Atlantic Oscillation on precipitation variability and changes in Turkey. *Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C-Geophysics and Space Physics*, 29, 117-135.
- Türkeş, M. & Erlat, E. (2008). Influence of the Arctic Oscillation on variability of winter mean temperatures in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 92, 75-85. DOI 10.1007/s00704-007-0310-8.
- Türkeş, M. & Erlat, E. (2009). Winter mean temperature variability in Turkey associated with the North Atlantic Oscillation. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 105, 211-225. DOI: 10.1007/s00703 -009-0046-3
- Türkeş, M., Koç, T. & Sarış, F. (2007). Türkiye'nin yağış toplamı ve yoğunluğu dizilerindeki değişikliklerin ve eğilimlerin zamansal ve alansal çözümlemesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5 (1), 57-73
- Türkeş, M., Koç, T. & Sarış, F. (2009). Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29(8), 1056-1074. doi:10.1002/joc.1768
- Türkeş, M, Sümer, U. M. & Demir, İ. (2002). Re-Evaluation of trends and changes in mean, maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929-1999. *International Journal of Climatology*, 22, 947-977. doi:10.1002/joc.777.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. & Yıldırım, Y. E. (2005). GAP Bölgesi'nde gözlenen uzun süreli iklimsel değişimlerin ve eğilimlerin zaman dizisi çözümlemeleri. *Ulusal Coğrafya*

- Kongresi 2005 (Prof. Dr. İsmail Yalçınlar Anısına) bildiriler kitabı içinde (ss. 373-384). İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, İstanbul.
- Türkeş, M. & Tatlı, H. (2008). *Aşırı kurak ve nemli koşulların belirlenmesi için yeni bir Standartlaştırılmış Yağış İndisi (yeni-SPI): Türkiye'ye uygulanması*. M. Kadioğlu ve A. D. Şahin (Ed.). IV. Uluslararası Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 25-28 Mart 2008, (ss. 528-538). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Türkeş, M. & Tatlı, H. (2010). Kuraklık ve Yağış Etkinliği indislerinin Çölleşmenin Belirlenmesi, Nitelenmesi ve izlenmesindeki Rolü. *Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu*, (s.245-263), Çorum.
- UNCCD. (1995). The United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa, Text with Annexes. Geneva: United Nations Environment Programme.
- Wilhite, D. A. & Glantz, M. A. (1985). Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*, 10 (3), 111-120. <https://doi.org/10.1080/02508068508686328>
- Wu, H., Hayes, M. J., Weiss, A., & Hu, Q. (2001). An evaluation of the Standardized Precipitation Index, the Chine Z-Index and the statistical Z-Score. *International Journal of Climatology*, 21, 745-758.
- WMO (2012). *Standardized Precipitation Index user guide*. Geneva: World Meteorological Organization.
- Yetmen, H. (2013a). Van Gölü Havzası'nın Kuraklık Analizi. *21. Yüzyılda Eğitim ve Toplum*, 3 (5), 184-198.
- Yetmen, H. (2013b). Türkiye'nin Kuraklık Analizi. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Yetmen, H. (2014). Orta Karadeniz'deki kuraklık olaylarının karakteristikleri. TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu, (ss. 87-96). Ankara, Türkiye.
- Yetmen, H., Aytac, A.S. & Özcanlı, M. (2017). Harran Ovası'nın Kuraklık Analizi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, (46), 132-146.
- Yevjevich, V. (1967). An Objective Approach to Definitions and Investigations of Continental Hydrologic Droughts. *Hydrological Papers*, Vol. 23. Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Yüceerim, G., Yılmaz, G., Etöz, M. & Acar, O. C. (2019). Kocadere Havzasında Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ile Farklı Zaman Ölçeğinde Kuraklık Analizi. *Toprak Su Dergisi*, özel sayı, 70-76.
- Zhang, Q., Li, J., Singh, V.P. & Bai, Y. (2012). SPI-based evaluation of drought events in Xinjiang, China. *Natural Hazards*, 64, 481-492.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE TEPKİ OLARAK BİTKİ GÖÇÜ

Büşra ARIK*

ORCID ID: 0000-0002-3787-7688

Onur ŞATIR**

ORCID ID: 0000-0002-5398-8388

ÖZET

Bu çalışmada, iklim krizine bağlı olarak ortaya çıkan bitki göçlerinin, doğal ve kültürel bitkiler dikkate alınarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, literatürde yapılan çalışmalar ışığında, bazı doğal bitkilerin iklim değişikliğine bağlı olarak habitatlarındaki hareket eğilimleri ve tarımsal amaçlarla kullanılan bitkilerin eğilimleri, küresel ve bölgesel çapta araştırılmıştır. İlgili literatürlerde, çeşitli habitat haritalama tekniklerinin, farklı geleceğe yönelik iklim senaryolarına uyarlandığı ve dayanıklı türlerin yayılma eğiliminde oldukları gözlemlenmiştir. Bazı bölgelerde ise bitkilerin habitatlarında kayıplar olduğu saptanmıştır. Literatür tabanlı çalışmada özellikle yöntem – uygulama ve sonuç bilgileri karşılaştırılmıştır. Buna göre, MaxEnt, lojistik regresyon, geleneksel çok kriterli analizler gibi yöntemlerin sıklıkla uygulandığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Küresel Isınma, Bitki Göçü, Adaptasyon, Habitat haritalama

PLANT MIGRATION IN RESPONSE TO CLIMATE CHANGE

ABSTRACT

The purpose of the study was to evaluate natural and cultural plant migration dependent on climate crisis. To this extent, some of the natural and agricultural plants were assessed based on movement trends that were caused by climate change in global and regional scales. It has been observed in the relevant literature that various habitat mapping techniques are adapted to different future climate scenarios and that resistant species tend to spread. Habitat losses were detected in some regions. In the literature-based study, especially method-application and result information were compared. Accordingly, it has been observed that methods such as MaxEnt, logistic regression, and traditional multi-criteria analysis are frequently applied.

Keywords: Climate change, Global warming, Plant migration, Adaptation, Habitat mapping

* Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tas. Fak., arik.busra@gmail.com

** Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tas. Fak., osatir@yyu.edu.tr

GİRİŞ

Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'ne göre, atmosferde biriken sera gazı salınımindaki artış ile ortalama sıcaklık 1880-2012 yılları arasında 0.85 °C artarak küresel ısınma ve iklim değişikliğine sebep olmuştur (IPCC, 2014). Geçmişte yeryüzünde meydana gelen tüm iklim değişimleri için dünya ile güneş arasındaki dönemsel olarak gerçekleşen küçük değişiklikler, güneşteki lekelenmeler, levha hareketleri sonucu kıtaların kayması, doğal sera gazları etkisi, volkanik patlamalar sonucu atmosfere salınan aerosoller ve El-nino güney salınımları sayılabilmektedir (Jansen, 2007, Türkeş, 2008). Bununla birlikte insan etkinliklerinden kaynaklı atmosferde var olan sera gazlarındaki artış, yanlış arazi kullanımları, ormansızlaştırma gibi etkenler küresel ortalama sıcaklıklarda hızlı bir artışa sebep olmuştur (Solomon ve ark., 2007).

İklim, türlerin ve bitki örtüsünün dağılımını kontrol eden en önemli çevresel faktörlerden biri olarak kabul edilir (Del Río ve ark., 2018). İklim değişikliği sonucu hava ve iklim durumlarının coğrafi değişkenlik göstermesiyle bazı bitki türleri adaptasyon gösterecek hatta istilacı türler haline gelecekken bazıları mecburi göç veya soyunun tükenmesi ile karşı karşıya kalmaktadırlar. İklimde öngörülen bu değişiklikler bir türün adapte olabileceğinden 10 kat daha hızlı olması sebebiyle türlerin göç edebilmesini veya adaptasyonunu zorlaştırmaktadır. (Manoff, 2019). İklimdeki son elli yıllık değişimler türlerin bolluklarında ve dağılımlarında kaymalara sebep olmaktadır (Parmesan ve Hanley, 2015).

Web of Science Core Collection veritabanında (<http://apps.webofknowledge.com/>) "iklim değişikliği ve bitki göçü" konusu arandığında, 2000–2009 yılları arasında 350, 2010–2020 yılları arasında 1450 ve son iki yıl içinde ise 370 kadar sonuç çıkmıştır. Geçmişteki, günümüz ve gelecekteki iklim değişikliği senaryolarında türlerin dağılımını anlamak ve bu konuda stratejiler geliştirmek önem kazanmıştır. Bu derleme ile iklim değişikliği ve küresel ısınmanın bitki türlerini ne şekilde etkileyeceği ve konunun öneminin daha iyi anlaşılması üzerine 2000-2022 dönemi için Scopus, Google Scholar ve Web of Science veritabanları analiz edilerek yeni yapılacak araştırma çalışmalarına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

İnsan faaliyetlerinin son yıllarda artması sonucu değişen iklimle beraber türlerin yaşam alanları değiştirilerek yok edilmiş, birçok tür yok olma tehdidiyle karşı karşıya kalmış, hatta bazıları yok olmaya sürüklenmiştir. Dağılım alanlarının doğru tahmini türlerin korunmaları için önemli bir anahtardır. Bu amaçla başta iklim etkenleri olmak üzere birçok etken de dikkate alınarak tahminler ve modeller oluşturulmaktadır. İklimsel faktörler türlerin yaşam süreçleri ve habitatları için belirleyici bir rol oynamaktadır. Aynı zamanda iklim değişikliği türlerin dağılımı üzerinde oldukça büyük bir etkiye sahiptir ve türlerin başta hayatta kalma oranları olmak üzere baskınlık durumu ve yer değiştirme hızında değişikliğe yol açacaktır (Lenoir ve diğerleri, 2008, Yi ve diğerleri, 2018, Zhang ve ark., 2022). Bu nedenle, türlerin dağılım alanlarını belirlemek ve gelecek iklim koşulları altında dağılımlarındaki değişimi tahmin etmek oldukça önemlidir.

1. Tür Dağılım Modellemeleri Kullanılarak Türlerin Potansiyel Dağılımlarının Tahmini

Tür Dağılım Modellemesi (TDM) yöntemleri, 1980'lerin ortalarında geliştirilmeye başlanmış ve çevresel verilerle gelecekteki Küresel İklim Modeli (KİM) verileri bütünlüştürülerek yapılan çalışmalar önem kazanmaya başlamıştır. Bu yöntemler, biyoiklimsel modeller, niş tabanlı model, habitat modeli, habitat uygunluk modeli, ekolojik niş modeli (ENM) ve iklim zarfı gibi çeşitli isimlendirmelerde sıklıkla kullanılmaktadır (Elith ve Leathwick, 2009, Booth, 2018, Pecchi ve ark., 2019).

TDM' ler, türlerin bulunma verilerine ve bu alanlardaki çevresel özelliklere bakarak çeşitli senaryolar altında türlerin potansiyel dağılım alanlarını tahmin etmek için kullanılmaktadır. TDM' lerin, ekolojik analizler doğrultusunda, korunan türlerin veya istilacı türlerin kontrolü, habitat uygunluğu ve doğal yaşam alanlarının yönetimi gibi birçok alanda önemli kullanımları mevcuttur (Zhang ve ark., 2019, Zhang ve ark., 2022).

Türlerin dağılım verileri sadece tür dağılım değişikliğinin farklı olası durumlarını tahmin etmek için kullanılmaz. Ekosistemlerin potansiyel etkisini yorumlayabilmek açısından da ciddi öneme sahiptirler. İklimdeki hızlı değişimler canlı türlerinin coğrafi dağılımını giderek daha fazla etkilemeye başlamıştır. Yapılan birçok çalışmada iklim değişikliğinin etkileri, bitki türlerinin yok olması ve menzillerinde genişlemeye ya da kaymaya sebep olduğu yönündedir (Thuiller ve diğerleri, 2005, Ferrarini et al., 2018, Ferrarini vd., 2019, Zhang ve ark., 2022). Tür dağılım modellemelerini (TDM), iklimin hızla değişmesiyle birlikte farklı senaryolar kullanılarak bitki türlerinde gerçekleşmesi mümkün olan değişimleri tahmin etmek ve değerlendirmek için kullanabiliriz.

2. İklim Değişikliğinin Doğal Bitki Türleri Üzerine Etkisi

İklim değişikliği karşısında bitki türleri uyum göstermekte, göç etmekte ya da yok olmaktadır. İklim değişimlerinin yol açtığı bitkilerin yayılış alanlarındaki parçalanmalar ve alan kaymaları önceki jeolojik devirlerden bu yana da gerçekleşmiş olan durumlardır. Ancak artan insan faaliyetleri sonucu çoğu doğal yaşam alanları parçalandı ve hatta yok edildi. İklimin hızla değişmesi ve habitat parçalanmalarına karşı bazı bitki türleri aynı hızda cevap veremeyebilir. (Honnay ve ark., 2002, McKenney, 2021).

Ortalama sıcaklıklarda, muhtemel iklim senaryolarının 3 °C'lik bir artış olacağını tahmin ettiği 2100 yılı için, ılıman bölgelerde bulunan türlerin dağılım aralıklarının 300–400 km kuzeye veya 500 m daha yüksek irtifalara kayma gösterecekleri belirtilmiştir (Hughes, 2000).

Küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişikliği altında olası göç oranlarını incelemek amacıyla Genel Dolaşım Modelleri (GCMs) ve Küresel Vejetasyon Modelleri (GVMs)'nin on dört kombinasyonu kullanılarak küresel bir çalışma yapılmıştır. Kötümser iklim senaryolarının 100 yıl içinde gerçekleşeceği varsayılarak on biyom tipi kullanılmış ve x biyom tipi ile şimdiki iklimde en yakın aynı biyom arasındaki göç mesafesi hesaplanmıştır. Modeller arasında oldukça tutarlı olan yüksek göç oranları kuzey yarımkürede, Kanada, Rusya, Alaska ve Fennoscandia'daki alanları kapsamaktadır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, küresel ısınmanın buzul sonrası çağlarda gözlemlenenden daha çok göç hızı gerektirebileceği

varsayılmıştır. Türlerin bu değişime ayak uydurmaması durumunda bölgesel biyoçeşitliliği azaltabileceği öngörülmektedir (Malcolm ve ark., 2002).

Peru, Manu Ulusal Parkı tropikal bir dağ ormanı alanında 950-3400 m yükseklikte yayılış gösteren And ağacı türlerinin, artan bölgesel sıcaklıklara karşı gösterdikleri tepkilerini, 2003 ve 2007 yılında toplanan tekrar envanter verilerini analiz ederek araştırmışlardır. Genel olarak 2003-2007 döneminde, daha fazla And cinsi yokuş yukarı göç etmiş ve bu sonuçlar doğrultusunda tropikal ağaçların kısa zaman ölçeklerinde (on yıl altı) iklim değişikliğine karşı dağılımsal göçler yoluyla cevap verebileceğini göstermektedir (Feeley ve ark., 2011).

Doğu ABD'deki beş ağaç türü, *Diaspyros virginia*, *Oxydendrum arberum*, *Liquidambar styraciflua*, *Pinus taeda* ve *Quercus falcata* var. *falcata*'nın gelecekteki 100 yıl içinde uygun alanlara göçünü modellemek için DISTRIB ve SHIFT modellerinin bir kompozisyonu kullanılmıştır. İklim değişikliği sonucunda türlerin yeni uygun alanlara göçünde ciddi bir gecikme olduğu gözlenmiştir (Iverson ve ark., 2004).

Habitat tahribatı sonucunda IUCN kriterlerine göre nesli tükenmekte olarak rapor edilen *Magnolia vovidesii* Meksika'da bir yükseklik eğimi (1250–2517 m) boyunca dikilerek fidanların performansının analiz yapılmıştır. Fidanlar, *M. vovidesii* popülasyonu tohum kaynağı ile aynı yükseklikte bir yer, yardımcı nüfus göçü potansiyelini test eden daha yüksek ve daha düşük sıcaklıklara sahip beş saha ve daha düşük kotlardaki üç saha olmak üzere dokuz orman sahasına dikilmiştir. Her sahada, orman gölgesinin altına 30 fidan dikilerek hayatta kalmaları ve boylarındaki nispi büyüme oranları (RGRh) üç yıl boyunca kaydedildi. Fidan sağkalımı yükselme ile artmış, ardından çalışılan en yüksek iki rakımda bir azalma olmuştur. Fidanlar orta düzeylerde daha yüksek RGRh sergilemiştir. *M. vovidesii* fidanlarının, mevcut bildirilen dağılımının yükseklik sınırının 600 m üzerinde olan ~2300 m'ye kadar transferinin, iklim değişikliği etkilerini azaltmak için bir koruma stratejisi potansiyeline sahip olduğu bildirilmektedir (García-Hernández ve Toledo-Aceves, 2020).

Kuzey Amerika'ya özgü endemik *Talinopsis frutescens* türünün Son Buzullar Arası (LIG) ve Son Buzul Maksimumu (LGM) sırasında geçmiş koşullarına, şimdiki zaman ve 2070 için RCP 2.6 ile 8.5 gelecek iklim projeksiyonlarına olası davranışları hakkında bilgi veren ve potansiyel dağılım aralıklarındaki değişiklikleri araştırmak için Ekolojik Niş Modeli (ENM) kullanılmıştır. Model, LGM sırasında güneye doğru bir göç ve mevcut senaryoda gözlemlendiği gibi kuzeye doğru olası bir genişleme izlemiştir. Gelecekteki tüm projeksiyonlar en güneydeki *T. frutescens* popülasyonlarında önemli bir azalma ve hatta yerel neslinin tükenmesi dahil olmak üzere bir dağılım aralığı daralması ve parçalanması göstermiştir (Miguel-Vázquez ve ark., 2020).

Kuzey Belçika'da bir tarım arazisindeki orman habitacıyla sınırlı 203 bitki türü sistematik olarak incelenmiştir. Orman parçalarının bulunduğu bu alan, orman dışı arazi kullanımıyla çevrili, mekânsal olarak ayrılmış yamalar olarak sınıflandırılmıştır. Çok parçalı orman arazisinde, orman türlerinin %85'inin uygun ancak kullanılmayan habitat parçalarına kolonizasyon oranları yılda birkaç metreden daha fazla olmadığı ve beklenen hızlı iklim değişikliği ile değişen ortamı takip etmek için gereken göç oranlarının 3000 ile 5000 metre/yıl aralığında olması beklendiği belirtilmiştir. Habitattaki parçalanma ve iklimin hızla değişmesi, kolonizasyonun çoğunu oluşturan orman bitkileri için çok olduğu, toleranslarının düşük olması durumunda, yerlerinin güneyden gelen türlerle istila edilebileceği öngörülmüştür (Honnay ve ark., 2002).

Tayvan'daki relikt *Trochodendron aralioides* Siebold & Zuccarini (Trochodendraceae) BIOMOD2 platformunda topluluk dağılım modellemesi ile mevcut ve CCSM4 2050 yılı için, RCP 4.5 senaryosu kullanılarak potansiyel dağılım alanlarını tahmin etmek için türün oluşum verileri ve biyoi-klimsel veriler toplanmış ve görselleştirilmiştir. *T. aralioides*'in ana popülasyonunun orta irtifalarda yoğunlaştığını ve özellikle kuzeydeki alçak dağlarda yoğun olarak Tayvan'ın her iki ucuna da yayıldığını ortaya koymuştur. Gelecek iklim senaryolarında, Tayvan'ın orta irtifalarındaki *T. aralioides* yukarı doğru göç edebileceği, ancak kuzey Tayvan'daki nüfusu yaşam alanlarının çoğunu kaybedebileceği öngörülmüştür (Lin ve Chiu, 2018).

Güney Afrika'da yer alan yedi yaşam formundaki 975 endemik bitki türünün en iyi senaryo dahilinde, gelecekte 2050 yılı için yayılışları BIOMOD platformunda modellenmiştir. İklim ve mevcut arazi değişimlerinin habitatlardaki tür bolluğu açısından ortalama %41, tür dağılım aralıklarında ise % 39 oranlarında azalma olduğu gözlenmiştir (Broennimann ve ark., 2006).

Ekonomik, ekolojik ve sosyal değeri olan ve Türkiye'de yerel yayılışlarını gösteren üç *Tilia* türünün (*Tilia tomentosa*, *Tilia cordata* ve *Tilia platyphyllos*) elde edilen bilgiler kapsamında mevcut ve potansiyel dağılım alanlarının SSP 245 ve SSP 585 senaryoları ile modellenerek 2040, 2060, 2080 ve 2100 için bu türlerin yetişmesine uygun alanlar Max-Ent 3.4.1 ve ArcGIS 10.5 yazılımı kullanılarak modellenmiş ve haritalandırılmıştır. Sonuçlar, iklim değişikliği nedeniyle her üç *Tilia* türünün de yayılış alanlarının değişeceğini ve kayıp alanının *T. tomentosa* için 43,5 km² (%4), *T. platyphyllos* için 9953,6 km² (%15) ve *T. cordata* için 448,0 km² (%19) olacağını göstermektedir. Bu çalışma sonucunda *Tilia* türlerinin gelecekte en uygun yayılış alanının konutların arttığı ve yoğun yerleşim alanlarının olduğu şehir merkezleri olacağı belirlenmiştir. Bu alanlarda antropojenik baskılar nedeniyle doğal ormanların önemli ölçüde zarar gördüğü bilinmektedir (Cantürk ve Kılınç, 2021).

Çin'de yapılan çalışmada iklim değişikliğinin potansiyel uygun habitat üzerindeki etkisini değerlendirmek için iklim ve toprak değişkenleri ile oluşturulan niş modelleri kullanılmıştır. Ekonomik değeri yüksek gıda ve ilaç yapımında kullanılan *Ginkgo biloba* L. belirli ölçüde toprak özelliklerinden etkilendiği bilindiğinden hem iklim hem de toprak değişkenlerinin etkileri göz önünde bulundurulmuştur. Mevcut iklim altında, türün yüksek, orta ve düşük uygun habitat alanları, sırasıyla %3,3, %11,4 ve %5,7'sini oluşturmaktadır. Toprak habitat alanı için yüksek, orta ve düşük uygun habitat alanları sırasıyla %5,9, %13,5 ve %21,2'dir. Toprak uygunluk dağılımının, tür için iklimsel olarak uygun habitatlardan daha geniş bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Temsili Konsantrasyon Yolu (RCP) 4.5 ve RCP 8.5 iklim değişikliği senaryoları altında gelecekteki iklimlerde tür dağılım alanlarının azalacağı öngörülmüştür. Çalışma alanının daha büyük bir kısmı gelecekteki iklimler altında uygunsuz hale gelecektir (Feng ve ark., 2021).

3. İklim Değişikliğinin Kültürel Bitki Türleri Üzerine Etkisi

Gelecekteki 2021'den 2100'e kadar olan iklim değişikliği RCP 2.6 ve RCP 8.5 senaryoları kullanılarak Çin'in mısır ve pirinç bitkileri için uygun ekim alanlarındaki değişiklikleri incelemek için Mekansal Izgara Tabanlı analizler yapılmıştır. RCP 2.6 senaryosu altında pirinç ve mısır bitkilerinin yayılış alanları, çok az oranda değişiklik göstermiştir. Bunun

yanı sıra, RCP 8.5 senaryosu altında her iki tarım ürününün de ekim için uygun olan alanlarında kuzeye doğru kaydığı ve genişlediği tespit edilmiştir (Zhang ve ark., 2017).

Maksimum Entropi (MaxEnt) kullanılarak tıbbi ve hassas bir bitki türü olan *Daphne mucronata*'nın orta İran'daki mevcut ve gelecekteki iklim koşulları (A2a/HadCM3) altında coğrafi dağılımı tahmin edilmiştir. İklim değişikliği projeksiyonu (A2a/HadCM3), 2030 ve 2080 itibarıyla, *D. mucronata*'nın 2000 m'nin altındaki alanlarda yok olacağını, 3000 m'den daha yüksek rakımlarda değişmeden kalacağını ve 2000–3000 m arasında bulunan alanlarda ciddi bir değişime uğrayacağı belirtilmiştir. Sonuçlar, *D. mucronata* dağılımının yüksekte, yıllık yağıştan ve en soğuk çeyreğin yağışından büyük ölçüde etkilendiğini göstermiştir (Abolmaali, 2018).

Mısır, darı, pamuk, buğday, aspir ve kanola türlerinin gelecekte 2070 yılı için iklimsel uygun alanları TerrSet'in Climate Change Adaptation Modeler (CCAM) kullanılarak karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, model bitkilerin yetiştirilmesi için çok azda olsa artmış fakat günümüz verilerine göre önemli oranda değişmediği, aspir bitkisinin uygun alanlarının ciddi oranda genişleyeceği özellikle ülkemiz için önemli bir tarım ürünü olan buğdayın önemli oranda hem alansal değişikliği hem de azalmaya uğrayacağı tespit edilmiştir (Aydın ve Sarptaş., 2018).

Süs ve tıbbi değeri yüksek ve Uluslararası Doğayı Koruma Birliği (IUCN) Kırmızı Tehdit Altındaki Türler Listesi'nde nesli tükenmekte olan bir karasal orkide türü olan *Cypripedium japonicum*'un Çin'de mevcut ve gelecek iklim koşullarındaki potansiyel dağılımını tahmin etmek için bir topluluk tür dağılım modeli oluşturulmuştur. Gelecekteki (2070 için) RCP 4.5 ve 8.5 iklim senaryoları altında, *C. japonicum*'un toplam uygun yaşam alanı artma eğiliminde olacağını ancak, son derece uygun alanların tümünde azalmanın gerçekleştiği öngörülmüştür. Genel olarak, uygun habitatın dağılımı, daha yüksek rakımlara ve daha yüksek enlemlere sahip kuzeybatı bölgelerine kayacağı öngörülmüştür (Xu ve ark., 2021).

İklim değişikliğinin Türkiye'de yol ağaçlandırmalarında yaygın olarak kullanılan *Robinia pseudoacacia* L.'nin bir tür dağılım modeli olan MaxEnt 4.3.1. programı kullanılarak gelecek senaryolarına göre potansiyel yayılış alanları ve mevcut dağılım alanları tespit edilmiştir. İyimser ve kötümser iklim senaryolarına göre istilacı bir tür olan *Robinia pseudoacacia* L.'nin yayılış alanlarında önemli ölçüde azalmanın olduğu tespit edilmiştir. Türün iklim değişikliğinden etkilendiği ve uygun alanlarının daraldığı belirlenmiştir (Arslan., 2019).

Arabica (*Coffea arabica*) dünyanın en iyi bilinen kahve çekirdeğidir. İklim değişikliğinin olası etkilerini de hesaba katan bir yok olma riski değerlendirmesinde, *C. arabica* Tehlike Altında bir tür olarak (Endangered) sınıflandırıldı ve 2088 yılına kadar doğal popülasyonunun yarısından fazlasını kaybedeceği öngörülmüştür (Moat ve ark.,2018).

İklim değişikliğinin hem uygun ekim alanlarının kaybı hem de mikotoksin kontaminasyonundaki artışı açısından dünya çapında gelecekteki kahve üretimi üzerinde son derece olumsuz bir etkiye sahip olacağını göstermektedir. İklim değişikliği sadece sıcaklıktaki artışları değil, aynı zamanda su döngüsünün yoğunluğundaki artışı da içerecektir. Kahve zaten ıslak koşullar gerektirdiğinden, ekim alanlarındaki yağış ve nemin artması muhtemeldir ve *Aspergillus* gibi mantar türleri daha sıcak ve daha nemli iklimleri tercih ettiğinden, muhtemelen bu koşullarda gelişeceklerdir (Adhikari ve ark., 2020).

SONUÇ

Şimdiye kadar neslinin tükendiği belgelendirilen kuşlar, memeliler ve amfibilerin toplam sayısının iki katı kadar bitki türünün yok olduğu belgelendirilmiştir (Humphreys ve ark., 2019). Farklı iklim ve toprak koşullarında yetişen, türlerin genetik çeşitlilik zenginlikleri ve sağlıklı tohumlarının belirlenmesi ile modelleme teknikleri kullanılarak belirlenmiş olan, gelecekteki yeni yerleşim alanlarına göç olayı bazı belirli türlerin yok olmasını engellemek için bir seçenek olarak değerlendirilebilir. Türün iklim değişikliğine cevaben göç edebilme becerisi, potansiyel göç yolları boyunca elverişli yaşam alanları bulmasına ve yayılma potansiyeli olmasına bağlıdır. Antropojen kaynaklı iklim değişikliğinin yanı sıra, kentsel, kırsal, endüstriyel ya da tarımsal olarak kullanılan araziler tür dağılımını engelleyerek iklim değişikliğine adaptasyonu oldukça zorlaştıracaktır. İnsanların belirli türlerin göç durumunu hızlandırması, özellikle bozulmuş arazilerde hareketi kısıtlanan nadir türlerin yok olmasına sebep olmaktadır.

Çözüm olarak pek çok doğal orman türler için, daha fazla kuzey habitatlarına transplantasyon (bitki nakli) veya tohum nakli yapılabilir. Yaşam alanlarını korumak ve hayatta kalmalarını sağlamak açısından doğal habitatlar arasında bağlantı artışları sağlanarak türlerin maximum göç hızlarına ulaşmaları için yardımcı olunabilir.

KAYNAKLAR

- Abolmaali, S., Tarkesh, M., & Bashari, H., 2018. MaxEnt modeling for predicting suitable habitats and identifying the effects of climate change on a threatened species, *Daphne mucronata*, in central Iran. *Ecol. Informatics*, 43, 116-123.
- Adhikari M., Isaac E. L., Paterson R. R. M., Maslin M. A., 2020. A Review of Potential Impacts of Climate Change on Coffee Cultivation and Mycotoxigenic Fungi. *Microorganisms*, 8, 1625; <http://dx.doi.org/10.3390/microorganisms8101625>
- Arslan, E. S. (2019). İklim değişimi senaryoları ve tür dağılım modeline göre kentsel yol ağaçlarının ekosistem hizmetleri bağlamında değerlendirilmesi: *Robinia pseudoacacia* L. örneği. *Turkish Journal of Forestry*, 20 (2) , 142-148. DOI: 10.18182/tjf.559883
- Aydın, F. ve Sarptaş, H., 2018. İklim değişikliğinin mahsul ekimine etkisi: Türkiye için model mahsullerle vaka çalışması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24 (3), 512-521.
- Booth, T.H., 2018. Species distribution modelling tools and databases to assist managing forests under climate change. *For. Ecol. Manage.* 430, 196–203. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.019>.
- Broennimann, O., Thuiller, W., Hughes, G., Midgley, G.F., Alkemade, J.R., & Guisan, A., 2006. Do geographic distribution, niche property and life form explain plants' vulnerability to global change? *Global Change Biology*, 12.
- Cantürk U., Kılınc Ş., 2021. The effects of climate change scenarios on *Tilia* ssp. in Turkey. *Environ Monit Assess*, 193: 771. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09546-5>
- Del Río, S., Álvarez-Esteban, R., Cano, E., Pinto-Gomes, C., and Penas, Á., 2018. Potential impacts of climate change on habitat suitability of *Fagus sylvatica* L. forests in

- Spain. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 152(6), 1205-1213.
- Elith, J., Leathwick, J.R., 2009. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 40, 677–697. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159>.
- Feeley, K. J., Silman, M. R., Bush, M. B., Farfan, W., Cabrera, K. G., Malhi, Y. and Saatchi, S., 2011. Upslope migration of Andean trees. *Journal of Biogeography*, 38(4), 783-791.
- Feng L., Sun J., Wang T., Tian X., Wang W., Guo J., Feng H., Guo H., Deng H., Wang G., 2021. Predicting suitable habitats of ginkgo biloba L. fruit forests in China. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100364>
- Ferrarini, A., Alsafran, H. S. A. M., Dai, J., and Alatalo, M. J., 2018. Improving niche projections of plant species under climate change: silene acaulis on the British Isles as a case study. *Clim. Dyn.* 52, 1413–1423. doi: 10.1007/s00382-018-4200-9
- Ferrarini, A., Dai, J., Bai, Y., and Alatalo, M. J., 2019. Redefining the climate niche of plant species: a novel approach for realistic predictions of species distribution under climate change. *Sci. Total Environ.* 671, 1086–1093. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.03.353
- García-Hernández M. A., Toledo-Aceves T., 2020. Is there potential in elevational assisted migration for the endangered *Magnolia vovidesii*?. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2019.125782>
- Honnay, O., Verheyen, K., Butaye, J., Jacquemyn, H., Bossuyt, B., & Hermy, M., 2002. Possible effects of habitat fragmentation and climate change on the range of forest plant species. *Ecology Letters*, 5(4), 525-530.
- Hughes, L., 2000. Biological Consequences of Global Warming: is the Signal Already Apparent?, *Trends in Ecology and Evolution* 15(2), ss. 56–61.
- Humphreys, A. M., Govaerts, R., Ficinski, S. Z., Nic Lughadha, E., and Vorontsova, M. S., 2019. Global dataset shows geography and life form predict modern plant extinction and rediscovery. *Nature Ecology & Evolution* 3:1043-1047. doi: 10.1038/s41559-019-0906-2.
- IPCC, 2014. *Impacts, Adaptation and Vulnerability: Summary for Policymakers*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- Iverson L. R., Schwartz M.W., Prasad A. M., 2004. Potential colonization of newly available tree-species habitat under climate change: an analysis for five eastern US species. *Landscape Ecology*. 19: 787-799.
- Jansen, E., J. Overpeck, K.R. Briffa, J.-C. Duplessy, F. Joos, V. Masson-Delmotte, D. Olago, B. Otto-Bliesner, W.R. Peltier, S. Rahmstorf, R. Ramesh, D. Raynaud, D. Rind, O. Solomina, R. Villalba and D. Zhang, 2007: Palaeoclimate. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Lenoir, J., Gegout, J. C., Marquet, P. A., De Ruffray, P., and Brisse, H., 2008. A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Science* 320, 1768–1771. doi: 10.1126/science.1156831

- Lin C. T., Chiu C. A., 2019. The Relic *Trochodendron aralioides* Siebold & Zucc. (Trochodendraceae) in Taiwan: Ensemble Distribution Modeling and Climate Change Impacts. *Forests*, 10, 7; <http://dx.doi.org/10.3390/f10010007>
- Malcolm, J. R., Markham, A., Neilson, R. P., & Garaci, M., 2002. Estimated migration rates under scenarios of global climate change. *Journal of Biogeography*, 29(7), 835-849.
- Manoff M. V., 2019. Can Humans Help Trees Outrun Climate Change? <https://www.nytimes.com/2019/04/25/climate/trees-climate-change.html> Erişim Tarihi: 26.02.2022.
- McKenney D., Beaudoin A., Bernier P., 2021. Distribution of tree species. Natural Resources Canada. <https://www.nrcan.gc.ca/climate-change-adapting-impacts-and-reducing-emissions/climate-change-impacts-forests/forest-change-indicators/distribution-tree-species/17778#how> . Erişim Tarihi: 28.02.2022.
- Miguel-Vázquez, M.I., López De Olmos R, Y.S. & Ocampo, G., 2020. A look into the past, present and future potential distributions of *Talinopsis frutescens*, a North American endemic lineage closely related to Cactaceae. *J. Arid Land* **12**, 104–114. <https://doi.org/10.1007/s40333-019-0019-4>
- Moat, J., O’Sullivan, R. J., Gole, T., and Davis, A. P., 2018. *Coffea arabica* (amended version of 2018 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species. IUCN.
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.), 2007. Technical Summary. In: *Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Parmesan, C. and Hanley, M. E., 2015. Plants and climate change: Complexities and surprises. *Annals of Botany*, 116, 849–864. <https://doi.org/10.1093/aob/mcv169>.
- Pecchi, M., Marchi, M., Burton, V., Giannetti, F., Moriondo, M., Bernetti, I., ... & Chirici, G. (2019). Orman yönetimini desteklemek için tür dağılım modellemesi. Edebi bir değerlendirme. *Ekolojik Modelleme* , 411 , 108817.
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M. B., Sykes, M. T., and Prentice, C. I. (2005). Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 102, 8245–8250. doi: 10.1073/pnas.0409902102
- Türkeş M., 2008. Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler, *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1, 26-37.
- Xu Y., Huang Y., Zhao H., Yang M., Zhuang Y., Ye X., 2021. Modelling the Effects of Climate Change on the Distribution of Endangered *Cypripedium japonicum* in China. *Forests* , 12, 429. <https://doi.org/10.3390/f12040429>
- Yi, Y., Zhou, Y., Cai, Y., Yang, W., Li, Z., and Zhao, X., 2018. The influence of climate change on an endangered riparian plant species: the root of riparian *Homonoia*. *Ecol. Indic.* 92, 40–50. doi: 10.1016/j.ecolind.2017.05.004
- Zhang Y., Niu H., Yu Q., 2017. Impacts of climate change and increasing carbon dioxide levels on yield changes of major crops in suitable planting areas in China by the 2050s. *Ecological Indicators*, Volume 125, 107588, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107588>

- Zhang, K., Zhang, Y., Tao, J., 2019. Predicting the potential distribution of *Paeonia veitchii* (Paeoniaceae) in China by incorporating climate change into a MaxEnt model. *Forests*. 10(2), 190 . <http://doi.org/https://doi.org/10.3390/f10020190>.
- Zhang, J. M., Song, M. L., Li, Z. J., Peng, X. Y., Su, S., Li, B., ... & Wang, W., 2022. Effects of climate change on the distribution of *Akebia quinata*. *Predicting and Managing Climate-Driven Range Shifts in Plants*, 9, 752682.

VAN GÖLÜ KIYILARINDAKİ SU ÇEKİLMELERİNİN KUŞLAR ÜZERİNE ETKİLERİ

Atilla DURMUŞ*

ORCID ID: 0000-0002-5116-9581

ÖZET

Küresel iklim değişikliği tüm dünyayı ve her ekosistemi doğrudan etkiler bir konuma gelmiştir. Ekosistem içinde bulunan canlılar, son yüzyılda hızlı bir şekilde gerçekleşen çevresel değişimler karşısında adapte olmakta zorlanmaktadır. Bu adaptasyonu nispeten en kolay sağlayan ve yer değiştirme imkânı olan canlılardan biri de kuşlardır. Bu çalışmada, Van Gölü havzasındaki yağış miktarına bağlı olarak kıyısız su çekilmelerinin, havzayı beslenme, üreme, korunma, vb., amaçlarla kullanan kuş familyaları üzerine etkileri araştırılmıştır. Su çekilmesinin alanı üreme amaçlı kullanan; Anatidae ve Rallidae familyaları üzerine etkileri olumsuz bir şekilde gözlenirken, su çekilmesi ile beraber beslenme alanları artan Charadriidae, Scolopacidae ve Hirundinidae familya üyelerine bağlı popülasyonlarda olumlu etki gösterdiği gözlenmiştir. Alanda bulunan Laridae gibi bazı familya taksonlarının ise bu süreçte olumlu ya da olumsuz etkilendiğine dair bulgu elde edilememiştir.

Anahtar Sözcükler: İklim değişikliği, Van Gölü, Kuşlar

THE EFFECTS OF WATER WITHDRAWALS ON THE COASTS OF LAKE VAN ON BIRDS

ABSTRACT

Global climate change has come to a position that directly affects the whole world and every ecosystem. Animals in the ecosystem have difficulty in adapting to the environmental changes that have taken place rapidly in the last century. Birds are one of the animals that provide this adaptation relatively easily and have the opportunity to change location. In this study, the effects of coastal water withdrawals depending on the amount of precipitation in the Van Lake basin on the bird families that use the basin for feeding, breeding, protection, etc. were investigated. The water withdrawal uses the area for reproductive purposes; While negative effects were observed on the Anatidae and Rallidae families, it was observed that it had a positive effect on the populations of the Charadriidae, Scolopacidae and Hirundinidae family members, whose feeding areas increased with the withdrawal of water. There was no evidence that some family taxa such as Laridae were affected positively or negatively in this process.

Keywords: Climate change, Van Lake, Birds

* Prof. Dr. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Böl. atilla@yyu.edu.tr

GİRİŞ

Dünyanın oluşumundan günümüze kadar geçen jeolojik süreçte, canlılar içinde yaşadıkları çevresel ortamları ile çok yönlü ilişki ve etkileşim ağları kurarak yaşamlarını devam ettirmektedirler. Canlıların içinde buldukları ve hayatlarını sürdürdükleri bu ortamlara "ekosistem" adı verilmektedir. Bir türün yuva yaptığı kayalık alan, beslendiği bölge, yaşadığı çayırılık, göl, sulak alan ve deniz gibi alanlar ekosistem olarak nitelendirilir (Şekil 1). Yeryüzünde yer alan ekosistemler, biyolojik ve ekolojik özelliklerinin yanı sıra, ekonomik ve sosyolojik bakımdan da son derece önemli işlevlere sahiptirler. Aktif, dinamik ve değişken bir yapıya sahip olan ekosistemin katkılarının ve devamlılığının sağlanabilmesi için mutlaka içinde yaşayan canlı türlerinin de yaşatılması ve korunması gerekmektedir.



Şekil 1. Sulak Alan Ekosistemi (Dönemeç Deltası-Foto: A.DURMUŞ).

Bir ülkenin sahip olduğu vazgeçilmezleri arasında yer alan en önemli unsur, onun doğal yapısı ve çeşitliliğidir. Bütün sosyal, kültürel ve yaşamsal faaliyetler bu doğal yapı üzerine inşa edilir. Bu kadar hayati öneme sahip doğal alanların araştırılması ve bu araştırmalar sonucu elde edilen verilerin kullanılarak, bu alanların denetimi, işletilmesi, korunması, yaşatılması ve gelecek nesillere de yaşanılabilir bir çevrenin bırakılması konusu, küresel ölçekte temel amaç haline gelmiş durumdadır.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Küresel iklim değişikliği tüm dünyayı ve her ekosistemi doğrudan etkiler bir boyuta gelmiştir. Günümüzde ve gelecekte yaşanabilecek en büyük doğa felaketi olarak küresel iklim değişikliği tahmin edilmektedir (Palmer & Raisanen, 2002; Milly, Dunne & Vecchia, 2005). Ekosistem içerisinde bulunan canlılar hayatlarını devam edebilmek için mevcut şartlara adapte

olmak zorundalar. Bu adaptasyon başarısını sağlayamayan canlıların maalesef nesilleri ciddi manada riske girmektedir. Son yıllarda artan habitat bozulmaları ve çevresel değişimler küresel anlamda birçok türün neslini tehdit altına sokmaktadır (Cristofarie vd., 2018). IUCN 2022 verilerine göre 8188 tür CR (Critically Endangered) kategorisinde yer almaktadır. Uzun yıllar verilerine bakıldığında kritik türlerin sayısının her geçen gün arttığı görülmektedir (“Red List Category,” 2022).

VAN GÖLÜ SULAK ALANLARI VE KUŞLAR

Ekosistem içinde bulunan canlılar, son yüzyılda hızlı bir şekilde gerçekleşen çevresel değişimler karşısında adapte olmakta zorlanmaktadır. Yeryüzünde yaşayan her canlıyı etkileyecek olan bu küresel iklim değişiminin ülkemizde de oldukça önemli etkilere yol açacağı aşikardır. Ülkemizin farklı bölgelerinde iklim değişikliğine paralel olarak gerçekleşen çevresel değişimler ve etkiler şimdiden görülmeye başlanmıştır. Yağış rejimlerinde gözlemlenen zamansal ve miktarsal farklılıklar sonucu sulak alanlardaki etkiler gözle görülebilir boyuta ulaşmış durumdadır. Bunun en somut örneğini Van Gölü ve etrafındaki sulak alanlarda görebilmekteyiz. Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre; Doğu Anadolu Bölgesinde, genel yağış oranlarına göre % 33, Ekim 2021 ve Ekim 2022 yaz dönemi verilerine göre ise % 19 oranında bir azalmanın olduğu belirtilmiştir (Yağış verileri, 2022). Bu azalmaya bağlı olarak özellikle son 5 yıldır havzada yaşanan kuraklık nedeniyle göl kıyısında ciddi bir su çekilmesi gözlenmektedir (Şekil 2). Göl seviyesindeki düşüşler ve kıyasal çekilmeler göl etrafında yaşayan canlıları doğrudan ve dolaylı etkilemektedir.



Şekil 2. Van Gölü kıyılarında görülen çekilmeler (Gevaş- Foto:A.DURMUŞ).

Van Gölü Havzası zengin biyolojik çeşitliliğe sahiptir. Havzada yapılan biyolojik çeşitlilik araştırmalarında 121 makromantar, 1737 böcek ve 213 kuş türü tespit edilmiştir (Durmuş vd., 2011). Bu türlerin büyük bir kısmı sulak alan ekosistemler ve yakın gölgelerinde yaşamaktadır. Dolayısı ile sulak alanlarda meydana gelen değişimlerden en fazla etkilenen canlı

guruplarını oluşturmaktadırlar. Doğadaki canlılar adaptasyon yetenekleri sayesinde değişen çevre şartlarına tolerans gösterebilirler. Elbette ki bu tolerans değeri belirli bir noktaya kadardır.

Canlılar, olumsuz çevre şartlarına yönelik olarak gösterecekleri tolerans sınırını aştığında ya hayatlarını kaybeder ya da o bölgeden ayrılarak hayatta kalabilecekleri uygun habitatlara göç ederler. Hareket özelliği olan canlılar için bu mümkün iken hareket özelliği olmayan bitkiler ve suya bağımlı olan balık ve amfibi (çift yaşar) grupları için oldukça sıkıntılı bir durumdur. Çevresel etkilere bağlı olarak değişen ya da bozulan habitatlar içerisinde bu adaptasyonu nispeten en kolay sağlayan ve yer değiştirme imkanı olan canlı gruplarından biri de kuşlardır (Şekil 3).

Van Gölü Havzasında bulunan kuşların, tür çeşitliliği ve populasyon yoğunluğu bakımından en fazla tercih ettikleri habitat yapılarının sulak alanlar olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Bıyıklı baştankara (*Parus major*- Foto:A.DURMUŞ).

Van Gölü sodalı bir yapıya sahiptir ve ancak gölü besleyen çok sayıda tatlı su kaynakları vardır. Tatlı suyun göle katıldığı yerlerde deltalar oluşmakta ve bu deltalar kuşlar için hayati öneme sahip beslenme, korunma ve üreme alanlarını teşkil etmektedir. Bu amaçla göl kıyısında yer alan tatlı suyun göle karıştığı alanların korunması canlılar için büyük önem arz etmektedir. Havzada iklim değişikliğinin en fazla göze çarptığı ve ornitolojik açıdan oldukça zengin olan Erçek Gölü dür.

Erçek Gölü'nün alt yönetim planı çalışmasında yapılan dört mevsim gözlem sonuçlarına göre göl ve çevresinde 185 kuş türü tespit edilmiştir (Durmuş, Nergiz & Adızel, 2015). Alan 4 mevsim aktif olup, kuş türleri için en büyük sorun olan avcılık Van İli Doğa Koruma ve Milli Parklar müdürlüğü tarafından ava kapatılmıştır.

Tür çeşitliliği ve populasyon yoğunluğu bakımından zengin olan Erçek Gölü en fazla etkilenen alanlardan biridir. Erçek Gölünde mayıs 2022 ayında yapılan gözlemden su seviyesi

gözlem kulesinin yanında iken 4 ay sonra (Ağustos 2022) yapılan gözlemede yaklaşık 200 metre kadar suyun çekildiği görülmüştür (Şekil 4-5).



Şekil 4. Erçek Gölü (30.05.2022) Foto: A.DURMUŞ



Şekil 5. Erçek Gölü (02.09.2022) Foto: A.DURMUŞ

Erçek Gölü de Van Gölü gibi alkalın yapıda bir göldür. Göle dökülen en büyük tatlı su kaynağı Memedik Deresidir. Bu dere göle dökülmeden önce kıyısız alanlarda ve göl içerisinde yayılım yapmaktadır. Bu açıdan bu bölgeler sazlık, çayırılık ve bataklık alanlar bakımından oldukça geniştir. Bu bölgelerdeki kuşlar, göl yüzeyinde veya kıyısız alanlarda bulunmaktadır.

Su seviyesindeki değişimler kuşlar üzerinde farklı etkiler gösterebilmektedir. Kıyı bandındaki sazlık alanlarda barınan, beslenen ve üreyen türler için sorun teşkil ederken, kıyısız bölgeleri beslenme amacı ile tercih eden türler için olumlu etki gösterme potansiyeline sahiptir. Su çekilmesi sonucu bataklık kıyısız alanların miktarı artacağından bu alanlardan beslenen kıyı kuşlarının beslenme şansı artacaktır. Buda populasyon yoğunluğunun artışına olumlu katkı sağlayacağı düşüncesini doğurmaktadır.

Van Gölü havzasındaki yağış miktarına bağlı olarak kıyısız su çekilmelerinin en fazla görüldüğü diğer alanlar Dönemeç Deltası, Bendimahı Deltası, Çelebibağ Deltası ve Akgöl sulak alanlarıdır.

Bu alanlarda yapılan çalışmalarda, su çekilmesinin, havzayı beslenme, üreme, korunma, vb., amaçlarla kullanan kuş familyaları üzerine etkileri araştırılmıştır. Alanı üreme amaçlı kullanan; Anatidae, Rallidae, Recurvirostridae ve Charadriidae familyaları ile alanı beslenme amacıyla kullanan Scolopacidae ve Hirundinidae familyaları üyelerinin populasyon yoğunlukları değerlendirilmiştir. Bu familyalara ait türler Tablo 1-2 de verilmiştir.

Yapılan çalışmalarda kıyısız çekilmelerin, o alanı üreme amaçlı kullanan türlerde olumsuz etkiler gösterdiği görülmüştür (Şekil 6).

Tablo 1. Su çekilmesinden olumsuz etkilenen kuş türleri.

TÜRKÇE ADI	BİLİMSEL ADI	BERN	IUCN	HAVZADAKİ DURUMU
	ANSERIFORMES			
	ANATIDAE			
Çamurcun ördek	<i>Anas crecca</i>	Ek III	LC	KZ
Yeşilbaş ördek	<i>Anas platyrhynchos</i>	Ek III	LC	YZ
Angıt	<i>Tadorna ferruginea</i>	Ek II	LC	YZ
Suna	<i>Tadorna tadorna</i>	Ek II	LC	YZ
Çıkrıkçın ördek	<i>Spatula querquedula</i>	Ek III	LC	YZ
Kaşıkgağa ördek	<i>Spatula clypeata</i>	Ek III	LC	KZ
Macar ördeği	<i>Netta rufina</i>	Ek III	LC	KZ
Elmabaş pakta	<i>Aythya ferina</i>	Ek III	VU	Y
Tepeli patka	<i>Aythya fuligula</i>	Ek III	LC	KZ
	GRUIFORMES			
	RALLIDAE			
Saz tavuğu	<i>Gallinula chloropus</i>	Ek III	LC	YZ
Sakarmeke	<i>Fulica atra</i>	Ek III	LC	Y
	CHARADRIIFORMES			
	RECURVIROSTRIDAE			
Uzun bacak	<i>Himantopus himantopus</i>	Ek II	LC	YZ
	CHARADRIIDAE			
Küçük halkalı cılbıt	<i>Charadrius dubius</i>	Ek II	LC	YZ
Kızkuşu	<i>Vanellus vanellus</i>	Ek III	NT	YZ

Şekil 6. Van Gölü kıyılarında üreyen Elmabaş Patka (*Aythya ferina*) Foto: A. DURMUŞ

Van Gölü kıyılarında sularının çekilmesi sonucunda, ıslak ve bataklık alanlar genişlemiştir. Bu genişlemeye paralel olarak bazı kuş türlerinin yayılımı ve alanda beslenme aktivitelerinin arttığı görülmüştür. Artan beslenme aktiviteleri, populasyon yoğunluğunda artışa neden olmuştur. Kıyısız alanları kullanan ve kısa süreçte olumlu etkilenen türler Tablo 2 de ve Şekil 7 de verilmiştir.

Tablo 2. Su çekilmesinden kısmen olumlu etkilenen kuş türleri.

TÜRKÇE ADI	BİLİMSEL ADI	BERN	IUCN	HAVZADAKİ DURUMU
	CHARADRIIFORMES			
	SCOLOPACIDAE			
Su çulluğu (Bekasin)	<i>Gallinago gallinago</i>	Ek III	LC	TG
Çulluk	<i>Scolopax rusticola</i>	Ek III	LC	YZ
Küçük kumkuşu	<i>Calidris minuta</i>	Ek II	LC	TG
Karakarınlı kumkuşu	<i>Calidris alpina</i>	Ek II	LC	KZ
Döğüşken kuş	<i>Philomachus pugnax</i>	Ek III	LC	YZ
Çamurçulluğu	<i>Limosa limosa</i>	Ek III	NT	KZ
Kervançulluğu	<i>Numenius arquata</i>	Ek III	NT	KZ
Yeşil düdükçün	<i>Tringa ochropus</i>	Ek II	LC	YZ
Kızılback	<i>Tringa totanus</i>	Ek III	LC	YZ
Yeşilback	<i>Tringa nebularia</i>	Ek III	LC	TG
Dere düdükçünü	<i>Actitis hypoleucos</i>	Ek II	LC	Y
	HIRUNDINIDAE			
Ev kırlangıcı	<i>Delichon urbicum</i>	Ek II	LC	YZ
Kır kırlangıcı	<i>Hirundo rustica</i>	Ek II	LC	YZ
Kum kırlangıcı	<i>Riparia riparia</i>	Ek II	LC	Y



Şekil 7. Kıyısız alanlarda beslenen Kır Kırlangıcı (*Hirundo rustica*) Foto: A. DURMUŞ

Yapılan çalışma ve gözlemlerde kıyusal alanları dinlenmek kullanan bazı familya üyelerinin de olduğu görülmüştür (Tablo 3). Bu türlerin alanda beslenme ve üreme faaliyetleri olmadığından su çekilmelerinin bu türler üzerine herhangi bir olumlu ya da olumsuz etki ettiği tespit edilmemiştir.

Tablo 3. Su çekilmelerinden etkilenmeyen kuş türleri.

TÜRKÇE ADI	BİLİMSEL ADI	BERN	IUCN	HAVZADAKİ DURUMU
	CHARADRIIFORMES			
	LARIDAE			
Van Gölü martısı	<i>Larus armenicus</i>	EK III	LC	YZ
Karabaş martı	<i>Larus ridibundus</i>	Ek III	LC	YZ
Küçük sumru	<i>Sternula albifrons</i>	Ek II	LC	TG
Sumru	<i>Sterna hirundo</i>	Ek II	LC	YZ
Akkanatlı sumru	<i>Chlidonias leucopterus</i>	Ek II	LC	TG
	COLUMBIFORMES			
	COLUMBIDAE			
Tahtalı güvercin	<i>Columba palumbus</i>	-	LC	KZ
Kaya güvercini	<i>Columba livia</i>	Ek III	LC	Y
Kumru	<i>Streptopelia decaocto</i>	Ek III	LC	Y

IUCN: NT (Near Threatened): Yakın Tehditte; **VU** (Vulnerable): Hassas; **LC** (Low Critically): Düşük öncelikli

BERN: **Ek II:** Kesin koruma altına alınan fauna türleri (SPFS- StrictlyProtected Fauna Species), **Ek III:** Korunan fauna türleri (PFS- Protected Fauna Species)

HAVZADAKİ DURUMU: **YZ:** Yaz ziyaretçisi, **Y:** Yerli türler, **KZ:** Kış ziyaretçisi, **TG:** Transit göçer

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Van Gölü Havzasında, tatlı suyun göle döküldüğü sulak alanlarda 2021-2022 yılları arasında gerçekleştirilen arazi gözlemlerinde, iklim değişikliği ve buna bağlı olarak gelişen yağış rejimindeki azalmaya paralel olarak Van Gölü kıyusal alanlarında su çekilmesi belirlenmiştir. Bu su çekilmesinin kuş türleri üzerine ekolojik ve biyolojik etkileri değerlendirilmiştir.

Bu durumun, sulak alanları ve göl kıyılarını üreme amaçlı kullanan türler üzerinde olumsuz etkileri olduğu görülmüştür. Yuvasını sazlık, bataklık ve çayırık alana yapan kuş türleri, bu alanların kuruması neticesinde su yüzeyine ulaşma imkanını sağlayamamakta ve kuluçkadan çıkan yavrular su yüzeyine ulaşmadan çamura saplanmakta ya da predatörlere av olmaktadır. Olumsuz etkilenen türlerin alternatif olarak çekilmenin daha az olduğu alanlara yönelindikleri de tespit edilmiştir.

Su çekilmesi ile beraber arkasında oluşan ıslak ve bataklık habitat miktarının artışı bazı kuş türleri için kısa vadede olumlu bir faktöre dönüşmüştür. Bu alanlarda yaşayan omurgasız canlılar (böcekler, sinekler vd.) ile, amfibi ve sürüngen gibi omurgalılar ortaya çıkmakta ve yayılış alanlarını arttırmaktadırlar. Bu alanlardaki canlıların popülasyon sayılarında görülen artış ve bu alandaki canlıları besin olarak tüketen kuşlar açısından fayda sağlamaktadır. Karasal alan miktarının fazla olduğu tür içi ve türler arası rekabeti minimize etmiştir.

Su çekilmesinden kaynaklanan ekolojik değişimler, alanda bulunan türlerin tamamını etkilememektedir. Bu değişimden etkilenmeyen türler de bulunmaktadır. Bunların başında martı ve karga türleri gelmektedir. Kıyusal alanlarda üreme ve beslenme aktiviteleri olmayan bu türler, sadece dinlenme amacıyla kıyılarda bulunmaktadırlar. Alanı kullanan diğer türlerle besin ve alan rekabetine girmedikleri için alanda türler arasında herhangi bir çatışma görülmemektedir.

İklim değişikliğinin kuş türleri ve popülasyonları üzerine etkisi kısa vadede gözlenmiştir. Ancak bu alanlarda kesin sonuçlara varabilmek için, popülasyon değişimlerinin uzun bir süre takip edilmesi gerekmektedir.

Ayrıca uzun süren iklim değişimine bağlı habitat kayıpları ve kuraklık, bütün kıtalarda yaşanabileceği gibi ülkemizin bazı bölgelerinde de görülecektir. Batı palearktik bölgede bulunan ve kuzey-güney göç rotası üzerinde önemli bir yer tutan Türkiye'nin bu biyo-coğrafik konumu dikkate alındığında havzada rastlantısal ve istilacı türlerin görülme ihtimali oldukça yüksektir. Dışarıdan gelen istilacı türler, alanda bulunan yerli türler için büyük bir baskı oluşturarak ornitolojik çeşitliliği etkilemektedir.

Dört mevsim yapılacak gözlemlerde alandaki türlerin güncellemesi yapılarak tür sayıları, popülasyon yoğunlukları ve alanı hangi amaçla kullandıkları tespit edilerek alana yeni gelen türlerin yurtiçi ve yurtdışı kaynaklı türler olduğu belirlenmelidir.

KAYNAKLAR

- Cristofarie, R., Liu, X., Bonadonna, F., Cherel, Y., Pistorius, P., Maho, Y.L., Raybaud, V., Stenseth, N. C., Bohec, C. L. ve Trucchi, E. (2018). Climate Driven Range Shifts of The King Penguin in a Fragmented Ecosystem, *Nature Climate Change* 8:3, 245–251.
- Durmuş, A., Adızel, Ö., Özgökçe, F., Uzun, Y., Öztürk, F., Koçak, M.K., Ünal, M., İşler, S., Selçuk, N., Keleş, A., Behçet, L., Demirel, K., ve Koçak, A.Ö. (2011). Biodiversity of Van Province. VI. International Symposium on Ecology and Environmental Problems.22p, 17-20 November), Antalya /Turkey.
- Durmuş, A., Nergiz, H. ve Adızel, Ö. (2015). Erçek Gölü (Van) Sulak Alan Alt Havzası Araştırma Projesi Çalışmasının Kuşlar Üzerine Olumlu Etkisi, 12. Ulusal Ekoloji Ve Çevre Kongresi 14 – 17 Eylül 2015, Muğla.
- IUCN, (2022). The Numbers of Species Listed in Each Red List Category. <https://www.iucnredlist.org/> Erişim tarihi;13.06.2022.
- Meteoroloji, (2022). Yağış Raporu verileri, <https://www.Mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=m#sfB> (Erişim tarihi: 20.11.2022).
- Milly, P. C. D., Dunne, K. A., ve Vecchia, A. V. (2005). Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. *Nature* 438: 347–350.
- Palmer, T. ve Raisanen, A. (2002). Quantifying The Risk of Extreme Seasonal Precipitation Events in a Changing Climate. *Nature*, 415:512-514.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BİTLİS İLİ HAYVANCILIK SEKTÖRÜNE OLASI ETKİLERİ

Ömer Faruk YILMAZ*

Serkan KEMEÇ **

ORCID ID: 0000-0001-5604-1088

ÖZET

Küresel ısınma dünyanın büyük sorunlarından birisi olup, Türkiye'yi de etkilemektedir. Küresel ısınmanın bir sonucu olarak iklimde değişiklikler meydana gelir. Bilimsel deliller, iklim değişikliğinin gezegendeki yaşam üzerinde artan bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. İklim değişikliğinin etkileri her konuda farklılık göstermektedir. Hayvansal üretimde ise etkisi oldukça fazladır. İklim değişikliğinin Bitlis ili özelinde hayvancılık sektöründe olumsuz etkiler söz konusudur. Bu etkilerin başında hayvanların doğumlarında kayıplar, hayvanlarda hastalıkların artması, hayvan davranışlarında olumsuz problemler, hayvanlarda sıcaklık stresi gibi sorunlar gelmektedir. Bitlis ilinde hayvan sayılarında son 10 yıl içerisinde üretim verileri incelendiğinde azalışların meydana geldiği görülmekte ve bu olayların temel sorunu iklim değişikliği nedeni ile gerçekleşmektedir. Gözlemlenen bu olumsuz olaylar sonucunda iklim değişikliği ve hayvansal üretim ilişkileri arasında bazı politika ve yöntemlerin uygulanmasına ihtiyaç duyulmuştur. Hayvansal üretimde sürdürülebilir sistemlerin uygulanması iklim değişikliğinin etkisini önemli ölçüde azaltacaktır. Bu çalışmada iklim değişikliğinin Bitlis İli hayvancılık sektörüne olası etkileri araştırılarak hayvansal üretimde ortaya çıkan sorunlarının çözümüne yönelik politika ve metod önerileri geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Küresel ısınma, Hayvancılık sektörü, Hayvansal üretim

POSSIBLE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON LIVESTOCK SECTOR IN BITLIS

ABSTRACT

Global warming is one of the biggest problems of the world and it also affects Turkey. Climate changes occur as a result of global warming. Scientific evidence shows that climate change is having an increasing impact on life on the planet. The effects of climate change differ in every respect. In animal production, the effect is quite high. There are negative effects of climate change in the livestock sector in the province of Bitlis. At the beginning of these effects are problems such as losses in the birth of animals, increase in diseases in animals, negative problems in animal behavior, heat stress in animals. When the production data in the last 10 years in the number of animals in Bitlis are examined, it is seen that there has been a decrease and the main problem of these events is due to climate change. As a result of these negative events observed, it was necessary to implement some policies and methods between climate change and animal production relations. The implementation of sustainable systems in animal

* Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, ofy6535@gmail.com

** Doç.Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, serkankemec@vyu.edu.tr

production will significantly reduce the impact of climate change. In this study, the possible effects of climate change on the livestock sector in Bitlis province were investigated and policy and method suggestions were developed for the solution of the problems arising in animal production.

Keywords: Climate change, Global warming, Livestock sector, Animal production

GİRİŞ

İklim değişikliği, büyük ölçüde insan faaliyetleri nedeniyle zamanımızın en büyük çevresel sorunlarından biridir. Sanayi devrimi ile ortaya çıkan ve 20. yüzyıldan itibaren hız kazanan insan kaynaklı doğal iklim değişikliği, yerini küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişikliğine bırakmıştır. CO₂, CH₄ ve N₂O gibi sera gazlarının insan faaliyetleri sonucu atmosfere salınmasındaki önemli artış nedeniyle yeryüzüne yakın katmanların antropojenik ısınması sürecine "küresel ısınma" denir. İklim faktörlerine "küresel iklim değişikliği" de denilmektedir (Doğan, 2005). İklim değişikliği, dünyanın birçok yerinde birçok türün, ekosistemin ve hayvancılık sisteminin sürdürülebilirliği için önemli bir tehdit olarak kabul edilmektedir (Moss ve ark, 2000). İklim değişikliğinin etkilerinden bazılarından bahsedecek olursak; kurak bölgelerin daha kuru hale gelmesi, yağışlı bölgelerde ani ve yoğun yağış olayları, tüm bölgelerde değişen yağış koşulları ve afet olaylarının sayı ve şiddetinde aşırı artışlar şeklindedir. Türkiye'de iklim değişikliğinin yağışları azaltacağı, sıcaklıkları artıracığı, sel ve kuraklık gibi olayların sıklığını ve şiddetini artıracığı tahmin edilmektedir.

Küresel iklim değişikliği, son 30 yılda tarımsal üretimi her on yılda yaklaşık %1-5 oranında azaltmaktadır. Bitkisel üretimin aksine hayvansal üretim üzerindeki etkilerle ilgili bilgiler sınırlıdır. Genel olarak, artan sıcaklıklara tepki olarak çeşitli hayvan türlerinin yem tüketimi, üreme ve verim düzeylerinin düşeceği varsayılmaktadır. İklim değişikliği hayvanların hastalıklara karşı duyarlılığını artırmakta, hastalık ve parazitlerde mutasyonlara, zoonotik hastalıklarda artışa ve bazı yeni hastalıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, çevresel stresin üstesinden gelebilecek, toprak ve su yönetimini iyileştirebilecek ve iklim değişikliğinin potansiyel etkilerini azaltabilecek, yüksek düzeyde uyarlanabilir ve yetenekli genotiplerin geliştirilmesine yönelik sentezlere ihtiyaç vardır (Thorne, 2007). Küresel ısınmanın meydana getirdiği veya getireceği iklim değişikliği, dünyanın farklı bölgelerinde olumlu veya olumsuz olarak değerlendirilebilir.

Hayvancılığın yoğun olduğu ülkelerde, patojenler, su ve yem kaynaklarında azalmalar gibi doğrudan etkilerin yanı sıra hayvancılık üretimini etkileyen dolaylı etkiler de vardır. Hayvanlar, yem, soğutma veya çeşitli tarımsal yönetim uygulamalarını değiştirerek ısı stresiyle başa çıkabilir. Bununla birlikte, hayvanların ortam sıcaklıklarına uyum sağlamasına izin veren klimalı ahırların inşası, üretim maliyetlerinin artmasına neden olur. Küresel ölçekte yürütülen hayvancılık faaliyetleri gezegenimizde yaşanan iklim değişikliğini oluşturucu-hızlandırıcı antropojenik etkilerin başında gelmektedir. Ancak çalışma kapsamında, hali hazırda yaşanan ve gelecekte şiddetinin artacağı ortaya konan iklim değişikliği etkilerinin Bitlis İlinde yürütülmekte olan hayvancılık faaliyetlerine tesiri değerlendirilmiştir.

Literatür Özeti

İklim Değişikliğinin Hayvansal Üretime Etkileri

Mevsimsel değişiklikler hayvan refahını etkileyerek verim ve üreme performansının düşmesine neden olur (Sejian ve ark, 2013). İklim değişikliği, dünyadaki hayvancılık sistemlerinin sürdürülebilirliği için büyük bir tehdittir. İklim değişikliğinin hayvanlar üzerindeki olumsuz etkilerine yönelik adaptasyon ve azaltma yaklaşımları, sorunlarla mücadelede önemli bir rol oynamaktadır (Sejian et al., 2015). İklim değişikliği genellikle artan küresel sıcaklıklarla ilişkilendirilir. Çeşitli iklim modelleri, ortalama küresel sıcaklığın 2100 yılına kadar 2010 yılına göre 1,1 ila 6 °C daha sıcak olabileceğini tahmin ediyor. Hayvanların maruz kaldığı yoğun hava koşulları (sıcak hava dalgaları, kuraklık ve sel) durumunda sadece hayvan ölümlerine değil aynı zamanda üretim kaybına da yol açabilir (Gaughan ve CawsellSmith, 2015). Hayvanlar sıcak iklimlere uyum sağlayabilir, ancak hayatta kalmayı destekleyen tepki mekanizmaları verimi olumsuz etkileyebilir. Hayvancılık performansı en iyi 10 ila 30 °C arasında gerçekleşir. 30°C'nin üzerindeki ortam sıcaklığındaki her 1°C'lik artış için sığır, koyun, keçi ve tavukların yem tüketiminde ortalama %3-5 arasında bir azalma rapor gerçekleşir.

Önümüzdeki yıllarda iklim değişikliğinin küresel hayvansal üretim sistemlerini tamamen etkilemesi ve mevcut hayvansal ürünlere olan talebin artması beklenmektedir. 21. yüzyılda gıda ve su güvenliği insanlığın en önemli önceliklerinden biri olacaktır. Öte yandan, bölgesel ve küresel iklim değişikliğinin aynı dönemde tüm dünyada tarımı etkilemesi beklenmektedir. Hayvancılığın yoğun olduğu ülkelerde küresel ısınmanın doğrudan etkilerinin yanı sıra su kıtlığı, yem/konsantre üretiminin azalması ve patojenler gibi dolaylı etkiler de hayvancılık üretimini olumsuz yönde etkileyecektir.

Tablo 1: Çiftlik Hayvanlarında Verimlilik Üzerine İklim Değişikliğinin Etkileri

Doğrudan Etkiler	Dolaylı Etkiler
* Ortam sıcaklığındaki değişikliklerin hayvanda ısı stres yaratması	*Yem miktarının ve kalitesinin etkilenmesi
* Yem alımı ve normal fizyolojik süreci etkilemesi	*Su kaynaklarındaki azalma meraların kullanılmamasına sebep olması
*Davranışsal ve metabolik değişikliklerin oluşması	*Hayvanlarda parazit kaynaklı hastalıkların artması

Hayvansal Üretimin İklim Değişikliğine Etkileri

Dünya nüfusunun artması nedeniyle et, süt, yumurta ve diğer hayvansal ürünlere olan talep artarken, pazarın küreselleşmesi gıda ürünlerinin uluslararası hareketini hızlandırmakta ve hayvancılığa dayalı sanayi hızla büyümektedir. Şu anda, hayvancılık endüstrisi karmaşık bir teknolojik ve coğrafi değişim sürecinden geçmiştir (Anonim 2015a). Öte yandan şehirlerden kırsal alanlara göç nedeniyle hayvancılığın yapıldığı mera ve yem bitkileri üretim alanı azalmaktadır. Özellikle kümes hayvanlarının (genellikle endüstriyel) üretimindeki artış, bazı bölgelerde sığır, koyun ve keçi üretim kapasitesinin kaybına yol açmıştır. Bugün hayvancılığın tahmini büyüme hızının, endüstriyel hayvancılık çiftliklerine dayandığı söyleniyor. Geline nokta bu değişimler hayvancılık sektörünü azalan toprak, su ve diğer doğal kaynaklarla doğrudan rekabet içine sokmaktadır. Her sene yaklaşık olarak 55 milyar hayvan insan tüketimi için kesilmektedir. Endüstriyel hayvancılıktan kaynaklanan tarıma dayalı sera gazı emisyonları, geleneksel karma üretim sistemlerinden iki kat, meraya dayalı sistemlerden ise altı kat daha fazladır (Verge ve diğerleri, 2007). Tüm ekili alanların yaklaşık üçte biri yem bitkileri üretimi için kullanılmakta olup, yeryüzünün meraları ve arazi alanları otlatılmaktadır. Kurak arazi meralarının yaklaşık %70'inin genellikle aşırı otlatmadan kaynaklanan bozulmanın bir sonucu erozyona yol açtığı söylenebilir.

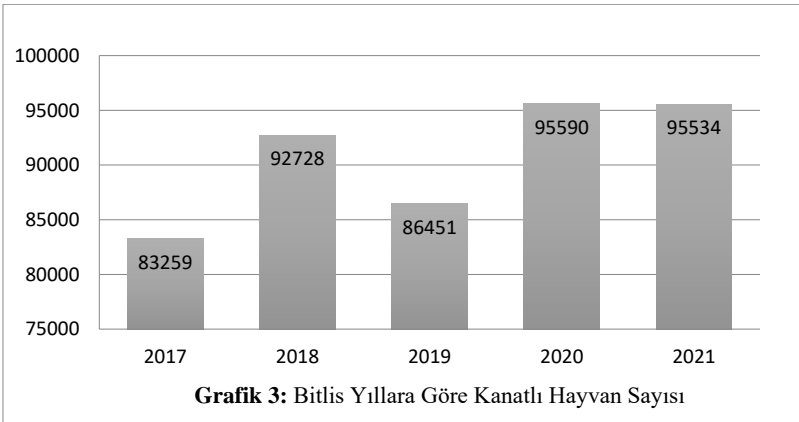
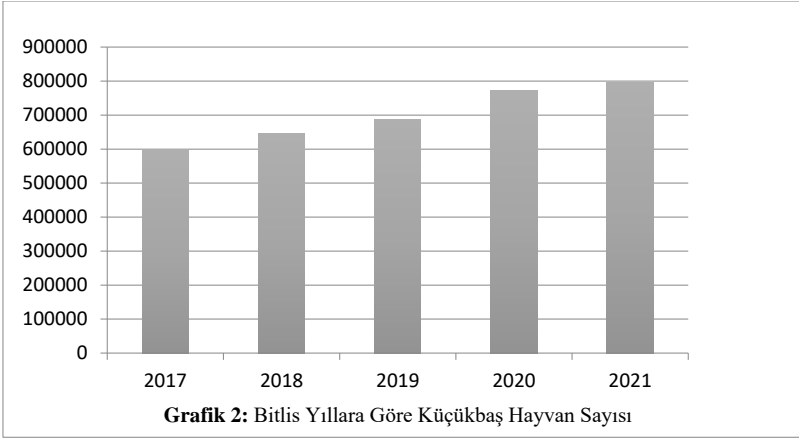
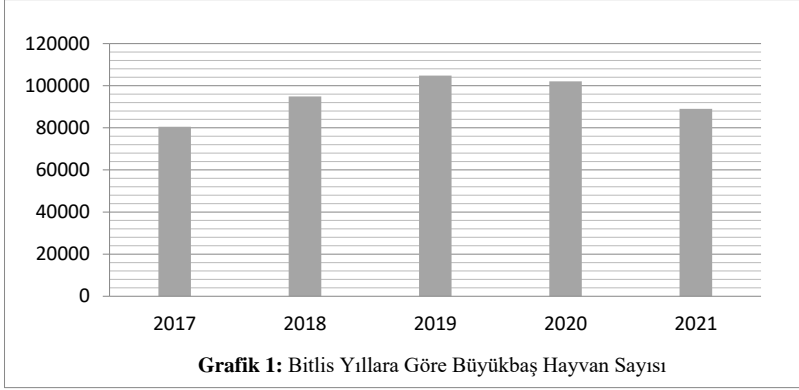
FAO'nun raporunda hayvansal üretimin, arazi bozulması, küresel ısınma, hava ve su kirliliği ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi dünyanın en önemli çevre sorunlarından bazılarını en önemli katkılardan biri olduğunu bildirmektedir. Gelişmekte olan ülkelerdeki hayvancılık üretiminin, 2050 yılına kadar tarımın diğer alt sektörlerinden iki kat daha hızlı büyüyeceği tahmin edilmektedir. Sanayileşmiş hayvancılık üretiminin artan sera gazı emisyonları, toprak verimsizliği ve su kirliliği gibi çevre sorunları başta getireceği söylenebilir. Çiftlikler daha fazla hayvanın kullanıldığı entansif büyük ölçekli çiftliklere geçemedikçe bu sorunların artarak devam edeceği belirtilmektedir. Entansif hayvancılık Avrupa ve Kuzey Amerika'da uzun süredir mevcut olduğu söylenebilir ancak Asya ve Latin Amerika'da gelişmeye devam etmektedir. Afrika ve Asya'nın bazı bölgelerinde entansif su ürünleri yetiştiriciliği bulunsa da, geleneksel su ürünleri yetiştiriciliği hala sürdürülmektedir (Anonim, 2010).

Materyal ve Yöntem

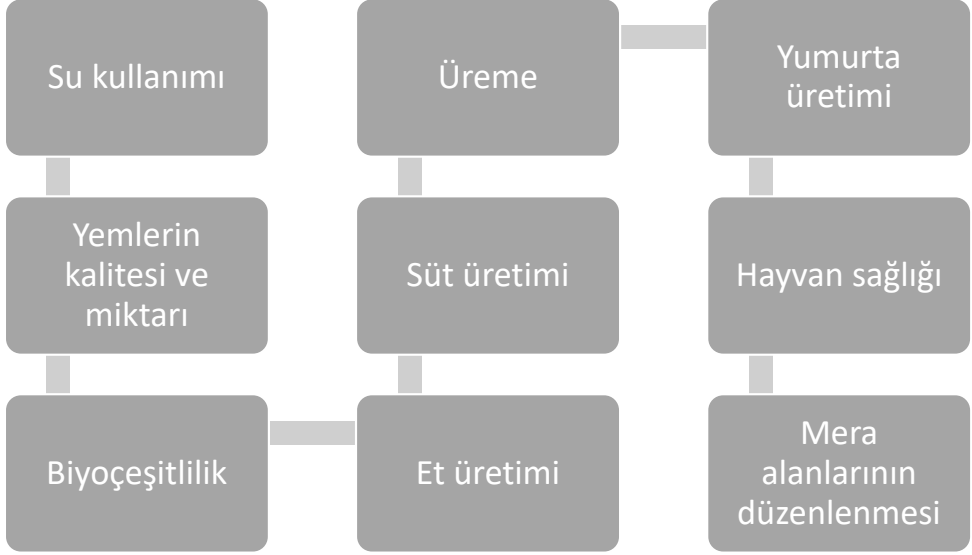
Çalışmanın ana materyalini Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Bitlis İli hayvancılık faaliyeti verileri oluşturmaktadır. Bu çalışmada iklim değişikliğinin Bitlis İli hayvancılık sektörüne olası temel sorunları araştırılmıştır. Çalışmanın amacı; Bitlis'te hayvansal üretimin iklim değişikliği sebebi ile azalmasıdaki etkenlerin belirlenip gerekli değerlendirmelerin yapılması sonucu politika önerileri geliştirmektir. İklim değişikliğinin hayvansal üretime etkileri ile ilgili yapılmış çalışmalar, Bitlis'teki hayvansal veriler ile karşılaştırılarak hayvansal üretime etkileri ve gelecek yıllarda Bitlis'te hayvan üretimi ve il ekonomisine muhtemel etkileri ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Veriler grafik halinde sunulmaktadır. Değişimin izleri yansıtılmaya çalışılmıştır.

Büyükbaş hayvancılığının yoğun olarak yapıldığı iller arasında yer alan Bitlis'te büyükbaş hayvan sayısı yıllara göre incelendiğinde son yıllarda azalış gösterdiği görülmektedir (Grafik-1). Küçükbaş hayvan sayısında ise son yıllarda hayvan sayısında artış değişiminin çok

az olduğu söylenebilir (Grafik-2). Kanatlı hayvan sayısında yıllara değişken rakamlar mevcut olup son yıllarda ise değişimin çok az olduğu söylenebilir (Grafik-3).



Grafikler incelendiğinde hayvancılık sektöründeki olumsuz etkilerin başında iklim değişikliği sorunu olduğunu söyleyebiliriz. İklim değişikliğinin Bitlis'te hayvancılık sektörüne olası etkileri arasında su kullanımı, yemlerin kalitesi ve miktarı, biyoçeşitlilik, üreme, süt ve et tüketimi, hayvan sağlığı ve mera alanlarının düzensizliği gibi unsurların mevcut olduğu söylenebilir.



Resim 1: İklim Değişikliğinin Bitlis İli Hayvancılık Sektörüne Olası Etkileri

Üreticiler geleneksel olarak iklim değişikliğine ve farklı çevre koşullarına uyum sağlama yeteneğine sahip olmuşlardır. Bu durum yaşadıkları çevre hakkında derin bilgilerinden kaynaklanmaktadır. Ancak insanlar nüfus artışı, kentleşme, çevre sorunları ve artan hayvan yemi tüketimi ile baş edemez hale gelmiştir. Ayrıca, toplulukların ve hayvan türlerinin küresel ısınmayla ilişkili değişikliklere doğal olarak uyum sağlamaları çok zor durumdadır. Bu noktada hayvancılık sektöründe uyumu artırmanın yolları şu şekilde planlanabilir. (FAO, 2008; Thornton, ve ark., 2008; Sidahmed, 2008).

Üretimin düzenlenmesi: Mera yönetiminde çeşitlendirme, yoğunlaştırma, toplulaştırma, bitkisel ve hayvansal üretim, arazi kullanımı ve sulama uygulamalarındaki değişiklikler, faaliyet zamanlarında değişiklikler, doğanın ve ekosistemlerin korunması.

Üreme stratejisi: Birçok yerli tür, zorlu koşullara iyi adapte olmuştur. Bununla birlikte, gelişmekte olan ülkeler, hayvancılık ve diğer tarımsal uygulamalara uyumu hızlandırmaya yardımcı olabilecek uygulamalar için teknoloji eksikliği ile karakterize edilir. Yerel ırkların çoğaltılması sayesinde bu ırklar, yerel iklim sistemlerine ve yem kaynaklarına kolayca uyum sağlar. Bölgeye yeni ırklar getirmek yerine, sığağa ve hastalığa dayanıklı ırklarla yerel ırkları

melezlemek, hayvan adaptasyonu ve hayatta kalması doğal seleksiyona karşı daha güçlü olacaktır.

Hayvan çiftliklerinin kapasitesinin geliştirmesi: Küresel iklim değişikliği konusunda artan farkındalık, iklim değişikliği ile başa çıkmak için yetiştiricilerin/şirketlerin artan kapasitelerini ve bilgilerini güncelleştirmek, yem kaynaklarının geliştirilmesi ve ölüm oranını minimum düzeye indirecek ekolojik uygulamalar ile genetik kaynakların korunması sağlanacaktır.

Hayvancılık Yönetim Stratejileri: Maliyetli uyarlanabilir teknolojiler satın almak yerine etkin ve ekonomik uygulamalar hayata geçirilmelidir. Yeterli su sağlamak ve artan sıcaklıklardan kaynaklanan ısı stresini azaltmak için gölgelik yapılmalıdır. Düşük gelirli yetiştiriciler, yüksek enerjili bir soğutma sistemine daha ucuz bir gölgelik tercih edebilir. Basit teknikler (damlama veya yağmurlama sulama gibi) kullanarak yerel su kaynaklarının etkisini değerlendirilmez. Yağmur suyu depolamak adına evlerin çatılarını uyumlu tanklar kurulmalıdır.

SONUÇ

Çalışmada İklim değişikliğinin Bitlis'te hayvancılık sektörünü olumsuz etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmalar ile birlikte iklim değişikliğinin hayvancılık sektörüne olası etkilerini azaltmaya veya uyuma yönelik politikalar ve stratejiler geliştirilerek günümüzde ve gelecekte hayvancılık üretiminin sürdürülebilirliği sağlanacaktır.

İklim değişikliğinin hayvancılık üzerindeki gelecekteki etkilerinden kaçınmak büyük ölçüde bu sürece dâhil olan faktörlerin etkileşimine bağlıdır. Hayvancılık üretiminin sürdürülebilir sistemlere dönüştürülmesi, iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasına önemli katkı sağlayabilir. İnsancıl ve sürdürülebilir küresel gıda üretimini sağlamak için somut ve bölgesel politikalar oluşturulmalıdır. Dünya, artan nüfusu beslenmesinden iklim değişikliği ve doğal kaynakların yok edilmesi gibi birçok önemli çevresel zorlukla karşı karşıya kalmaktadır. Sürdürülebilir tarım ve ulusal veya küresel gıda güvenliği stratejilerinin geliştirilmesi bu aşamada öncelikler arasında olmalıdır. Özellikle son on yılda iklim değişikliğine bağlı aşırı kuraklıklar önemli ipuçları vermeye başladığı söylenebilir.

İklim değişikliği ile ilgili yapılan kestirimler, kuraklıkların sıklığı, süresi ve şiddetinde keskin bir artış olduğunu göstermektedir. Kuraklığa yatkın bölgelerdeki hayvancılık uygulamaları da bitkisel üretim başarısızlıklarının üstesinden gelmek için bir mekanizma olarak kabul edilmiştir. Bu şekilde, insanlara sabit bir gelir sağlamak ve temel faaliyetleri yürütmek için bir güvenlik ağı oluşturulmaktadır. Ancak kuraklıktan hayvancılık sektörünün de ciddi şekilde etkilendiği unutulmamalıdır.

KAYNAKÇA

Anonim, 2010. Livestock and Climate Change, Livestock Thematic Papers Tools for Project Design, pp: 1-20, Rome, Italy.

Anonim, 2015a. Değişen Bir İklimde Yaşamak, Avrupa Çevre Ajansı (AÇA) İşaretler, s: 32-40.

- Altınçekiç ŞÖ, Koyuncu M (2013). İklim Değişikliğinin Çiftlik Hayvanları Üzerindeki Etkileri. 8. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, Çanakkale 5 – 7 Eylül 2013. s: 330-336.
- Doğan, S. ve Tüzer, M. (2011), “Küresel İklim Değişikliği ve Potansiyel Etkileri”, C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 12, Sayı: 1, 21-34.
- FAO (2008). The state of world fisheries and aquaculture. FAO, Rome.
- FAO, 2009. Coping With A Changing Climate: Considerations for Adaptation and Mitigation in Agriculture Environment and Natural Resources, Management Series 15.
- Gaughan JB, Cawsell-Smith AJ (2015). Impact of climate change on livestock production and reproduction. In: Climate change Impact on livestock: adaptation and mitigation. Sejian, V., Gaughan, J., Baumgard, L., Prasad, C.S (Eds), Springer-Verlag GmbH Publisher, New Delhi, India, pp 51-60.
- Koyuncu M. (2017). Küresel İklim Değişikliği ve Hayvancılık. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, sayı 31(2): 98-106, Bursa.
- Moss AR, Jounany JP, Neebold J (2000). Methane production by ruminants: Its Contribution to global warming. Ann. Zootech., 49: 231-253.
- Naqvi SMK, Sejian V (2011). Global climate change: Role of Livestock. Asian Journal of Agricultural Sciences 3(1): 19-25.
- Sejian V, Maurya VP, Kumar K, Naqvi SMK (2013). Effect of multiple stresses (thermal, nutritional and walking stress) on growth, physiological response, blood biochemical and endocrine responses in Malpura ewes under semi-arid tropical environment. Tropical Animal Health and Production, 45:107-116.
- Sejian V, Bhatta R, Soren NM, Malik PK, Ravindra JP, Prasad CS, Lal R (2015). Introduction to concepts of climate change impact on livestock and its adaptation and mitigation. In: Climate change Impact on livestock: adaptation and mitigation. Sejian, V., Gaughan, J., Baumgard, L., Prasad, C. S. (Eds), Springer-Verlag GmbH Publisher, New Delhi, India, pp 1-26.
- Şen O (2014). Türkiye'de Yaşanan Kuraklık ve Etkileri. TMMOB Tarım ve Mühendislik Dergisi, 9-13
- Şen, Ö.L., 2013. IPCC' nin son raporu ışığında Türkiye'de iklim değişikliği, olası etkileri ve çözüm önerileri, İklim Değişikliğinde Son Gelişmeler: IPCC 2013 Raporu, İstanbul Politikalar Merkezi, p.19-23.
- Thorne PS (2007). Environmental Health Impacts of Concentrated Animal Feeding Operations: Anticipating Hazards-Searching For Solutions. Environ Health Perspect. 115: 296-297.
- Özçatalbaş, O., 2014. Küresel İklim Değişikliğinin Tarım Yayımları ve Politikaları Üzerine Olası Etkileri, Ulusal Aile Çiftçiliği Sempozyumu 30-31 Ekim 2014, Ankara, s.80-85.
- Verge XPC, De Kimpe C, Desjardins RL. 2007. Agricultural Production, Greenhouse Gas Emissions and Mitigation Potential. Agric. Forest Meteorol. 142:255–261.

VAN GÖLÜ HAVZASINDA YER ALAN TALİ HAVZALAR VE SU BİLANÇOLARINA YÖNELİK BİR ALAN ÇALIŞMASI

Faruk ALAEDDİNOĞLU*

ORCID ID: 0000-0002-1682-7438

Erkan YILMAZ**

ORCID ID: 0000-0002-3821-3648

Özet

20. yüzyıl birçok değişimi beraberinde getirmiştir. Bunların bir kısmı insanlığı çağdaş dünyanın bir parçası ve tamamlayıcısı yaparken, diğer kısmı onu birçok sorunun parçası haline getirmiştir. Şüphesiz bu durum kader değil, sürdürülebilir bir yaklaşımın sergilenemeyişinden kaynaklanmaktadır. Bu noktada, insanoğlunu tehdit eden en büyük tehlike küresel iklim değişikliği ve onun olası sonuçlarıdır. Küresel iklim değişikliği, birçok bilim insanına göre Türkiye'nin de içinde bulunduğu orta enlemlerde daha etkili olacak ve geleceğimizi tehdit edecektir. Bu bağlamda, Türkiye'nin tamamının ve özellikle kapalı havzaların su potansiyelinin belirlenmesi ve geleceklerine yön verilmesi ülkenin en önemli gündem konularından biri olacak ve giderek daha da yaşamsal bir hal alacaktır.

Su potansiyelinin doğru bir şekilde belirlenmesi, kullanma konusunda planlı davranılmasını, diğer bir ifadeyle alanın en verimli ve sürdürülebilir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır. Bu noktadan hareketle 13.605 km²'lik alanı ve bünyesinde barındırdığı yaklaşık bir milyondan fazla nüfusuyla Van Gölü Havzasının su potansiyelinin belirlenmesi, önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle, havza içinde hızla artan şehirselleşen nüfus ve onun getirdiği kaotik durum düşünüldüğünde, suya ilişkin her türlü yaklaşım daha da anlamlı hale gelmektedir. Bu bağlamda öncelikle çalışma alanının tali havzaları belirlenmiş ve her bir tali havza kendi içerisinde değerlendirilmiştir. Yapılan analizlerde ve oluşturulan haritalarda sıcaklık, yağış, buharlaşma ve akım değerleri hem kurulu istasyonlara göre hem de fiziki değişkenler dikkate alınarak modellenmiştir. Havzanın geleceğine ilişkin yapılan çalışmada kullanılan değişkenler (GIS) Coğrafi Bilgi Sistemleri ile işlenmiş ve oluşturulan veriler sayesinde Van Gölü Havzasının su potansiyeli tespit edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen veriler, Havzada suya ilişkin birçok şeyin değişmeye başladığını ve mevcut su kaynaklarının doğru yönetilmemesi halinde bütün canlıların hayatını önemli ölçüde değiştireceği anlaşılmaktadır. Ayrıca unutulmamalıdır ki ancak elinizde ne olduğunuzu bilerseniz, onu nasıl kullanacağınızı da bilirsiniz.

Anahtar Kelimeler: Su Potansiyeli, Su Sorunu, İklim Değişikliği, Van Gölü

Abstract

The 20th century brought many changes with it. Some of these have made humanity a part and complement of the contemporary world, while others have made it a part of many problems. Undoubtedly, this situation is not fate, it is due to the inability to display a sustainable approach. At this point, the biggest threat to humanity is global climate change and its possible consequences. According to many scientists, global climate change will be more effective in

*Prof. Dr., Van Yüzyüncü Yıl Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, alaeddinoglu@yyu.edu.

**Doç. Dr., Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü

mid-latitudes, including Turkey, and will threaten our future. In this context, determining the water potential of the whole of Turkey and especially the closed basins and directing their future will be one of the most important agenda topics of the country and will become more and more vital.

The correct determination of the water potential will ensure that the use of water is planned, in other words, the area will be used in the most efficient and sustainable way. From this point of view, the determination of the water potential of the Van Lake Basin with an area of 13,605 km² and a population of more than one million is an important issue. Especially, considering the rapidly increasing urban population in the basin and the chaotic situation it brings, all kinds of approaches to water become more meaningful. In this context, firstly, the secondary basins of the study area were determined and each secondary basin was evaluated within itself. In the analyzes and maps created, temperature, precipitation, evaporation and flow values are modeled both according to installed stations and by considering physical variables. Variables (GIS) used in the study on the future of the basin were processed with Geographic Information Systems and the water potential of the Van Lake Basin was tried to be determined thanks to the data created. The data obtained show that many things about water in the Basin have begun to change and that if the existing water resources are not managed correctly, it will significantly change the lives of all living things. It should also be remembered that only if you know what you have, you will know how to use it.

Keywords: Water Potential, Water Problem, Climate Change, Lake Van

GİRİŞ

Ekosistemin vaz geçilmezi olan su kaynakları bütün canlı organizmalar için en temel gereksinimdir. Diğer birçok doğal kaynaktan farklı özelliklere sahip olan su, yeri doldurulması mümkün olmayan ve vazgeçilemez bir kaynak olduğu gibi stratejik bir öneme de sahiptir. Ancak dünya üzerinde var olan tatlı su kaynakları hem sınırlıdır hem de dengesiz bir dağılıma sahiptir. Bazı ülkeler su zengini sayılırken bazı ülkeler su baskısını yaşamaktadırlar. Bu baskıyı yaşayan ülkelerden biri de Falkenmark Göstergesi'ne göre Türkiye'dir. Zira bir ülkede kişi başına yıllık su arzı 1700 m³/yıl'ın üstündeyse su baskısı (No Stress) yaşanmıyor, 1000 ile 1700 m³/yıl arasında ise su baskısı (Stress) yaşıyor, 500-1000 m³/yıl arasında ise yoğun su baskısı (Scarcity) yaşıyor ve 500 m³/yıl'ın altında ise mutlak su baskısı (Absolute Scarcity) yaşıyor demektir (Falkenmark vd, 1989). Bu bağlamda Türkiye'de kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı incelendiğinde 2000 yılında 1 652 m³, 2009 yılında 1 544 m³, 2020 yılında ise 1 346 m³ olduğu anlaşılmaktadır. (DSİ,2022). Bu rakamlar Türkiye'nin su baskısı yaşadığını göstermektedir. Dahası geleceğe ilişkin bütün projeksiyonlarda bu rakamın hızla düşeceği ve dünya ortalaması ile kıyaslandığında ise ülkemizin dünya ortalamasının yaklaşık 4,5 kat altında olduğu görülmektedir.

Şüphesiz Türkiye gibi (779.452 km²) alan bakımından dünyanın 34. büyük ülkesinin tamamının su kaynaklarını bir bütün olarak ele alıp incelemek ve ona göre bütüncül yaklaşım sergilemek anlamlı olmaz. Dolayısıyla başta iklim değişikliği olmak üzere bütün konuların havzalar ölçeğinde ele alınması ve havzaların genel özelliklerine göre tespitler yapmak suretiyle konuya yaklaşılması daha gerçekçidir. Bu bağlamda, 16 büyük havzadan oluşan Türkiye'nin yıllık ortalama akışı 186.05 km³'dir (Şen, 2002: 16). Bu havzalardan biride Türkiye'nin en büyük gölü olan Van Gölü'nün içinde bulunduğu havzadır. Doğu Anadolu Bölgesinde kapalı

bir havza özelliğinde olan bu alandaki ortalama akış 2,39 km³/yıldır. 13. 605km²'lik bir alana sahip olan havza, iklim elemanları, nüfus büyüklüğü, akarsu yoğunluğu ve taşıdıkları su miktarları açısından kendi içerisinde oldukça farklılıklar göstermektedir. Bu farklılık Van Gölü Havzasını tek bir bütün olarak değil, daha küçük birimler hâlinde bakılmasını gerektirmektedir. Bu amaçla havza kendi içerisinde daha küçük tali havzalara bölünmeli ve geleceğine ilişkin yaklaşımlar ona göre değerlendirilmelidir.



Harita 1: Van Gölü Havzası'nın Türkiye'deki Konumu ve Tali Havzalar

Bu bağlamda “yeryüzünün geniş alanlı çukurları” olarak tanımlanan havzanın fiziki coğrafya açısından dört farklı anlamı bulunmaktadır. Bunlar, Jeolojik havza, jeomorfolojik havza, maden havzası ve hidrografik havzadır (İzbrak, 1977, Garipağaoğlu, 2012). Bu çalışmada hidrografik havza ayırımına göre bir tanımlama gerçekleştirilmiştir. Çalışmada havzaların tanımlamasında kullanılan hidrografik havza, bir nehrin tüm kollarının toplanarak aktığı alandır ve bu alanın sınırları havzayı oluşturan akarsuyun su bölümü çizgisidir (Atalay,

2016). Buna göre hidrografik havzalar, dışa akışlı (eksoreik) ve içe akışlı (andoreik) olarak ikiye ayrılırlar. Dışa akışlı alanlardaki akarsular denize ulaşır sularını denize boşaltırlar. Ancak içe akışlı alanlardaki akarsular denize ulaşamazlar. Akarsuların içe akışlı olmalarının nedenleri, kapalı havzada bulunmaları ya da kurak iklim koşullarına bağlı olmalarıdır (Hoşgören, 2013). Dolayısıyla çalışmaya konu olan Van Gölü Havzası içe akışlı kapalı bir havza özelliğindedir. Türkiye'nin Tuz Gölü kapalı havzasından sonra ikinci büyük kapalı havzası durumundaki Van Gölü Havzası, doğuda Van Doğusu dağları, güneyde; Güneydoğu Toroslar, batıda; Nemrut ve Süphan, kuzeyde ise Aladağlar, ve Tendürek volkanik dağları ile sınırlanmaktadır. Topoğrafik olarak bir çanak şeklinde olan Van Gölü Havzası çevresinde de depresyonlarla yer almaktadır.

1. VAN GÖLÜ HAVZASI VE ARA (TALİ) HAVZALAR

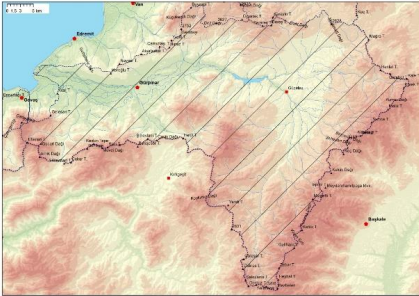
Van Gölü Havzasında alt havzalar belirlenirken akarsuların su toplama havzaları dikkate alınmıştır. Bu kıstasa göre belirlenen havzalar içerisinde Engil Nehri, Karasu Nehri, Bendimahi Nehri, Karasu Nehri, ve Zilan Deresi havzaları bulunmaktadır. Sayılan bu büyük akarsulardan başka özellikle havzanın güneyinde ve batısında yer alan ve DSİ veya EİEİ tarafından akım ölçümü bulunan Kotum Çayı, Surfesor Deresi ve Gevaş Derelerinin de su toplama havzaları belirlenmiş ve ayrı bir havza olarak alınmıştır. Bunun dışında Erçek Gölüne dökülen tüm dere, çay ve akarsuların tamamı Erçek Havzası içerisinde değerlendirilmiştir. Geriye kalan alanlar ara havzalar olarak nitelendirilmiş ve komşu iki havzanın adları ile isimlendirilmiştir. Mesela Van Şehri civarındaki Akköprü Çayının da aktığı ara havza Erçek-Karasu-Engil havzası olarak isimlendirilmiştir. Bu yöntemle belirlenen havzalar içerisinde Karasu-Bendimahi, Bendimahi-Deliçay, Deliçay-Zilan, Zilan-Surfesor, Surfesor-Kotum, Kotum-Gevaş, Gevaş-Engil havzaları bulunmaktadır. Ayrıca Havzaya komşu olan Göllü ve Uzuntekne Polyelerinin de havzaya yeraltından su gönderdiği kabul edilmiş fakat hesaplamalarda yarı değerleri alınmıştır. Batmış Göl Havzası ise Zilan-Surfesor havzası içerisinde alınmıştır. Bu havza da aslında polyedir. Van Gölü durgun su yüzeyi de ayrıca farklı bir havza olarak düşünülmüştür.

Hoşap (Engil-Dönemeç) Havzası: Hoşap Havzası Dönemeç Çayının sularını boşalttığı sahayı kapsayan, Van Gölü Havzası içerisindeki oldukça büyük bir havzadır. Havza, Dönemeç Deltasında Dilkaya Hüyük'ünden başlayarak kuzeyden Bakımlı köyünü havza içinde bırakacak şekilde doğuya doğru yönelir. Çayırbaşı Köyü kuzeyinden geçerek Goharaberiz sırtından Büyükgüney Tepeye (2205 m) ulaşan havza sınırı Harami Gediginin bulunduğu tepelik alandan geçerek Köroğlu Tepe'ye varır. Buradan kuzeye yönelen sınır Navsor Tepeden geçerek Kurubaş Beline kadar sırtı takip eder. Buradan Akarbakar Tepe'den Camıztaşı Tepesine, oradan da Hırsız Tepesine ve Gelin Taşı Tepesinden geçerek 2752 rakımlı zirveye ulaşır. Küçük Ere Dağının zirvelerinden geçen sınır, Beyazp Tepesini geçtikten sonra Eskipağ Yaylasını havza içerisinde bırakacak şekilde güneye yönelir. Arıhan Yaylası mevkiinden geçen sınır Gez Dağı zirvelerinden geçerek Garip Mezarlığından Üçyatak Tepeye oradan da Barareş Tepeye geçer. Buradan sonra Bereş Tepe ve Karayın Tepe'den geçen sınır Daht Dağı zirvelerinden geçerek Kaçkan Tepesinin doğusundan Akgöl Mahallesine ve daha sonra da 2628 rakımlı zirveye ulaşır. Mollasadi Dağı kuzeyindeki sırttan geçen sınır Elaçmaz Köyü güneyinden Mağra Tepeye geçer. Şekerdüzü'nden güneye doğru uzanan sınır Yukarızevk Mahallesi doğusundaki sırt ve zirveleri takip ederek Hanlet, Gembol ve Kale Tepeyi geçerek Güven Dağında Kürek Tepe'ye ulaşır.

Daha sonra sırasıyla Yumru ağı, Melik Tepe, Sivrice Tepe, Karadağ, Bankut Tepe, Binceven Dağı ve Zehedan Dağındaki 3113 rakımlı zirveden geçen sınır 3057 rakımlı Koç Dağı zirvesine ulaşır. Koç Dağından sonra Güzeldere Geçidi üzerinden Kilise Gediğine ve Keklik Dağına varan sınır, Tozo Deresi batı yamaçları üzerinden Meydanıhamitpaşa mevkiine ve 3455 rakımlı Mizgefti Tepesine ulaşır.

Buradan sonra Piroma Dağı'nı zirve hattını takip eden sınır, Katük Tepe (3641 m), Kivan Sırtı, Gelihani Tepe, Beşparmak Dağı batı yamaçları, Zeban Tepe, Heybat Tepe, Bezbelen, Salimeha Tepe, Domuz Tepesi, Güllüce Tepesi (şakulanis T.), Didireş Tepe, Gölesor Tepe, şalhrevha Tepe, Batı Salihpınar Tepesi, 2831 rakımlı tepe ve kuzeyindeki sırtı takip ederek Yaralı Tepeye ulaşır. Yaralı Tepe batısından Kokırın Dağı'na varan sınır, Didonis Tepe, Hılhlıvaşkgediği, Harakes Sırtı, Küçükköy Tepe güneyi, Helül Tepe, evik Dağı zirve hattı, şeyheviani Tepe, Berejesor Tepe, Yuvarlak Tepe, Mevzi Dağı zirve hattı, Keskin Tepe, 2933 rakımlı Boz Tepe, Hudut Tepe, Süleyman Tepe, Dağ Tepe, Arnık Dağı, Gücari Dağı, Efselan Tepeden sonra adır Dağı (Artos Dağı) üzerinden Kızıl Tepeye iner ve Egvaş-Van yolu üzerinden Andaç köyü batısından Dönemeç deltasına iner (Harita:2).

Karasu ayı Havzası: Karasu ayı Havzası güney sınırı, imen mevkiinden başlar, Zive Düzlüğü, Kırmızı Sırt, Kavran Tepe, Ziyaret Tepe (2177 m), Ağazuk Tepe, Haznepınar Tepe, omaklıbabu Tepeden Karadağ Tepeye varır. Buradan Gelik Tepe'ye varan sınır Erçek Gölü ile Karasu ayının birbirine en yakın olduğu sırt hattından geçerek Kara Tepeye, Arafat Tepeye, Davut Dağına, Kekırın Tepeye, Doğanam Dağına, Ziyaret Tepeye, Seydi tepeye ve Kara Tepeye uğrayarak Doğançay Tepeye ulaşır. Buradan Kaynak gediğini Kırkcan mevkiini, Hamit Tepeyi geçen sınır şehittepeyi havza dışında bırakarak Beyaztaş Tepeye ulaşır. Daha sonra Salavat Tepe, Kır Tepe, Otluk mevki ve Üçkardeşler Tepeyi geçen sınır, Türkiye-İran devlet hudutuna ulaşır (Harita 2-3)



Harita 2: Hoşap Havzası Fiziki Haritası



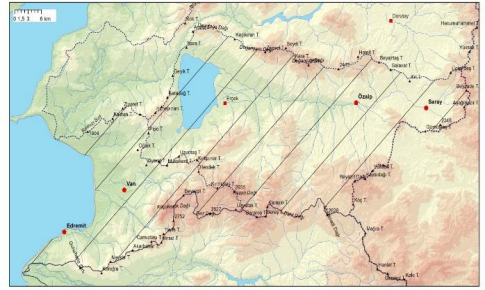
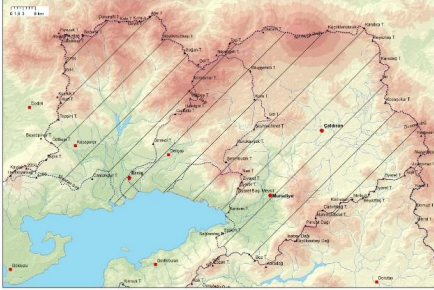
Harita 3: Karasu Havzası

Türkiye-İran sınırını kuzeye doğru takip eden havza sınırı, Baydoğan Köyü kuzeydoğusunda Uzunpınar Tepeden geçerek, Baydoğan köyü kuzeyinden Ziyaret Tepeye (2430 m) ulaşır. İsmailbaba Köyü batısından 2357 rakımlı Ziyaret Tepeye, Beyaztaş Tepeye, Melkuli Tepeye, Körhasan Tepeye, adırbilağ Tepeye ve Mahmutdul Tepeye ulaşan sınır Pirreşit Dağı zirvesine ulaşır. Buradan Küüksiyahbey Dağından İsabey Dağına oradan da Karadağa (2606 m) ulaşan sınır, Boztepe, Hasantepe Sırtı, Işık Dağı zirve hattı, Kok Tepe, Beyaztaş Tepe ve Akarbakar Tepe'ye vardıktan sonra Eğlence Dağına ulaşır. Buradan Deliktaş Tepe, Cellattaşlık Tepe, Kırmızı Tepe, Mağarabaşı tepe ve Boyacılar mevkiinden geçen sınır,

Kuduz Tepe, Göktepe Sırtı, Türbe Tepe, Kızılcılar mevkii, Kıraç Düzlüğü ve Yılanlıkayası mevkiinden Karasu Çayı ağzına ulaşır.

Bendimahi Çayı Havzası: Bendimahi Çayı Havzası, Karahan Köyü batısında Karavella Tepesinden başlar, Ziyaretbaşı mevkii, Ziyaret Tepeleri, Neri Tepesi, Sor Yaylası, Şekerbulak Tepesi, Kurukavşak Tepesi, Şeyhmehmet Tepesi, Kavaklı sırtı, Göl Tepe, Kom Tepe, Görgüren Yaylası batısı, Bilugşehidi Tepesi ve Subatmış Deresi batısından Top Tepeye ulaşır. Buradan doğuya yönelen sınır, Çatak Sırtını, Düzsirt Tepeyi ve Şahgöl Yaylasını geçerek Tendürek Dağı leçelerinden 3533 rakımlı Tendürek zirvesine ulaşır. Buradan Küçüktendürek Tepeye varan sınır, Sarnıç Pınarları civarından Türkiye-İran sınırındaki Kandıra Tepeye ulaşır. Kandıra Tepeden sonra güneye doğru yönelen ve Türkiye-İran sınırını takip eden havza sınırı, Uzunpınar Tepesi Doğusuna kadar bu devlet hududunu takip eder. Burada Karasu Çayı havzası ile olan sınır başlar. Bu sınır, Hasantepe Sırtına kadar ortaktır. Bu noktadan sonra kuzeye yönelir ve Kelle mahallesi batısından, Sağlantaş tepe üzerinden, Süsüm Tepeyi geçerek Bendimahi Çayı ağzına ulaşır.

Erçek Gölü: Erçek Gölü Havzası sınırı, batıda Karadağ'dan başlar, güneye doğru, Çomaklıba Tepe, Haznepınarı Tepe, Pipo Tepe ve Ziyaret Tepeyi geçerek doğuya yönelir. Buradan Beyaztaş Tepe, Musakent Tepe, Uzuntaş Tepe, Kırkpınar Tepe, Hendek Tepe, Kırmızıtaş Tepe, Kazan Dağı, Barareş Tepe ve Bereş Tepeyi geçerek Erçek Gölü-Engil Çayı Havzası sınırını takip eder. Mollasadi Dağı kuzeyinden sonra kuzeye yönelen sınır, Koç Tepe, Deliktaş Tepe, Beyazıt Dağı, Kaysıdağı Tepe, Yüksek Tepe, Hasandağı Tepe ve Karataş mevkiinin geçerek Çimenova İstasyonundan sonra Kandil mevkii, Nuri Tepe, Gümüştaş Tepe ve Kurucen Deresi kuzey yamaçlarını takip ederek Aşağınzir Tepe'de Türkiye-İran Sınırına kavuşur (Harita 4-5).



Harita 4: Zilan, Deliçay, Bendimahi Çayı havzaları Harita 5: Erçek Gölü Kapalı havzası ile Van Şehrinin içinde bulunduğu ara havza

Kuzeye doğru Üçkardeş Tepeye kadar Türkiye-İran sınırını takip eden havza sınırı, doğuya yönelir ve Karasu Çayı sınırını takip ederek Karadağ Tepe'ye kadar devam eder.

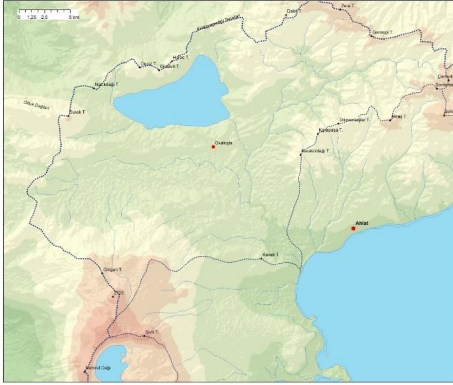
Deliçay Havzası: Deliçay Havzası, Bendimahi Çayı havzası ile komşu bir havzadır. Havzanın doğu sınırı, Deliçay ağzından başlar, Gerhasan Komlarını Deliçay havzasında bırakarak kuzeye yönelir, 1998 rakımlı Yüksek Tepeyi geçerek Ziyaret Tepesini geçerek Akçadağa varır. Şekerbulak Tepeden sonra Bendimahi sınırını takip eden havza sınırı, Kandil Yaylalarından sonra batıya yönelir (Harita 4). Nişangah Tepe güneyinden Altıntahta Tepeye kadar uzanan sınır, buradan sonra güneye yönelir. Kırkamer Tepe, Azizan Dağı, Velibey Tepesi, Haletgöl

Tepe, Gültutin Tepe ve Girekol Tepeyi geçerek Kırıpaz ve Keşiş mevkiilerinden Deliçay ağzına ulaşır.

Zilan Deresi Havzası: Zilan Deresi Havzası, Ilıca Çayının suları boşalttığı sahayı kapsamaktadır. İrşat Suyu Erciş ovasında Ilıca çayına yazoo tipi akarsuyu olarak paralel akış göstermektedir.

Ilıca Çayı Erciş güneybatısında Van Gölüne dökülür. Havza sınırı da, Çelebibağ köyünden başlar, Hatunçukur mevkiinden geçer, Akmecil Tepe, Cancakpur Tepesi, Meydan Sırtı, Bekiratmacaayı kuzeyinden Hanımyamaç Tepeye uzanır. Burada yön değiştiren sınır, Kayılık Tepe, Karaçayır Mevkii, Büyükkaraul Tepe, Taşlık Tepe, Horozçayı mevki, Gölbaşı Tepe, Beyazpınar Tepe, Topşini Tepe, Kurt Tepe, Kuruk Tepe, Dirikyaylası mevki ve Geyiktaş Tepeyi geçerek Aladağ'a ulaşır. Buradan sırasıyla, Soğanlı Tepe, Leveniyaylası mevki, Çukurgöl Tepe, Kale Tepe, Geyik Tepe, Kırmızı Tepe, Atar Tepe, Boncuklugöze Tepe, Büyükkuzbaşı Tepe, Soğanlı Tepe, İnekdüzlüğü Tepe ve Göl Tepeye uğrayarak Deliçay Havzası sınırına kavuşur. Kırkamer Tepeden sonra Deliçay sınırını takip eden Zilan Çayı Havza sınırı, Erciş ilçe merkezi civarında Ilca Deresi ağzında son bulur.

Surfesor Deresi: Surfesor Deresi Havzası, Van Gölünün batısında, Nazik Gölü ve çevresini kapsayan akarsu havzasıdır. Burada Nazik Gölü, Van Gölünden bağımsız bir havza oluştursa da, sularını bir ayakla yine Van Gölüne göndermektedir. Bu nedenle bu göl havzası da Surfesor Havzası içerisinde değerlendirilmiştir. Surfesor Havzası olarak isimlendirilen saha, gerçekte Harabeköy ve çevresindeki derelerin sularını boşalttığı sahayı kapsar. Bu havzanın sınırı, Yeniköprü köyü batısından başlar, Kavak Tepeden, Arnis yaylası güneyinden, Kalıntaş Düzü batısından



Harita 6: Surfesor Havzası

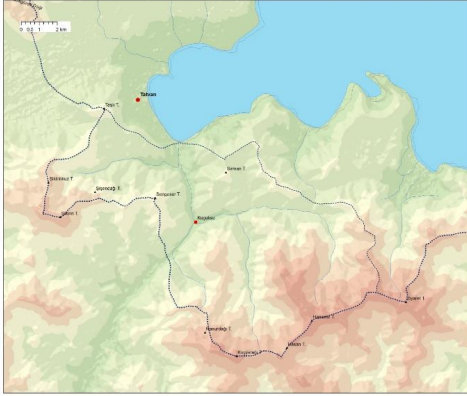


Harita 7: Van Gölü Havzasının batı kesiminin genel görünümü

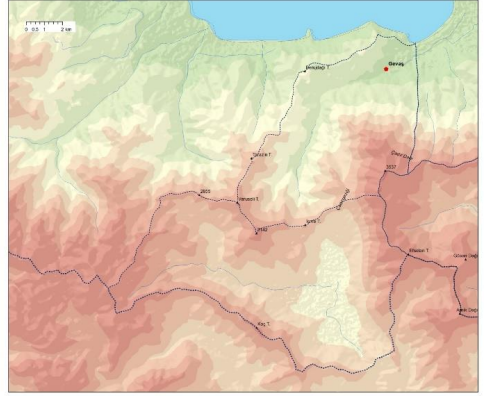
Kotum Çayı : Kotum Havzası, Tatvan güneydoğusunda yer alan, Güzelsu çayının bulunduğu sahadır. Bu havza genel olarak eğimlidir. Özellikle volkanik sahalardan ve metamorfik alanlardan oluşmaktadır.

Gevaş Deresi : Gevaş Deresi, sularının bir kısmı toplayan Çadır Dağından alan bir havzadır. Çadır Dağında Hacıgevi Sırtının batısındaki sular bu havzaya akmaktadır. Çadır Dağının batısında Çadırgediğinden geçen havza sınırı, İçme Tepeye, 3142 rakımlı tepeye ve Varuseli Tepe'ye uğrayarak kuzeye döner. Tarazin ve Berujdağı Tepeyi geçerek Gevaş ilçe merkezi kuzeyinden Gevaş Deresi ağzına varır (Harita 8-9).

Uzuntekne Havzası: Uzuntekne Havzası, suyunu Uzuntekne Polyesi'ne gönderen sahaları kapsamaktadır. Bu havza doğuda Efselan Tepe'den başlar ve kuzeye doğru olan sırtı takip ederek Çadırdoğusu Sırtı batısındaki sırta ulaştıktan sonra Çadır Gediği'nden geçerek İçme Tepe'ye ulaşır. Hemen güneydeki Çal Tepe'nin de yer aldığı karstik platoyu havza içinde bırakacak şekilde, batıya doğru sırtı takip ederek 3442 rakımlı zirveye ulaşır. Buradan Varuseli Tepeye doğru kıvrılan sınır, 2855 rakımlı zirveden geçerek güneye yönelir ve Abdurrahman Yaylası'nı havza dışında bırakarak güneye yönelir. Burada kuzeydoğuya bakan sirkleri içine alan havza sınırı, Davudi Yaylasını havza dışında bıraktıktan sonra Şehit Tepeden geçerek Koç Tepeye doğru sırtı takip eder. Koç Tepe'den Göç Tepe'ye doğru kıvrılan sınır, Çamlı Mahallesi'ni havza içinde bırakacak şekilde sırtları takip eder ve 2691 rakımlı zirveye ulaşır. Burada kuzeye dönen sınır, yine sırtları takip ederek Efselan Tepe'de son bulur (Harita 9).



Harita 8: Kotum Havzası



Harita 9: Uzuntekne ve Gevaş havzaları

Göllü Polyesi Havzası :Göllü Polyesi Havzası, Van Gölü Havzasına komşu bir kapalı havzadır. Bu havza, Cemin Dağı'ndan başlar, sırtları takip ederek güneye doğru Yaygılı ve Yayık mahallelerini havza dışında bırakarak Yayık Dağına ulaşır. Buradan sonra Tapiran Tepeyi geçerek Çerkez Ağılı civarından Kalesür Tepeye, oradan da Hap Dağına ulaşır. Hap Dağından Bilindir Tepeye uzanan sınır doğuya dönerek İsa Dağına, oradan da Karver Tepe üzerinden tekrar Cemin Dağına ulaşır.

Zilan-Surfesor: Zilan Havzası ile Surfesor Havzası arasında, SüphanDağının batı yamaçlarını ve Ahlat ile Adilcevaş ilçelerini kapsayan sahadır.

Karasu-Bendimahi: Karasu Havzası ile Bendimahi Havzası arasında kalan, Gedikbulak bucak merkezinin de olduğu, genel olarak kuzeybatıya bakışlı sahadır.

Erçek-Karasu-Engil: Bu havza Van Őhrinin de içinde bulunduğu ara havzadır. Havzada Moraltı Deresi, Akköprü Deresi ve .arası Deresi en önemli derelerdir.  Deresi,

Zilan-Deliçay: Zilan Havzası ile Deliçay arasında kalan, çok dar alanlı bir ara havzadır. Erciş ilçe merkezi güneyini kapsayan havza çevresinde sulama kanallarının yer alması bu havzanın farklı bir havza olarak alınmasına neden olmuştur.

Bendimahi-Deliçay: Bendimahi ayı ile Deliçay arasında kalan ara havzadır. Bu havza Akekale kalderası güneyi kapsamaktadır. Alanı oldukça küçüktür.

Engil-Gevaş: Engil ayı ile Gevaş Deresi havzaları arsında kalan, Artos Dağının kuzeydoğu yamaçlarını kapsayan sahadır.

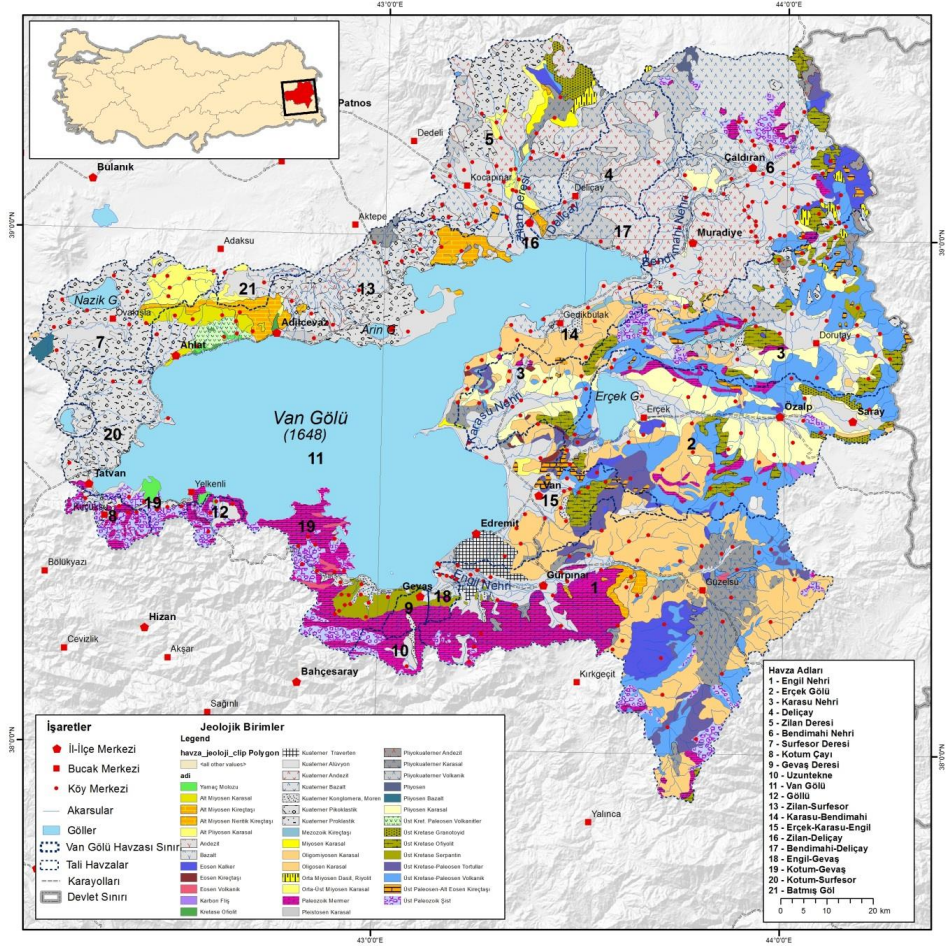
Kotum-Gevaş: Tatvan güneydoğusunda yer alan Kotum Deresi Havzası ile, Gevaş Dersi Havzası içerisinde kalan, Göllü Polyesi Havzası hariç, neredeyse tüm Van Gölü güney kıyılarını kapsayan, oldukça geniş bir ara havzadır.

Kotum-Surfesor: Kotum (Güzelsu) ayı ile Surfesor Havzası arasındaki sahayı kapsar. Van Gölü Havzasının güneybatısını oluŐurmaktadır. Havza genel olarak Nemrut Dağının doğu ve güneydoğu yamaçları ile Tatvan körfezini kapsamaktadır.

2. VAN GÖLÜ HAVZASI FİZİKİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ

Van Gölü Havzası Jeolojisi

Van Gölü Havzası farklı birimlerin bulunduğu bir jeolojik pencere özelliğindedir. Güneyinde Güneydoğu Torosların doğu sırası bulunur ve Bitlis Masifi olarak nitelendirilir. Bu birim Paleozoik metamorfikleri ile kaplıdır. Havzanın batısı ve kuzeyi Kuaterner volkanizması sonucunda oluŐmuŐ volkanlar, kraterler, kalderalar, lav platoları ve leeliklerle kaplıdır. Volkanizma bazı yerlerde bazalt, bazı yerlerde andezit çıkıŐlarına neden olurken, pomza, tüf gibi piroklastik materyal de bol miktarda bulunur.



Harita 10: Van Gölü Havzası Jeoloji Haritası(MTA, 2005)'ndan sadeleştirilerek alınmıştır.

Van Gölü Havzası Topografyası

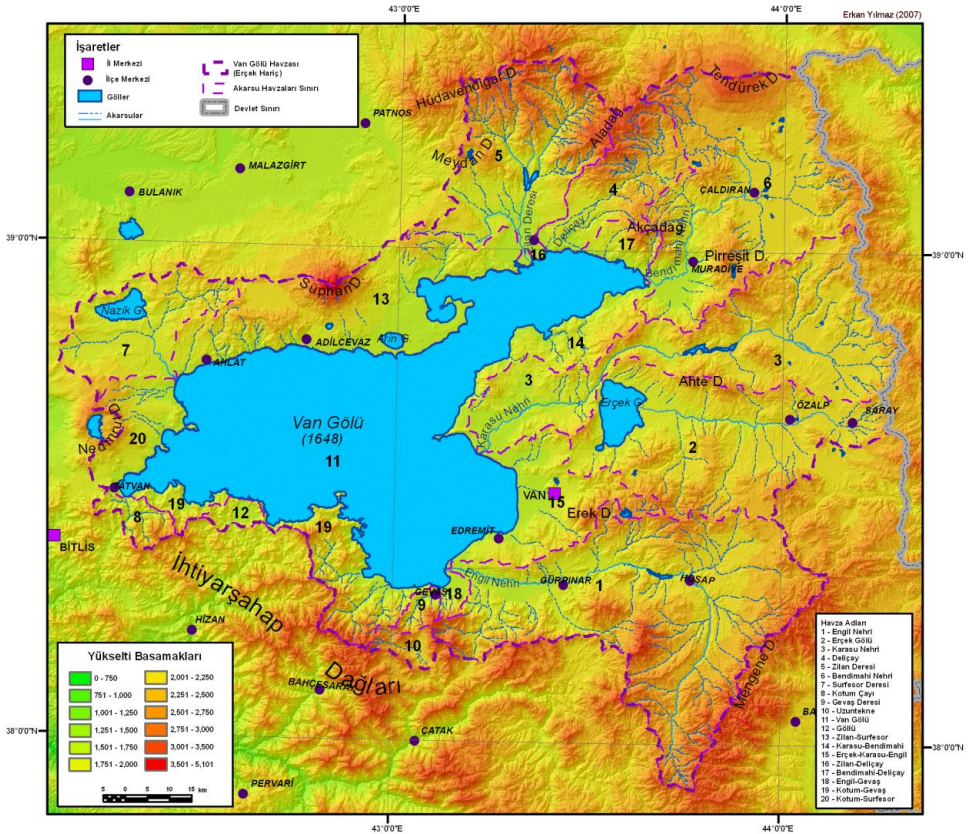
Van Gölü Havzası : Van Gölü içerisinde 5 adet ada bulunmaktadır. Bu adalardan Aktamar ve Kuzu Adaları Gevaş açıklarında, Çarpanak Adası, Kurtgediği Tepesi açıklarında, Yaka Adası Timar açıklarında, Kuzu Adası ise Çelebiabağ açıklarında yer almaktadır. Bu adalardan en büyüğü Aktamar Adası'dır.

Yüksel Basamakları	Alan km ²	Alan %	Alan Birikimi
1647-1700	1032,5	7,6	7,6
1700,1-1800	1063,2	7,8	15,4
1800,1-1900	1149,9	8,5	23,9
1900,1-2000	1083,9	8,0	31,8
2000,1-2100	1729,5	12,7	44,5
2100,1-2200	1645,1	12,1	56,6

2200,1-2300	1450,4	10,7	67,3
2300,1-2400	1189,0	8,7	76,0
2400,1-2500	872,6	6,4	82,4
2500,1-2600	680,0	5,0	87,4
2600,1-2700	511,0	3,8	91,2
2700,1-2800	361,3	2,7	93,8
2800,1-2900	262,1	1,9	95,8
2900,1-3000	182,4	1,3	97,1
3000,1-3250	306,7	2,3	99,4
3250,1-3500	68,1	0,5	99,9
3500,1-3750	10,7	0,1	99,9
3750,1+	7,2	0,1	100,0

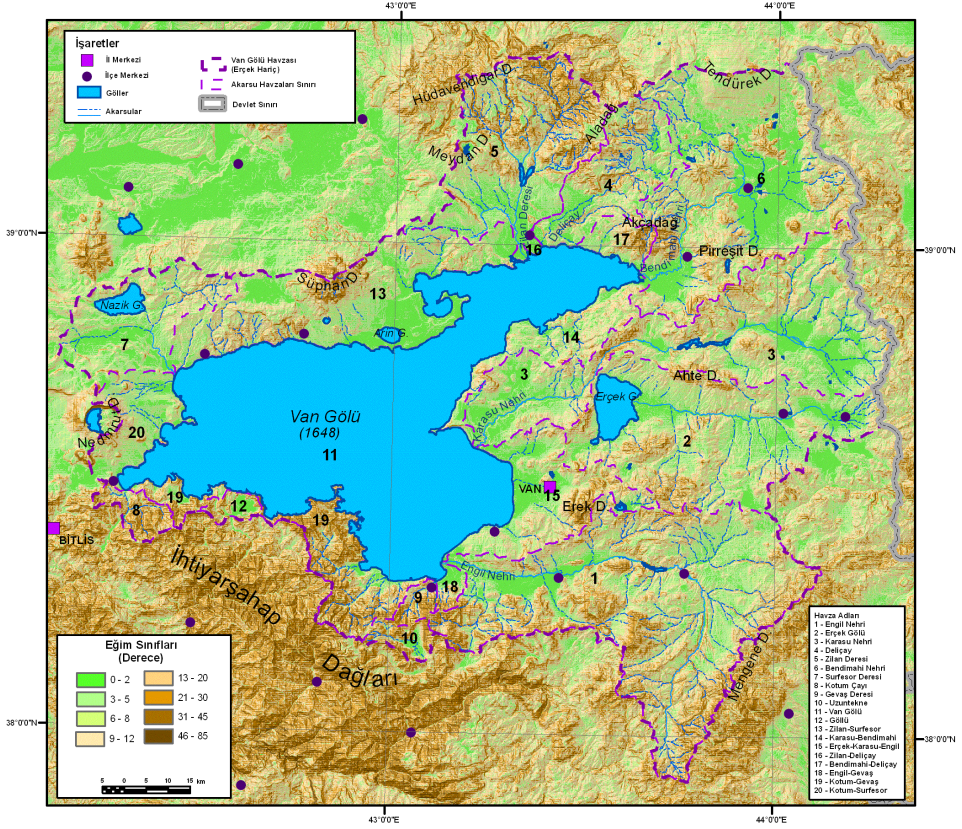
Tablo 1: Van Gölü Havzasında Yükselti Basamaklarına İlişkin Tanıtıcı İstatistikleri

Van Gölü Havzasında Yükselti Basamaklarına İlişkin Tanıtıcı İstatistikleri



Harita 11: Van Gölü Havzası Yükselti Haritası

Van Gölü Havzası oldukça yüksek bir sahadır. En düşük yükseltisi 1647 metredir. Yükselti basamaklarına göre yapılan analizler sonucunda, alanı en geniş olan basamağın % 12,7 oranıyla 2000-2100 metreler arası gelmektedir. Bu basamağı % 12,1 oranıyla 2100-2200 metreler arası gelmektedir (Tablo 1).



Harita 12: Van Gölü Havzası Eğim Haritası

Sahada 2000 metrenin altındaki sahalarda % 31,8'lik orana sahiptir. Tüm havzanın % 76'sı 2400 metrenin altında yükseliye sahiptir. Havzada 2700 metrenin üstündeki alanlar ancak % 6,2'lik paya sahiptir.

Van Gölü Havzası eğimin yer yer çok yüksek olduğu bir sahadır. Göl çevresi çok düz olsa da, havza güneyindeki dağlık sahadaki eğimli alanların bulunmaktadır. Eğim sınıflarına göre yapılan analizler sonucunda, alanı en geniş olan eğim sınıfının % 26,1 oranıyla 0-2° eğimler arası gelmektedir. Bu basamağı % 21,9 oranıyla 5-9 dereceleri arası gelmektedir.

Eğim Sınıfı	Alan	Alan %	Alan Birikimli
0-2	3548,1	26,1	26,1
2,1-5	2713,3	19,9	46,0
5,1-10	2976,6	21,9	67,9
10,1-15	1786,7	13,1	81,0
15,1-20	1102,4	8,1	89,1
20,1-30	1049,5	7,7	96,8
30,1-45	360,2	2,6	99,5
45,1-60	30,9	0,2	99,7
60+	38,0	0,3	100,0

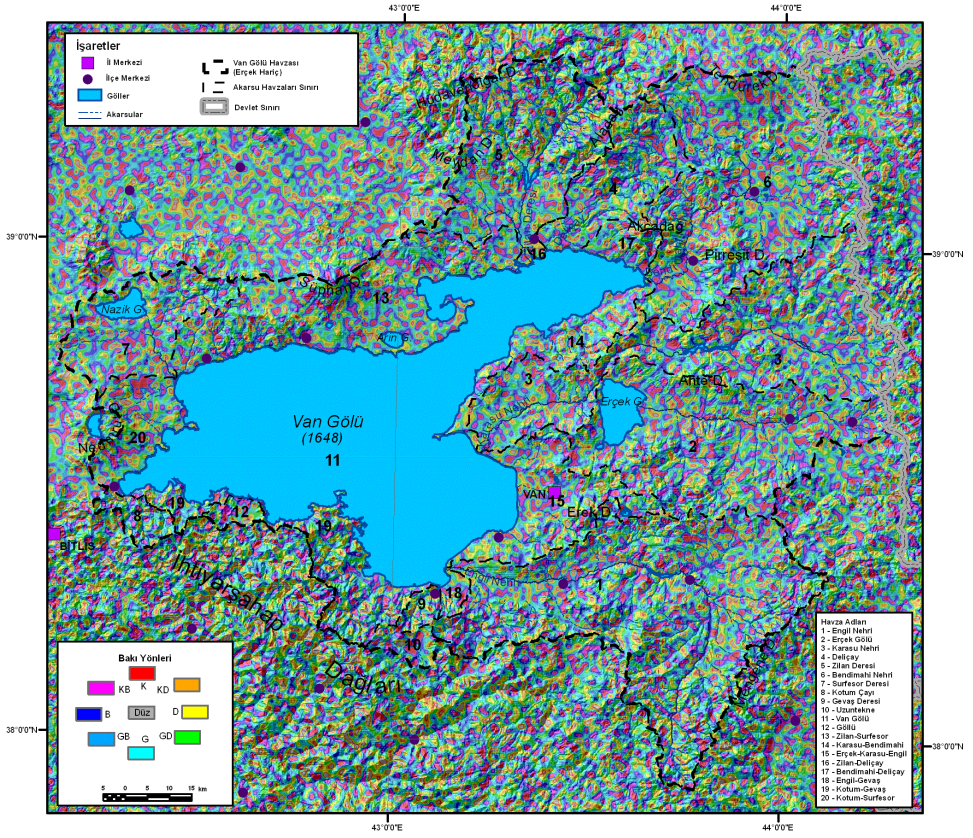
Tablo 2: Van Gölü Havzasında Eğim Sınıflarına Ait Tanıtıcı İstatistikler

Sahada 60°nin üzerinde eğime sahip alanlar % 1'den daha az bir orana sahiptir.

Bakı Yönü	Alan	Alan %	Alan Birikim
Düz Alanlar	964,3	7,1	7,1
Kuzey	1564,0	11,5	18,6
Kuzeydoğu	1094,6	8,0	26,6
Doğu	2123,0	15,6	42,2
Güneydoğu	1013,1	7,4	49,7
Güney	2281,8	16,8	66,4
Güneybatı	995,5	7,3	73,8
Batı	2257,6	16,6	90,4
Kuzeybatı	1311,9	9,6	100,0

Tablo 3: Van Gölü Havzasında Bakı Yönlerine Göre Yükselti Dağılımı

Van Gölü Havzasında düz olarak nitelendirilebilecek alanlar tüm sahanın % 7,1'ini kaplar. Havzada güneye bakan yüzeyler sahanın % 16,8'ini kaplarken, batıya bakan yüzeyler % 16,6'sını, doğuya bakan yüzeyler ise % 15,6'lık alan kaplamaktadır.



Harita 13: Van Gölü Havzası Eğim Haritası

Havzada ara yönler, ana yönlerle oranla daha dar alanlıdır. Ana yönlerden en dar alanlar kuzeye bakan yüzeylerken, ara yönlerden en dar olan yüzeyler güneybatıya bakmaktadır.

Van Gölü Havzası Bitki Örtüsü

Van Gölü Havzası İran-Turan fitocoğrafik bölgesi içerisinde yer almaktadır. Havza genel olarak step karakterindedir. Ancak havzanın güneybatısında ağaç ve çalı formasyonuna rastlanmaktadır.



Harita 14: Van Gölü Havzası Ağaç Türleri Haritası

Havzamızın doğal bitki örtüsü doğal çayırdır. Düşük eğimli, derin topraklı alüvyaller, buğdaygillerin baskın olduğu sık çayır örtüsü altındadır. Ancak hidrografik alüvyallerin dışında, bu örtü bozularak arazi tarıma alınmıştır. Hafif ve orta eğimlerde de çayır örtüsü görülebilmektedir. Fakat bu tür araziler işlemeye alınmıştır. Kestenerengi topraklar çayır kuşağının temsilcisidir. Ayrıca kahverengi topraklar da havza da yayılım gösterir. Kahverengi toprak alanıyla kestenerengi toprakların dip-sarp eğimli ve litozoik birimlerinde örtü seyrek, karışımında buğdaygillerin oranı düşüktür. Aşırı otlatmanın yapıldığı kısımlarda geven, yavşan türlerinden otlar ve dikenler örtüyü teşkil eder (Anonim, 1971). Doğal örtüyü, yalnız Tatvan-Reşadiye arasında sık fundalık teşkil eder. Fundalık birkaç metre boylu ve meşe yaygın türdür. Arada kavak, karaağaç görülür. Bu örtü altında, serbest kirecin bulunmadığı kireçsiz kahverengi orman toprağı oluşmuştur (Anonim, 1971). Van Gölü Havzası içerisinde akarsu boyları ve vadi tabanları çevreye nazaran farklı bitki örtüsüne sahiptir.

Van Gölü Havzası Hidrografyası

Van Gölü Havzası, başta yanlış tanımlandığı için yanlış algılarına bir havzadır. Çoğu zaman Erçek Gölü Havzası da Van Gölü ile en azından yer üstünden herhangi bir bağlantısı olmamasına rağmen havza içinde gibi anlatılmıştır. Oysa Van Gölü Havzasının tam bir hidrografik sınırı çizmek zordur. Çünkü göle yeraltından su girişi ile ilgili tam bilgiler mevcut değildir. Ancak yerüstü sularına ve bazı tahminlere bağlı olarak havza sınırı çizilebilmektedir.

Van Gölü Havzası, göl yüzeyi ve göle giren akarsular ile küçük derelerin kapladığı alanları kapsayan bir havzadır. Buna bağlı olarak Van Gölü Havzası içerisinde Engil, Akköprü, Karasu, Bendimahi, Deliçay, Zilan, Surfesör ve Kotum çayları havzaları ile bunlar arasındaki irili ufaklı birçok dere havzası sayılabilir.

Van Gölü Havzası makro karstik şekillerin görüldüğü bir alandır. Bunlar içerisinde polyeler de sayılabilir. Van Gölü güneyindeki Uzuntekne polyesi, Reşadiye doğusundaki Göllü Polyesi ve Süphan Dağı batısındaki Batmış Göl Polyesi bunlar içerisinde. Bilindiği gibi bu polyeler içerisinde hem karstik su çıkışları hem de düdenler yer almaktadır. Bu düdenlere giren suyun tam olarak nereye akış gösterdiğinin bilinmesi, Van Gölü Havzası su bütçesi için önemli bir sorundur.

Van Gölü Havzası içerisinde irili ufaklı birçok göl bulunmaktadır. Bunlar içerisinde, Arın Gölü, Aygır Gölü, Nemrut Gölleri gibi, Van Gölünden bağımsız veya insan eliyle bağımlı hale getirilmiş çok küçük alanlı kapalı havzalar bulunmaktadır.

Göl havzası içerisinde kısmi kapalı havza oluşturan diğer bir göl grubu da, Urartular döneminden beri varlığı bilinen, çanağın doğal, seddin ise insan eliyle yapıldığı ama bunun 2000 yılı aşığı göller bulunmaktadır. Bu göller, Turna (Keşiş), Gövelek Gölü, Süphan Gölü, Van Gölü Havzası, özellikle kuzeydeki dağlık saha, hem psödo karstik şekillerin görüldüğü bir alandır hem de tahminimizce volkanizma öncesinde karstik bir sahadır. Bu şekilde düşünmemizi sağlayan sebepler, havza içinde, volkanik sahalar içinde gördüğümüz düdenlerdir.

Bu düdenlerden 3 tanesi Batmış Göl Polyesi içerisinde. Bu polye çevresi Süphan volkanından çıkan volkanik örtü ile kaplıdır. Altta ise tahminimizce Adilcevaz kireçtaşları bulunmaktadır. Bu kireçtaşları içerisindeki mağara ve galeri sitemleri, Batmış Göl havzasını drene etmektedir. Drenajın düdenler sayesinde olduğu Batmış Göl, içerisinde zaman zaman genişleyen bir göl barındırır. Bu göl içerisinde 2 adet düden bulunmaktadır. Üçüncü düden ise hemen göl kenarında Karlık Düdeni olarak isimlendirilir ve bazaltlar altına dalan su ile kendini belli eder. Dalan suyun çıktığı nokta tam olarak bilinmemektedir. Fakat, Ahlat batısındaki yoğun kaynak sahası, buradan çıkış olabileceğini düşündürse de, yeraltına giren suyun Van Gölü tabanından çıkma ihtimali de vardır.

Düdenlerin bir kısmı ise Çaldıran Ovası güneyindedir. Koçovası köyü güneyindeki sazlık aslında yer alan 2 düden, burada toplana suyu yeraltına aktarmaktadır. 2000 metreler civarındaki Çaldıran Ovasından sızan sular, Van Gölüne akıyor olabilirler. Fakat bunu doğrulayacak herhangi bir gösterge yoktur. Ancak seviye farkının (yaklaşık 350 m) buna uygun olduğu söylenebilir.

Deliçay'ın yukarı çıkırında yer alan Hıdırmentiş Gölü çevresi ve özellikle güneyinde onlarca kaynak yer almaktadır. Bu gölün çevresinde haritalarda herhangi bir düden görülmesi de göl tabanında düden olduğu düşünülmektedir.

3. VAN GÖLÜ HAVZASI SU BÜTÇESİ VE HAVZA İKLİMİ

Van Gölü Havzası, genel olarak karasal bir iklime sahip olsa da, bu karasal iklim içerisinde farklılıklar göze çarpmaktadır. Bu farklılıkların başında yükseltinin havzanın her yerinde aynı olmaması, topografyanın bazı yerlerde doğu-batı bazı yerlerde ise kuzey-güney yönde yarılmış olmasıdır. Bu da hava kütlelerinin yönlerini belirleyerek dolaylı yönden rüzgâr ve yağış şartlarını etkilemektedir. Havzanın neredeyse 1648 metreden başlayan yükseltisi, aynı enlemde, kıyıda bir sahaya göre sıcaklığın neredeyse 8-9 C daha az olmasına neden olmaktadır. Buna rağmen havza içerisindeki göllerin varlığı, havzada nemlendirici bir etki de yapmaktadır.

Van Gölü Havzasında Yağış Hesabı

Van Gölü Havzasına düşen yağış miktarını toplamı hesaplanırken 21 tane meteoroloji istasyonunun uzun yıllık aylık ortalama toplam yağış rasatlarından faydalanılmıştır. Bu istasyonlardan büyük çoğunluğu havza içinde kalırken bir kısmı ise havza dışında kalmaktadır. Havza dışında kalan istasyonlar, Malazgirt, Patnos, Doğubeyazıt, Ağrı, Başkale, Hakkari, Hizan, Muş ve Bitlis istasyonlarıdır.

No	İstasyon Adı	Yükselti (m)	x	y	Sıcak °C	Yağış* (mm)	Dönem	Yıl	Havza
1	Adilcevaz	1850	42.73	38.80	9.1	492.4	1984-1991	6	Van Gölü
2	Ağrı	1631	43.05	39.72	6.3	533.3	1975-2006	32	Fırat
3	Ahlat	1722	42.50	38.77	9.0	547.7	1975-2006	32	Van Gölü
4	Başkale	2400	44.02	38.05	6.2	435.7	1975-2006	32	Dicle
5	Bitlis	1573	42.12	38.40	9.5	1254.7	1975-2006	32	Dicle
6	Çaldıran	2000	43.92	39.13	4.3	514.4	1985-1995	11	Van Gölü
7	Doğubeyazıt	1725	44.08	39.55	9.2	330.4	1975-2006	32	Aras
8	Erciş	1678	43.35	39.03	7.8	421.1	1975-2006	32	Van Gölü
9	Erçek	1900	43.65	38.65	6.8	403.8	1984-1995	11	Van Gölü
10	Gevaş	1696	43.10	38.30	8.8	515.2	1982-2006	25	Van Gölü
11	Gürpınar	2175	43.42	38.33	8.1	284.9	1984-2006	21	Van Gölü
12	Güzelsu*	2100	43.80	38.32	6.9	250.3	1985-1987	3	Van Gölü
13	Hakkâri	1728	43.73	37.58	10.3	765.2	1975-2006	32	Dicle
14	Hizan	1530	42.43	38.23	9.7	1023.9	1985-1995	11	Dicle
15	Malazgirt	1565	42.53	39.15	7.2	453.9	1975-2006	32	Fırat
16	Muradiye	1706	43.77	38.98	8.3	581.2	1975-2006	32	Van Gölü
17	Muş	1284	41.48	38.73	9.7	782.9	1975-2006	32	Fırat
18	Özalp	2100	43.98	38.67	6.0	498.8	1975-2006	32	Van Gölü

19	Patnos	1650	42.87	39.23	7.0	468.3	1976-2003	27	Fırat
20	Reşadiye	1850	42.53	38.48	9.3	649.4	1987-1998	10	Van Gölü
21	Tatvan	1665	42.30	38.50	8.9	829.5	1975-2006	32	Van Gölü
22	Van	1671	43.38	38.50	9.3	385.0	1975-2006	32	Van Gölü

Tablo 4: Van Gölü Havzası ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarına ait tanıttıcı ve istatistiki bilgiler. * Enlem ve Boylam değerleri ondalık olarak verilmiştir.** Güzelsu istasyonunun verileri 3 yıllık olduğun için hesaplamaya katılmamıştır.

Havzada Yağışın Alan Yayılması

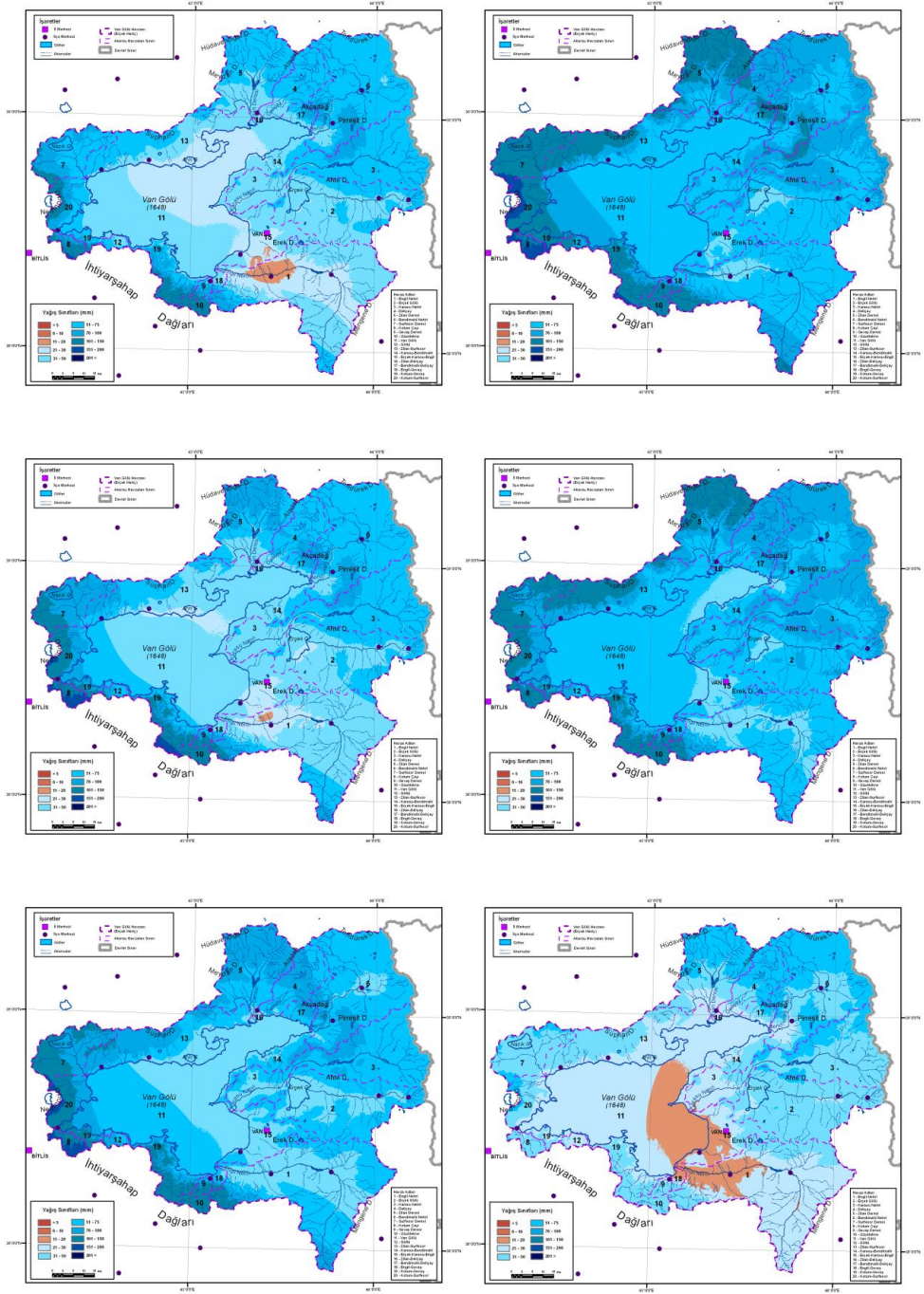
1. Havza ve çevresindeki istasyonlara ait yükselti modeli oluşturulur. Bu model oluşturulurken naturel neighbour interplasyon metodu kullanılır. Oluşturulan bu model İHM (istasyon yükselti modeli) olarak adlandırılır (Yılmaz, 2006).
2. İstasyonların aylık yağışlarına bağlı olarak her ay için bir istasyon yağış modeli oluşturulur. Bu model oluşturulurken de yine doğal yakınlık interpolasyon çeşidi kullanılır. Oluşturulan bu model İPM (istasyon yağış modeli) olarak isimlendirilir (Yılmaz, 2006).
3. Havza ve çevresine ait sayısal yükselti modeli elde edilir. Bu model hem eşyüksekti eğrilerinin sayısallaştırılması ile hem de radar görüntülerinden alınan verilerle hazırlanabilir.

Aylık yağış haritalarının yapılmasında 3 parametre kullanılmıştır. Bunlar her istasyonun yükselti değeri, enlemi ve boylamıdır. Yükseltinin modelleme de kullanılabilmesi için istasyonlar arasında yükseltiye bağlı olarak oluşan yağış değişimi belirlenmiştir. Bunun için de önce benzer istasyonlar ortaya çıkarılmıştır. Benzer istasyonlar belirlenirken istasyonun konumu, yağış rejimi ve yağış miktarları dikkate alınmıştır.

Bu ölçütlere göre Ahlat-Adilcevaz, Muradiye-Çaldıran, Tatvan-Reşadiye, Bitlis-Hizan, Erçek-Özalp, Hakkari-Başkale ve Gürpınar-Güzelsu çiftleri arasında yükseltiye bağlı olarak değişimin olabileceği düşünülmüştür. Bu amaçla her istasyon çifti için her bir ayda, her 100 metrede meydana gelen yağış artışı belirlenmiş ve sonuçta 96 adet yağış değeri (Bu değer istasyon çiftlerinin her bir ay için belirlenen ortalama aylık yağışıdır) ve 100 metrelik fark için meydana gelen yağış değerleri hesaplanmıştır. Sonuçta elde edilen değerlerin bir kısmında yükseltiye bağlı olarak yağışın artmadığı aksine düştüğü görülmüş ve bu değerler hesaplamada kullanılmamıştır. Sonuçta aylık yağışlara göre 100 metrelik yükselti farkında meydana gelen yağış değişimi için regresyon analizi yapılmış ve korelasyon katsayısı $R^2 = 0.45471$ bulunmuştur. Lojistik regresyonla yapılan bu analiz sonuçları aylık yağış modellerinin oluşturulmasında benimsenmiş ve hesaplamalar buna göre yapılmıştır.

Bu şekilde oluşturulan haritalara göre ocak ayında en fazla yağış alan saha Nemrut Dağı ve çevresidir. Bundan sonra İhtiyarşahap Dağları ile Akçadağ Kalderası ve Pirreşit Dağı gelir. Havzada ocak ayında en az yağış alan saha Gürpınar ve çevresidir. Yağışlar sadece güneydeki dağlık alanlarda 200 milimetreye yaklaşmaktadır.

Şubat ayında havzada yine, Nemrut Dağı, İhtiyarşahap Dağları, Aladağ, Akçadağ Kalderası ve Pirreşit dağı civarında yağışlar yüksektir. Buna karşın Gürpınar civarındaki az yağışlı saha biraz genişlemiştir. Ayrıca Arin Gölü ve doğusunda da yağışlar düşüktür. Yağışlar özellikle dağlık alanlarda 200 mm'yi geçmektedir.



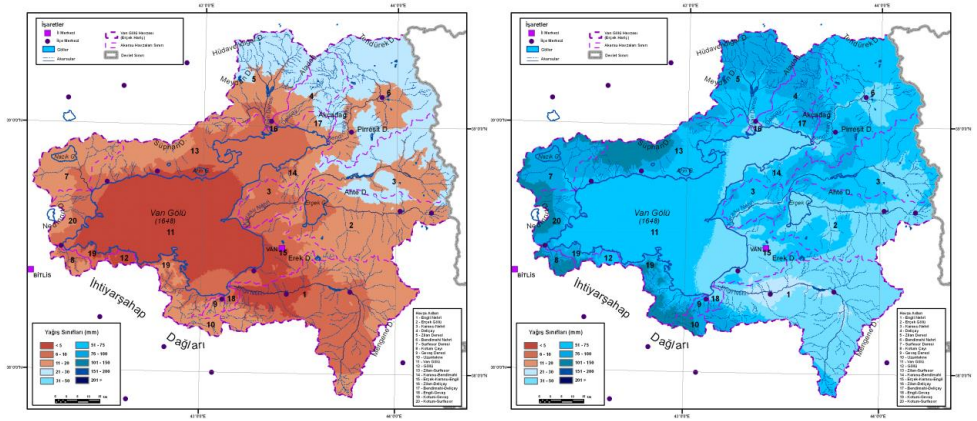
Şekil 1: Van Gölü Havzası Ocak (sol üst), Şubat (sol orta), Mart (Sol Alt), Nisan (Sağ üst), Mayıs (sağ orta) ve Haziran (sağ alt) Ayı Yağış Haritaları

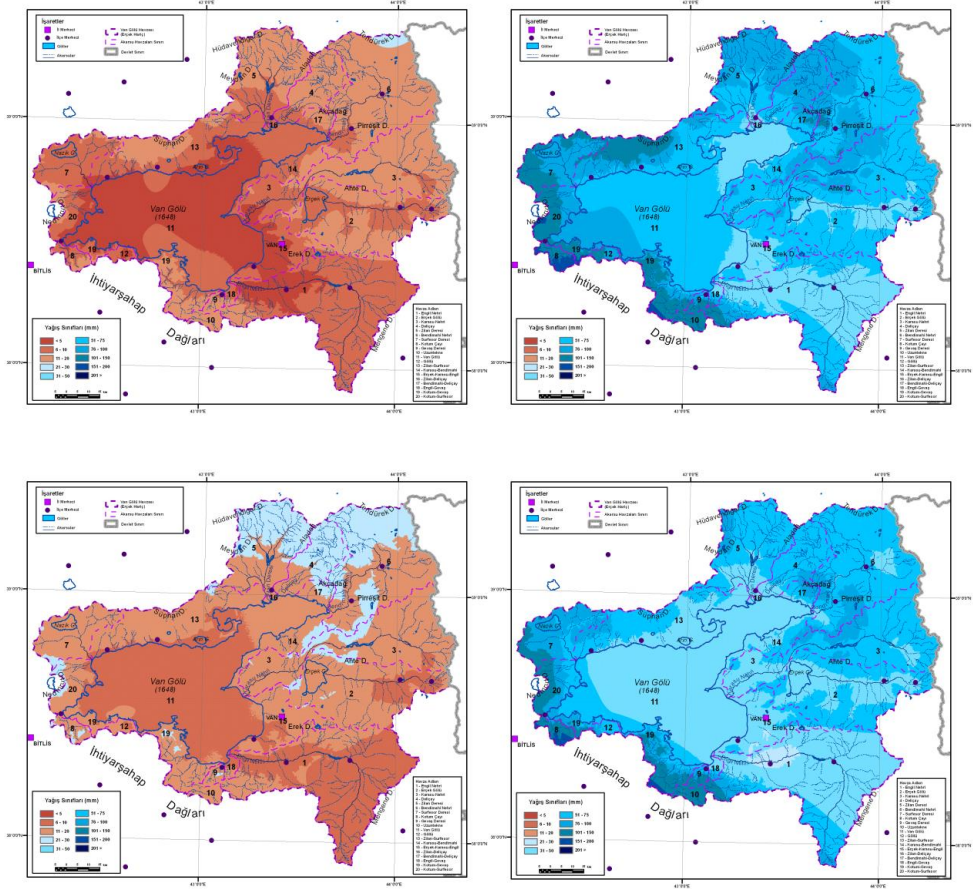
Mart ayında nisana göre yağışlar azalmaktadır. Yağışın az olduğu saha güneybatıya doğru genişliyor ve içerisine Van Ovasını da alıyor. Ayrıca Karasu Vadisi ve Çaldıran Ovası'nda da yağışlar azalmaktadır. Güneydeki dağlık saha ile Nemrut volkanı çevresinde yine yağış fazladır. Nisan ayında ocak ayına nazaran daha fazla yağış düşmektedir. Yağış biraz da kuzeybatıya kaymaktadır. Nemrut Dağı, İhtiyarşahap Dağları ile, Aladağ, Akçadağ Kalderası ve Pirreşit dağı yine fazla yağış alan bölgelerdir. Erçek Gölü doğusu ile Van şehri doğusu ve Gürpınar çevresinde yine düşük yağış görülmektedir. Yağışlar güneydeki dağlık sahada 200 mm'ye ulaşmaktadır.

Mayıs ayında havzanın doğu yarısındaki depresyonlarda yağışlar az olsa da en yağışlı ay niteliğini kaybetmiyor. Erçek grabeni, Hoşap Havzası ve Muradiye civarı ile göl kenarlarında yağış azdır. Buna rağmen Süphan Dağı'nda yağış oldukça artmıştır. Nemrut, İhtiyarşahap Dağları ve kuzeydeki dağlık sahada yine yağış fazladır.

Haziran ayında yağış iyice azalmaktadır. Van şehri ve kuzeyi ile Engil vadisi boyunca yağışlar azalmaktadır. Tüm göl çevresinde ve depresyonlarda yağış kısmen düşer. Bununla birlikte güneydeki dağlık sahada da yağışlar düşmeye devam etmektedir. Havzanın kuzeyindeki Tendürek ve Aladağ civarında yağışlar daha fazladır.

Temmuz ayı, havzada kurak dönemin başladığı, yağışların azaldığı bir aydır. Bu ayda yağışlar 10-20 mm civarındadır. Ancak havzanın kuzeyindeki dağlık sahada yağışlar biraz yüksektir. Özellikle Van Gölü güney kesimi ve Gürpınar ile Van şehri çevrelerinde yağışsız şartlar hâkimdir. Çaldıran çevresindeki dağlık alanlarda yağış nispeten fazla olmasına rağmen, Çaldıran Ovası'nda yağış azdır.





Şekil 2: Van Gölü Havzası Temmuz (sol üst), Ağustos (sol orta), Eylül (Sol Alt), Ekim (Sağ üst), Kasım (sağ orta) ve Aralık (sağ alt) Ayı Yağış Haritaları

Ağustos ayında, havzada kurak dönemin sürmektedir. Bu ayda yağışlar 10 mm civarındadır. Havzadaki depresyonlarda yağış çok azdır. Sadece Tendürek civarında kayda değer yağış vardır. Bunun dışındaki yüksek kesimlerde de biraz yağış olmasına rağmen bu yağışlar yeterli değildir.

Eylül ayı, kurak dönemin bitişi ve yağışların tekrar yükseldiği bir aydır. Bu dönemde havza kuzeyindeki dağlık sahada yağışlar artmıştır. Ayrıca Pirreşit Dağı ve Ahte Dağı civarında da yağışlar yükselmeye başlamıştır. Nemrut Dağı'nda da yağışlar başlamıştır. Süphan Dağı diğer dağlık alanlara nazaran az yağışlıdır. Hoşap Havzası, Van Ovası ve Özalp çevresinde yağışlar hala düşüktür.

Ekim ayı, havzada yağışlı dönemin başlangıcıdır. Bu ay yağışlar 50 mm civarındadır. Süphan, Nemrut ve İhtiyarşahap Dağları'nda yağışlar oldukça artmıştır. Buna rağmen havzanın güneydoğusundaki yağışlar diğer alanlara nazaran az bir artış göstermiştir. Gürpınar çevresinde

yağışlar 50 mm'den azdır. Ayrıca Hoşap Havzası, Erçek Depresyonu ve Çaldıran Ovası'nda da yağışlar diğer alanlara nazaran düşüktür.

Ekim ayındaki yüksek yağışlar kasım ayında da devam eder. Sadece Gürpınar havzası ile Memedik çayı vadisinin bazı kısımlarında az yağış vardır. Diğer alanların tamamında yağışlar 50 ve hatta 100 mm'yi aşmıştır. Özellikle Nemrut, İhtiyarşahap Dağları ve Süphan Dağı'nda 200 mm'ye yaklaşmıştır.

Aralık ayında yağışlar biraz düşmüştür. Özellikle Süphan ve çevresindeki yağışlarda azalma vardır. Aynı şekilde Gürpınar ve çevresinde de yağışlar azalmıştır. Nemrut ve İhtiyarşahap Dağları'nda ise yağışlar yine yüksektir.

Havzalara Göre Yağış Ortalamaları

Van Gölü Havzası, yıllık toplam yağışların 400-1200 mm arasında olduğu sahalardan meydana gelmektedir. Havzanın güneybatısındaki yüksek sahalarda yağışlar artarken, havzanın güneydoğusundaki alçak sahalarda yağışlar azalmaktadır (Tablo 5).

Havza çerisinde en düşük yağışlar ile 422 mm Erçek-Karasu-Engil havzasında görülür. Bu havza Van şehrinin de içinde bulunduğu havzadır. Bu havza Van Gölünün en doğu ucundadır. Burayı 445 mm ile Engil Havzası takip eder. Bu havza, güneydeki dağlık sahanın ardında yağışın olmadığı, hava kütlelerinin yağışı bıraktıktan sonra uğradığı bir mekan özelliğindedir. Bu durum havzadaki bitki örtüsünden de anlaşılmaktadır (Tablo 5).

Havza Adı	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	YO
Engil Nehri	35.0	44.0	54.0	68.2	56.7	24.2	9.1	6.8	9.0	40.3	51.0	46.4	444.8
Erçek Gölü	46.5	46.7	51.8	65.4	67.5	37.7	14.6	10.4	13.2	49.3	56.6	50.7	510.3
Karasu Nehri	57.0	56.8	62.3	75.8	75.2	40.8	17.5	11.8	15.1	58.3	66.8	59.2	596.5
Deliçay	61.3	66.9	72.3	90.1	86.7	50.2	20.1	15.2	20.7	73.1	79.2	65.3	700.9
Zilan Deresi	56.3	66.7	77.6	96.8	93.5	48.9	18.7	13.2	19.8	77.1	77.9	63.9	710.4
Bendimahi Nehri	61.1	62.4	62.8	79.8	81.1	52.4	22.9	16.4	19.5	62.5	72.9	61.1	654.9
Surfesor Deresi	77.1	95.9	105.3	122.7	107.6	43.3	12.2	7.8	15.5	90.4	101.6	88.1	867.6
Kotum Çayı	117.3	152.1	152.6	161.9	125.2	39.5	9.5	8.3	17.3	110.4	151.5	134.6	1180.1
Gevaş Deresi	80.4	94.3	104.2	114.5	100.3	35.2	12.1	12.7	17.1	84.6	101.2	97.4	854.0
Uzuntekne	114.2	133.8	132.5	140.1	119.0	39.0	13.1	13.4	18.2	100.9	132.0	131.2	1087.4
Van Gölü	32.3	40.5	53.2	66.2	58.4	21.2	4.5	4.7	9.6	55.1	61.6	41.8	449.1
Göllü	55.5	82.3	84.2	106.8	82.4	27.2	3.3	6.2	12.1	71.0	105.1	74.2	710.4
Zilan-Surfesor	43.8	51.1	69.9	83.4	83.1	33.2	9.1	8.1	13.8	80.7	78.7	52.9	607.7
Karasu-Bendimahi	42.0	44.2	56.9	68.5	62.9	30.9	10.8	8.6	14.9	59.9	63.3	50.5	513.5
Erçek-Karasu-Engil	31.9	33.5	48.1	59.5	55.3	25.0	6.8	5.9	12.6	47.0	52.9	43.1	421.6

	31.7	37.1	48.4	59.4	52.0	22.1	7.5	5.7	11.1	48.5	47.5	38.1	409.1
Zilan-Deliçay													
Bendimahı-Deliçay	60.4	63.0	72.1	86.4	74.3	38.9	17.5	12.5	18.2	69.5	77.8	66.1	656.5
Engil-Gevaş	45.8	53.9	68.8	80.7	69.9	24.9	7.9	8.2	12.4	57.1	64.9	60.1	554.6
Kotum-Gevaş	81.2	102.2	105.3	118.0	98.7	33.2	8.6	9.9	15.2	84.6	112.2	98.4	867.4
Kotum-Surfesor	83.9	109.2	119.2	134.7	106.9	37.1	9.6	6.6	14.5	93.1	112.6	96.6	923.9

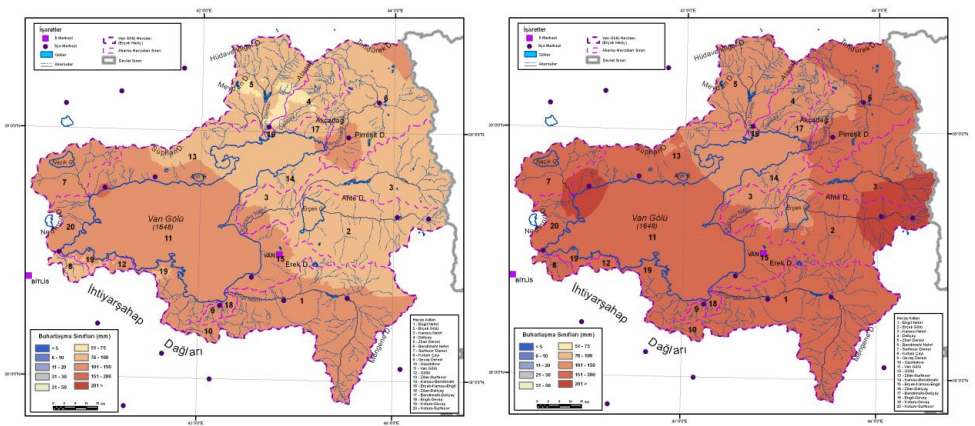
Tablo 5: Havzalara göre tahmin edilen yağış (mm)

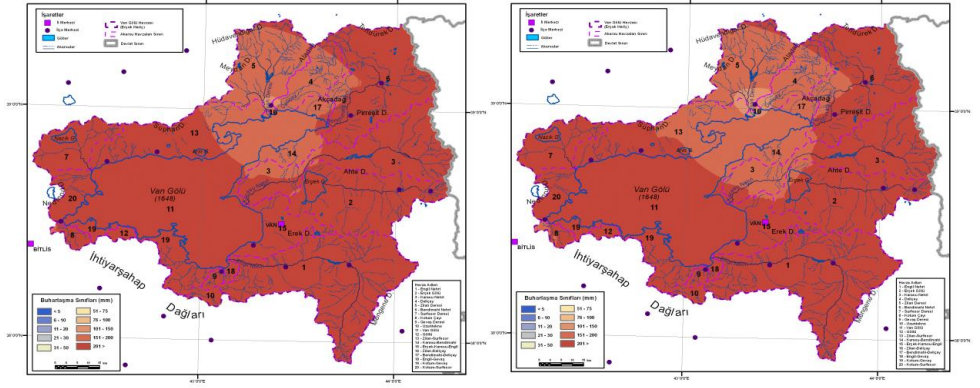
Van Gölü Havzası karasal bir iklime sahiptir. Bu nedenle iki yağış maksimumu iki de yağış minimumu yaşar. En yağışlı ayın mart-nisan olduğu dönem ilk yağışlı dönemdir. Bu dönemde aylık 100 mm'yi aşan yağışlar vardır. Nisan ayı mart ayına göre daha yağışlıdır. İkinci yağışlı dönem ekim-aralık dönemidir. Bu dönemde aylık 100 mm'ye yaklaşan yağışlar görülür. Bu dönemde en yağışlı ay kasım ayıdır.

Havzanın en kurak dönemi, yağışlı dönem gibi iki tanedir. Bunlardan ilki temmuz-ağustos dönemidir. Bu dönemde bazı yıllarda hiç yağış düşmez. 10 mm civarında yağışın olduğu temmuz ayı, ağustosa göre daha kuraktır. İkinci kurak dönem ocak ayıdır. Fakat bu ayda kayda değer yağışlar söz konusudur. Buna rağmen bu aydaki yağışlar, kendinden önceki ve kendinden sonraki aylardan azdır. Ayrıca bu dönemde düşen yağışlar kar özelliğindedir.

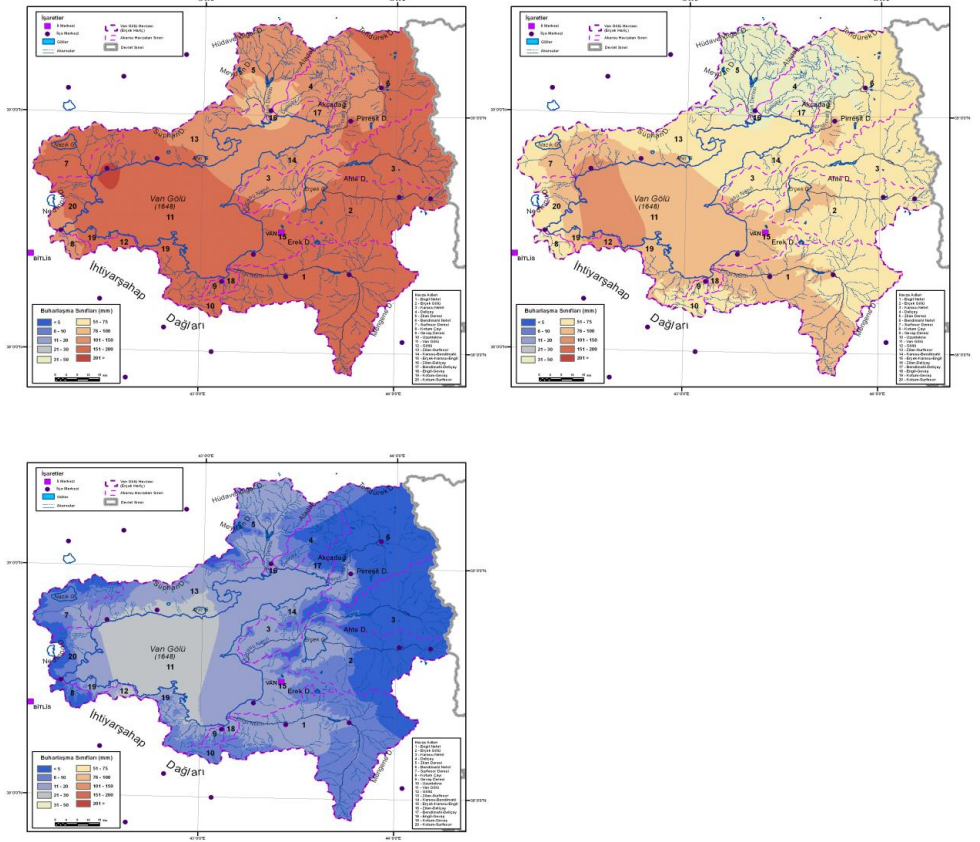
Van Gölü Havzasında Buharlaşma Hesabı

Van Gölü Havzasında buharlaşmanın hesap edilmesi oldukça zordur. Çünkü her istasyonda ve her ayda ölçüm yapılmamaktadır. Bazı yıllarda yapılan ölçümler sonraki yıl tekrarlanmamaktadır. Havzada buharlaşma hesabının yapılabilmesi için, sıcaklıklar ile buharlaşma miktarları arasında çizgisel regresyon yapılmış ve oluşturulan model ile tüm istasyonlardaki buharlaşmalar hesap edilebilmiştir.





Şekil 3: Van Gölü Havzası Mayıs (sol üst), haziran (sağ üst), temmuz (Sol Alt) ve Ağustos Ayı (Sağ alt) Buharlaşma Haritaları



Şekil 4: Van Gölü Havzası Eylül(sol üst), Ekim (sağ üst), Kasım (Sol Alt) Ayı Buharlaşma Haritaları

Havzalara Göre Buharlaşma Ortalamaları

Van Gölü Havzasında buharlaşmaya bağlı haritalar oluşturulduktan sonra havzalara göre aylık ortalama buharlaşma hesabı yapılmıştır. Bu hesaplar sadece mayıs-kasım ayları arasındaki dönem için yapılmıştır. Havzalara göre tahmin edilen ortalama buharlaşma miktarları incelendiğinde, yıllık en yüksek buharlaşma miktarının Gll Polyesinde olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, polyenin alçak olması ve güneyde yer almasıdır. Ayrıca göl kenarında yer alması nedeniyle soğuma da nem nedeniyle azdır. Gll Polyesi havzasını, Surfesor ve Kotum-Surfesor havzaları takip eder (Tablo 6).

Havza Adı	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Yıllık Ort. T.
Engil Nehri	106.8	181.6	234.8	231.3	165.9	75.2	9.5	1045.4
Erçek Gölü	86.0	180.5	257.6	245.5	168.1	70.3	4.5	1049.0
Karasu Nehri	90.1	177.7	250.3	237.4	159.6	64.3	2.4	1019.4
Deliçay	78.7	131.8	181.3	176.0	111.9	41.7	5.5	757.1
Zilan Deresi	79.0	131.3	179.3	173.9	109.0	41.3	11.2	755.4
Bendimahi Nehri	93.9	167.2	230.7	226.1	152.3	56.6	2.2	962.2
Surfesor Deresi	122.4	185.7	249.9	240.3	162.2	76.3	6.9	1086.4
Kotum ayı	95.2	165.9	212.3	203.2	144.1	62.7	2.9	928.6
Gevaş Deresi	108.2	181.0	233.5	224.1	162.1	73.0	10.8	1041.4
Uzuntekne	105.5	182.3	237.7	228.9	164.2	73.2	6.8	1044.1
Van Gölü	109.2	169.2	226.7	218.0	163.2	85.8	19.8	1047.0
Gll	102.5	174.3	239.6	238.8	189.1	111.6	19.2	1126.5
Zilan-Surfesor	104.5	160.8	218.1	206.8	148.4	72.3	15.8	974.1
Karasu-Bendimahi	91.5	141.1	193.5	182.6	127.2	62.7	11.3	857.8
Erçek-Karasu-Engil	105.9	165.7	221.7	212.9	156.4	77.2	11.1	1004.1
Zilan-Deliçay	76.7	112.8	150.9	140.5	85.9	42.3	12.7	667.9
Bendimahi-Deliçay	88.9	136.3	185.6	173.1	112.6	51.3	6.3	793.7
Engil-Gevaş	112.9	183.6	234.9	225.3	163.8	76.9	15.5	1066.6
Kotum-Gevaş	105.6	177.4	233.4	226.3	169.0	84.6	13.3	1059.1
Kotum-Surfesor	118.2	186.3	246.2	234.8	162.9	77.3	7.7	1075.5

Tablo 6: Havzalara göre tahmin edilen buharlaşma (mm)

En az buharlaşmanın olduğu havza, 755 mm ile Zilan Havzasıdır. Burası havzanın kuzeyinde yüksek sahalardan meydana gelmektedir. Deliçay ile Bendimahi-Deliçay havzaları

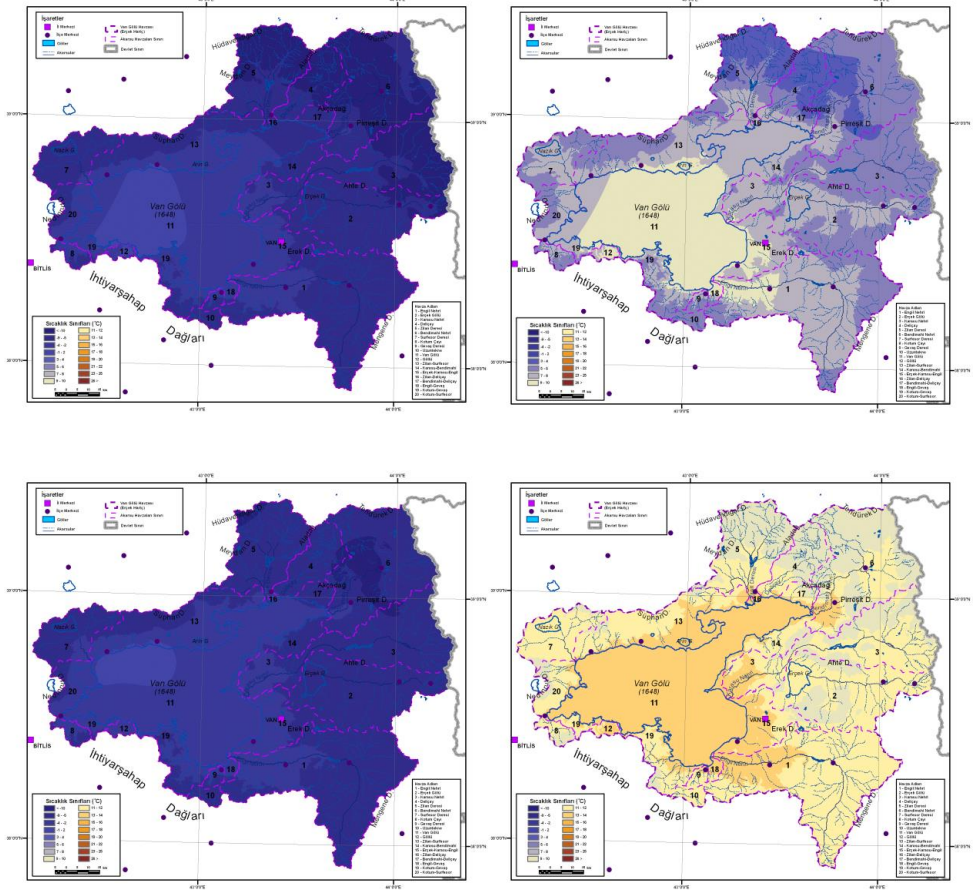
da düşük buharlaşmanın olduğu havzalar arasındadır (Tablo 6). Buharlaşma, havzada Mayıs ayında başlar ve kasım ayı ortalarında ölçülemez duruma gelir. En yüksek buharlaşmalar, temmuz ayında gerçekleşir. Bu ayı ağustos ayı takip eder. En az buharlaşmalar ise kasım ayında ölçülebilir. Aralık-nisan ayları arasında da buharlaşma meydana gelmektedir. Fakat bu aylara ilişkin ölçümler bulunmamaktadır (Tablo 6).

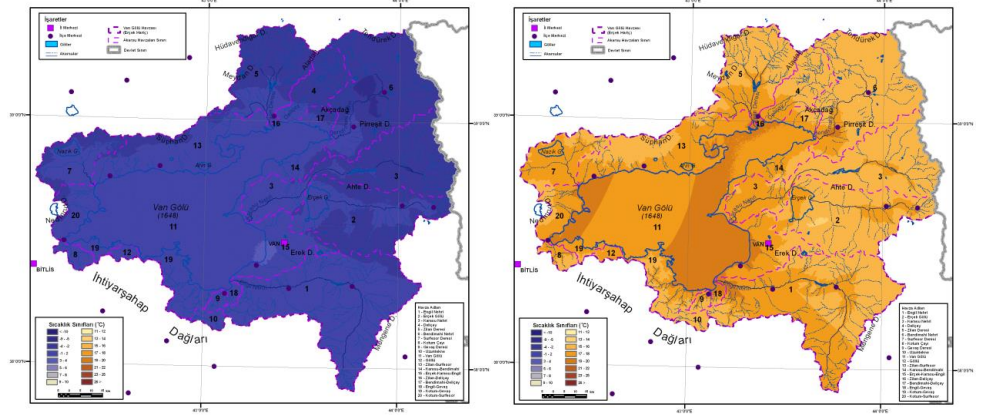
Van Gölü Havzasında Sıcaklık Hesabı

Havzada sıcaklık modellenirken, genel kanı görmüş olan 100 metrede 0.5 C sıcaklık değişimi göz önüne alınmıştır. Buna göre bir noktanın aylık ortalama sıcaklık değeri hesaplanmıştır

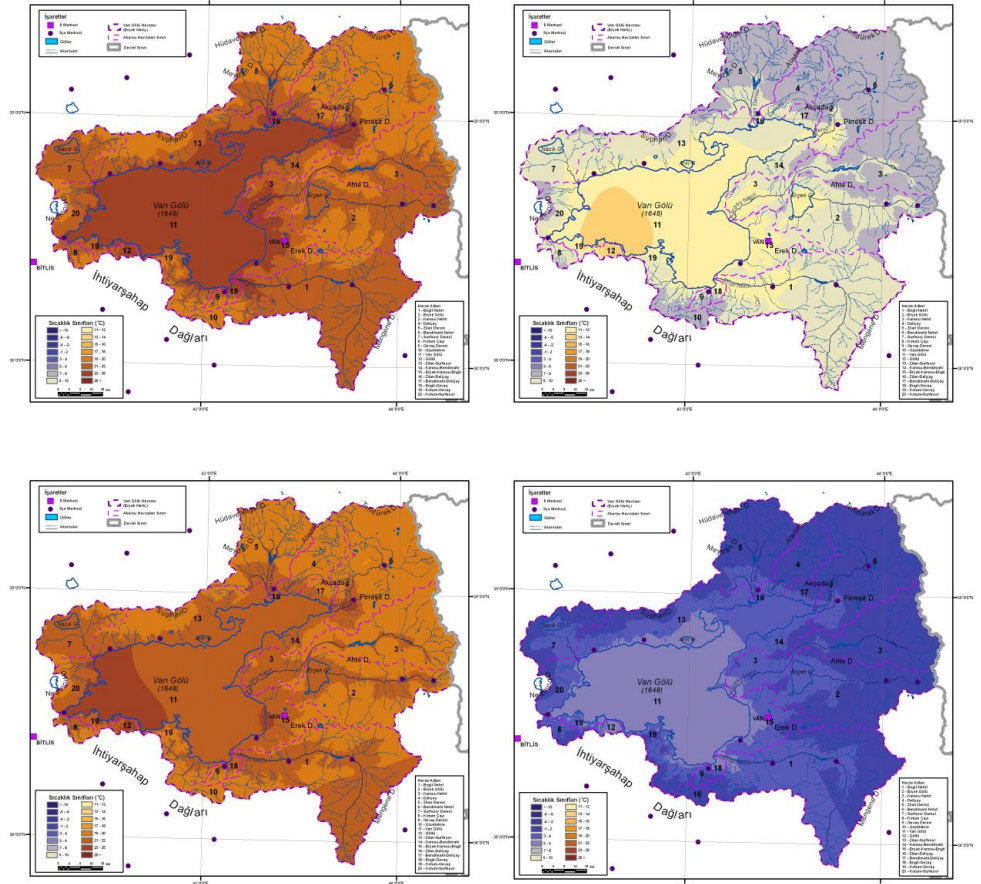
$$T_i = ASM - \left[\frac{SYM - İYM}{100} \right] 0.5 \text{ formülü kullanılmıştır.}$$

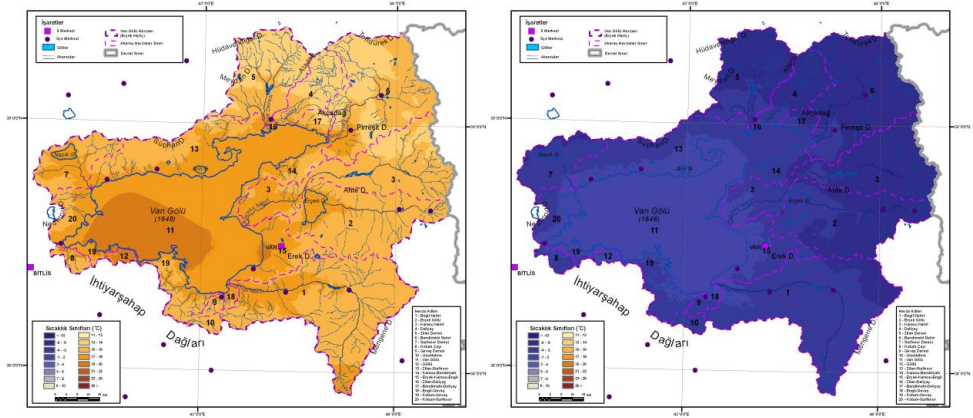
ASM=istasyonlara göre aylık sıcaklık model





Şekil 5: Van Gölü Havzası Ocak (sol üst), Şubat (sol orta), Mart (Sol Alt), Nisan (Sağ üst), Mayıs (sağ orta) ve Haziran (sağ alt) Aylık Sıcaklık Haritaları





Şekil 6: Van Gölü Havzası Temmuz (sol üst), Ağustos (sol orta), Eylül (Sol Alt), Ekim (Sağ üst), Kasım (sağ orta) ve Aralık (sağ alt) Ayı Sıcaklık Haritaları

Havzalara Göre Sıcaklık Ortalamaları

Van Gölü Havzası karasal olması nedeniyle hem yüksek hem de düşük sıcaklıkların görüldüğü bir sahadır. Yılın son ayı ile ilk üç ayında ortalama sıcaklıklar 0 °C’ın altındadır. Buna rağmen temmuz-ağustos döneminde sıcaklıklar 20 °C’ın üstüne çıkmaktadır. Havzada yıllık ortalama sıcaklıklar 6-8 °C arasında değişmektedir. En yüksek sıcaklıklar havzanın güneyinde Göllü Polyesi’nde görülür. Bu havzayı Van Gölü ve Engil-Gevaş havzası takip eder. En düşük sıcaklıklar havzanın kuzeyinde yer alan Bendimahı ve Deliçay havzalarında görülmektedir. Bu havzalar hem kuzeydedir hem de yüksek sahalardan oluşmaktadır.

Havza Adı	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	YO
Engil Nehri	-6.0	-5.3	-0.7	6.5	11.4	16.1	20.7	20.2	15.7	9.1	2.2	-4.0	7.2
Erçek Gölü	-8.4	-7.4	-	6.0	10.3	15.3	20.3	19.7	15.2	8.6	1.6	-5.2	6.2
Karasu Nehri	-8.7	-7.7	-2.2	5.5	10.6	15.6	20.4	19.7	14.9	8.1	1.2	-5.5	6.0
Deliçay	-9.9	-8.8	-3.4	4.4	9.7	15.3	19.3	18.8	13.8	6.8	0.2	-6.5	5.1
Zilan Deresi	-9.6	-8.5	-3.1	4.7	9.9	15.5	19.6	18.9	14.0	7.0	0.3	-6.0	5.6
Bendimahı Nehri	-	-9.0	-3.5	4.6	10.0	15.3	19.5	19.2	14.3	7.3	0.3	-6.7	5.1
Surfesor Deresi	-7.3	-6.2	-1.8	5.8	11.0	16.5	20.7	20.6	15.7	9.1	1.7	-3.8	5.6
Kotum Çayı	-4.8	-4.7	-0.5	5.7	10.3	16.0	20.3	20.1	15.5	8.8	2.3	-2.9	7.2
Gevaş Deresi	-5.0	-4.9	-0.7	6.1	11.1	16.1	20.2	19.3	15.2	8.3	2.2	-3.0	7.0
Uzuntekne	-6.1	-5.7	-1.3	5.4	10.3	15.4	19.7	18.8	14.5	7.8	1.5	-4.0	6.3
Van Gölü	-2.7	-2.6	1.4	8.2	13.0	18.0	22.6	21.9	17.8	11.3	4.5	-0.6	9.1
Göllü	-2.4	-3.0	1.1	7.9	12.0	17.0	21.9	21.7	18.4	12.3	4.0	-1.2	9.1
Zilan-Surfesor	-5.1	-4.5	-0.5	6.6	11.6	16.5	21.1	20.3	15.8	9.4	3.0	-2.3	7.2
Karasu-Bendimahı	-5.8	-5.4	-0.5	6.7	11.4	16.7	21.3	20.5	16.0	9.3	2.8	-3.2	7.5
Erçek-Karasu-Engil	-4.6	-4.5	0.4	7.3	12.0	16.7	21.4	20.6	16.6	10.0	3.1	-2.6	8.0
Zilan-Deliçay	-5.7	-4.8	0.1	7.2	12.1	18.0	22.1	21.1	16.2	9.3	3.2	-2.8	8.0
Bendimahı-Deliçay	-7.9	-7.2	-2.1	5.3	10.8	16.2	20.6	19.8	14.8	7.9	1.3	-5.0	6.2
Engil-Gevaş	-3.7	-3.6	0.6	7.5	12.5	17.4	21.5	20.5	16.5	9.6	3.4	-1.8	8.3
Kotum-Gevaş	-4.2	-4.2	0.0	6.7	11.3	16.3	20.8	20.2	16.2	9.6	2.8	-2.4	7.7
Kotum-Surfesor	-4.7	-4.1	-0.4	5.9	11.0	16.9	20.9	20.9	16.0	9.4	2.7	-2.1	6.6

Tablo 7: Havzalara göre tahmin edilen sıcaklıklar (°C)

Havzada en düşük sıcaklıklar ocak ayında görülürken, en yüksek ortalama sıcaklıklar temmuz ayında görülmektedir. Yaz mevsimi havzada kısa sürmektedir. Bunun nedeni havzanın yüksek olmasıdır. Bu nedenle verimli tarım alanları her ürüne hizmet verememektedir.

Van Gölü Havzasında Akımlar

Havzalara göre akım değerleri hesaplanırken her havzadaki akarsu akım gözlem istasyonlarından faydalanılmıştır. Bunlar bir kısmı DSİ bir kısmı ise EİEİ tarafından kurulmuştur. Gözlem istasyonlarının çoğu kapalı durumdadır. Ancak çok önemli olan ve/veya elektrik üretimi yapılabilecek alanlar ile Zilan Deresi Havzası gibi taşkınların çok sık yaşandığı yerlerde akım ölçümleri yapılmaktadır. Bu nedenle akım değerlerinin hesaplanabilmesi sabit bir periyot belirlenememiş ve ancak ölçüm yapılan yılların aylık ortalamaları kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

Havzalardan göle olan akışlar, DSİ ve EİEİ'sinin yapmış olduğu akım ölçümlerine göre hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken, alan-akım ilişkisi kullanılmıştır. Bazı havzalarda istasyon bulunmadığından, komşu iki havzadaki akım ortalamaları alınmıştır. Buna göre havzalardan göle akışlar aşağıdaki tablodaki havza-istasyon numarası eşleşmesine göre hazırlanmıştır (Tablo 8).

Engil Nehri	2509
Erçek Gölü	25-25
Karasu Nehri	25-12
Deliçay	25-13
Zilan Deresi	25-2
Bendimahi Nehri	25-05
Surfesor Deresi	25-10
Kotum Çayı	25-14
Gevaş Deresi	25-21
Uzuntekne	25-21
Zilan-Surfesor	25-2, 25-10
Karasu-Bendimahi	25-12,25-05
Erçek-Karasu-Engil	25-25,25-12,2509
Zilan-Deliçay	25-2,25-13
Bendimahi-Deliçay	25-05, 25-13
Engil-Gevaş	2509, 25-21
Kotum-Gevaş	25-14, 25-21
Kotum-Surfesor	25-14, 25-10

Tablo 8: (Göllü için Kotum çayının verileri, Uzuntekne polyesi için se Gevaş Çayı verileri kullanılmıştır

Bir havzanın akım değeri ya da yüzeysel akışa geçerek Van Gölüne dökülen suları havzadaki akım gözlem istasyonuna bağlı olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama yapılırken havzada 2 veya daha fazla istasyon varsa bunlar arasındaki çizgisel ilişkiden yararlanılmış ve yağış havzalarının alanları bağımsız değişken olarak düşünülmüştür. Böylece tüm havza için akışa geçen su miktarı hesaplanmıştır. Fakat 2 istasyonun bulunmadığı veya hiç istasyonun bulunmadığı havzalarda sadece yağış alanına bağlı kalınmış veya komşu havzalardaki hesaplamalardan faydalanılmıştır.

4. VAN GÖLÜ HAVZASI BÜTÇESİ

Van Gölü Havzasında akımlar hem yağışlardan hem de kar erimeleri ve donlardan etkilenmektedir. Özellikle kışın yağın kar, sıcaklığı düşük olması nedeniyle akışa geçememektedir. Ayrıca belli bir dönemde de toprağın don olması topraktaki suyun akışa geçmesini engellemektedir. Havzada karasal bir yağış rejimini görülmesi nedeniyle akım pikleri iki tanedir. Bunlardan ilki kasım ayında ikincisi ise mayıs ayında görülmektedir. Kasım ayında olan yağış piki, yağışın daha önce yağmur şeklinde düşmesi nedeniyle yağış pikiyle aynı döneme veya birkaç on gün sonraya gelmektedir. Fakat mayıs ayındaki yağış piki, sıcaklıklar ve kar erimeleriyle ilgilidir.

Havzalara Göre Akımlar

Havzada yıllık ortalama akımlara bakıldığında, en yüksek akım değerlerine Kotum-Gevaş havzasında rastlanılır. Burada yağışın fazla olduğu doğrudur. Fakat akım değerleri hesaplanırken Gevaş havzasından yararlanılması bu değerlerde yanlışlıklar olabileceğini göstermektedir. Çünkü Gevaş havzasındaki akımlarda karst kaynaklarını etkisi vardır. Oysa Kotum-Gevaş havzasındaki kaynaklar hakkında pek bilgi sahibi değiliz.

Havza Adı	Eki m	Kası m	Aralı k	Oca k	Şuba t	Mar t	Nisa n	Mayı s	Hazira n	Temmu z	Ağusto s	Eylü l	Yo
Engil Nehri	2.5	2.9	2.4	2.0	2.0	4.2	12.5	16.9	9.6	5.0	3.1	2.6	5.5
Erçek Gölü	1.6	1.6	1.4	1.3	1.3	3.9	4.9	2.0	2.7	2.6	1.2	0.9	2.1
Karasu Nehri	1.7	2.3	2.4	2.4	2.5	6.3	21.0	12.0	3.9	2.1	1.4	1.3	4.9
Deliçay	2.9	3.0	2.8	2.9	3.0	4.0	22.8	33.9	18.8	7.8	3.7	2.4	9.0
Zilan Deresi													17.
	5.8	5.7	5.6	5.5	5.1	7.1	27.8	64.5	47.6	16.6	7.9	5.9	1
Bendimahı Nehri													13.
	7.9	10.4	10.9	9.4	8.8	11.5	37.1	31.0	13.1	8.0	8.1	7.4	6
Surfesor Deresi	0.5	0.4	0.7	1.4	1.9	1.7	10.6	8.6	1.8	0.6	0.6	0.4	2.4
Kotum Çayı	1.3	1.2	1.1	1.1	1.2	1.9	6.1	10.1	8.5	3.7	1.8	1.2	3.3
Gevaş Deresi	3.1	3.2	3.2	3.0	2.9	3.2	5.0	8.0	8.4	6.0	6.1	5.6	4.8
Uzuntekne	4.5	4.7	4.7	4.4	4.2	4.6	7.3	11.6	12.3	8.8	8.8	8.1	7.0

Göllü	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	1.0	3.3	5.4	4.6	2.0	1.0	0.7	1.8
Zilan-Surfesor	5.8	5.6	5.7	5.8	5.7	7.5	31.1	65.7	46.6	16.2	7.9	5.9	17.5
Karasu-Bendimahi	0.9	1.2	1.3	1.2	1.1	1.7	5.7	4.2	1.7	1.0	0.9	0.8	1.8
Erçek-Karasu-Engil	0.8	1.0	0.9	0.8	0.8	1.9	6.1	5.6	2.7	1.4	0.9	0.8	2.0
Zilan-Deliçay	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.9	0.6	0.2	0.1	0.1	0.2
Bendimahi-Deliçay	0.8	1.0	1.0	0.9	0.9	1.1	3.8	3.5	1.5	0.9	0.8	0.7	1.4
Engil-Gevaş	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	0.7	0.4	0.2	0.1	0.1	0.2
Kotum-Gevaş	11.5	11.4	11.1	10.5	10.5	13.8	32.1	52.7	48.3	26.4	20.0	16.8	22.1
Kotum-Surfesor	0.6	0.5	0.7	1.2	1.6	1.6	8.8	8.2	3.0	1.2	0.8	0.5	2.4
	2.8	3.0	3.0	2.9	2.9	4.1	13.0	18.2	12.4	5.8	4.0	3.3	6.3

Tablo 9: Havzalardan göle dökülen tahmini ortalama akımlar, akarsu ağızlarında m³/sn

Kotum-Gevaş havzasından sonra, en yüksek akımlar Zilan Havzasındadır. İlkbahar aylarındaki seller ve taşkınlar burada bu akımın görülmesini doğrulayan bir kanıt olabilir. Ayrıca bu saha fazla yağış almaktadır (Tablo 9). Bendimahi, Deliçay havzalarında da akımlar yüksektir. Zira bu havzalar hem yükseltisi fazla hem de alanları geniştir. Ayrıca bu havzalarda diğer havzalara göre daha düşük buharlaşma değerlerine rastlanılır. Akımların en düşük olduğu havzalar, Zilan-Deliçay ve Engil-Gevaş havzalarıdır. Bu havzalarda yağış yüksek olmasına rağmen havza alanları oldukça dardır.

Havzalara Göre Verim Durumları

Van Gölü Havzasındaki tali havzalardaki verim durumu da diğer önemli bir husustur. Burada havzadaki yağışın çeşitli şartlar dahilinde akışa geçme durumu değerlendirilir (Tablo 14).

Havza Adı	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	YO	
Engil Nehri	2.62	2.99	2.49	2.11	1.96	4.47	12.78	17.84	9.78	5.29	3.25	2.62	5.68
Erçek Gölü	2.64	2.55	2.36	2.22	2.03	6.53	7.93	3.33	4.44	4.31	2.08	1.48	3.49
Karasu Nehri	2.55	3.32	3.57	3.59	3.44	9.54	30.82	18.25	5.67	3.25	2.05	1.87	7.33
Deliçay	14.02	14.32	13.63	14.25	13.27	19.50	107.0	164.9	88.37	38.06	17.86	11.37	43.06
Zilan Deresi	13.74	12.96	13.24	12.97	11.02	16.76	63.69	152.7	108.9	39.30	18.75	13.55	39.81
Bendimahi Nehri	11.16	14.28	15.47	13.39	11.39	16.32	51.04	44.04	17.97	11.32	11.51	10.21	19.01

İklim Çalışmaları 2022

Surfesor Deresi	2.07	1.62	3.03	5.90	7.48	7.33	43.97	36.59	7.33	2.47	2.47	1.62	10.16
Kotum Çayı	29.55	25.64	24.80	24.46	23.22	42.80	129.8 5	224.5 3	183.1 0	82.54	40.42	26.30	71.43
Gevaş Deresi	120.5 3	122.5 8	126.6 7	117.7 4	104.7 5	125.5 5	191.1 6	313.6 0	320.7 6	237.7 1	239.3 8	212.7 6	186.1 0
Uzuntekne	120.5 3	122.5 8	126.6 7	117.7 4	104.7 5	125.5 5	191.1 6	313.6 0	320.7 6	237.7 1	239.3 8	212.7 6	186.1 0
Göllü	29.55	25.64	24.80	24.46	23.22	42.80	129.8 5	224.5 3	183.1 0	82.54	40.42	26.30	71.43
Zilan-Surfesor	12.98	12.17	12.73	13.08	11.63	16.85	67.40	147.2 0	101.0 4	36.40	17.64	12.72	38.49
Karasu-Bendimahı	6.98	8.96	9.70	8.64	7.53	13.03	41.23	31.53	12.00	7.41	6.92	6.16	13.34
Erçek-Karasu-Engil	3.58	4.28	3.94	3.60	3.39	8.54	25.98	24.67	11.54	6.35	3.92	3.25	8.59
Zilan-Deliçay	15.42	14.78	14.89	14.78	12.81	19.33	80.56	173.4 4	117.4 0	43.67	20.77	14.68	45.21
Bendimahı-Deliçay	15.42	19.44	20.92	18.30	15.66	22.47	73.95	69.57	30.06	17.54	16.17	13.99	27.79
Engil-Gevaş	5.13	5.83	4.88	4.16	3.86	8.65	24.54	34.31	19.00	10.36	6.48	5.24	11.04
Kotum-Gevaş	57.35	54.92	55.44	52.62	47.94	69.03	155.0 9	263.3 2	233.3 5	131.8 6	99.79	81.25	108.5 0
Kotum-Surfesor	4.85	3.98	5.77	9.51	11.49	12.71	67.07	64.23	22.84	9.21	6.16	4.03	18.49
	24.77	24.89	25.52	24.40	22.15	30.93	78.69	122.2 3	94.61	53.02	41.86	34.85	48.16

Tablo 10: Havzalara göre akım verim durumları (dam^3/km^2)

Yıllık ortalamalara göre verimin en yüksek olduğu havza, Gevaş Havzasıdır. Uzuntekne için de aynı değerler kullanıldığı için aynı sonuçlara ulaşılmıştır. Bunun dışında Kotum-Gevaş ve Kotum çayı havzalarında da verim çok yüksektir. Bunun nedeni bu sahaların eğimli, yüksek olması ve göle yakın olmalarıdır. Karstla ilişkisi olmadan en yüksek verimli havza Zilan Havzasıdır. Bu havzada kilometrekareden 39 dekametreküp su göle boşalmaktadır.

Verimin düşük olduğu havzalar sırasıyla Erçek, Engil ve Karasu havzalarıdır. Bu havzaların boyları oldukça uzundur. Ayrıca bu havzalarda yaz yağışları önemli yer tutmaktadır. Yazın düşen yağışın buharlaşması da verimi düşürmektedir. Bu komşu üç havza Van Gölü doğusunda yer almaktadır. Hem güneyden hem de kuzeyden gelen hava kütlelerinin uğradığı son noktayı oluşturmaktadırlar.

Havzalara Göre Akış Katsayıları

Havzalara göre akış katsayısından kastedilen, düşen yağışın kaçta birinin akışa geçtiğidir. Eğer bir havzada bu değer yüksek çıkıyorsa havzadaki sızma, yeraltına kaçma veya buharlaşma ve suyun tutulması fazladır. Aynı şekilde bir havzada 0'dan küçük değer çıkıyorsa, bu havzaya dışarıdan ya da önceki aydan su ilavesi olmaktadır. Bu değerin en makul 1'den büyük ama 1'e yakın değerlerin olmasıdır. Van Gölü Havzasında akış katsayısı bazı havzalarda sürekli çok yüksek çıkarken bazı havzalarda 0'ın altında çıkmaktadır.

	I	III	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Engil Nehri	15.29	20.80	11.33	5.06	2.99	2.34	1.61	1.92	3.18	3.18	12.53	19.19
Erçek Gölü	18.41	20.25	6.95	7.29	18.00	7.44	2.97	4.27	7.69	4.31	16.85	21.00
Karasu Nehri	12.68	13.21	5.26	2.02	3.38	5.70	4.24	4.44	6.35	4.64	14.04	15.09
Deliay	2.78	3.27	2.44	0.57	0.35	0.36	0.34	0.52	1.17	0.95	3.35	3.85
Zilan Deresi	2.71	3.78	2.95	1.01	0.40	0.28	0.29	0.40	0.90	0.89	3.78	3.74
Bendimahi Nehri	3.34	4.00	2.82	1.17	1.37	2.08	1.47	1.01	1.38	1.26	3.18	3.50
Surfesor Deresi	8.64	8.88	10.18	2.07	2.09	3.84	2.90	1.52	5.93	4.64	37.80	23.50
Kotum ayı	3.42	5.08	2.77	0.98	0.41	0.14	0.06	0.10	0.41	0.36	3.01	4.73
Gevaş Deresi	0.43	0.59	0.56	0.42	0.21	0.07	0.03	0.03	0.05	0.09	0.44	0.54
Uzuntekne	0.56	0.80	0.66	0.47	0.22	0.07	0.02	0.02	0.04	0.08	0.46	0.65
Gll	2.15	3.41	1.89	0.80	0.35	0.14	0.04	0.14	0.44	0.39	2.65	4.11
Zilan-Surfesor	2.57	3.38	3.25	0.99	0.45	0.25	0.18	0.32	0.83	0.81	5.30	4.92
Karasu-Bendimahi	4.09	4.96	3.72	1.43	1.71	2.16	1.18	1.00	2.03	1.79	5.72	5.59
Erçek-Karasu-Engil	7.90	8.83	5.07	2.07	2.01	1.90	0.90	1.24	3.42	3.10	9.84	12.05
Zilan-Deliçay	2.26	3.06	2.63	0.77	0.31	0.20	0.18	0.29	0.80	0.76	3.45	3.36
Bendimahi-Deliçay	2.44	2.98	2.42	0.91	0.81	0.95	0.73	0.54	0.96	0.87	2.68	2.83
Engil-Gevaş	9.51	12.14	7.08	2.97	1.82	1.16	0.64	1.06	2.06	2.11	8.61	11.77
Kotum-Gevaş	1.11	1.63	1.17	0.60	0.28	0.10	0.04	0.06	0.13	0.18	1.13	1.58
Kotum-Surfesor	6.58	7.53	7.58	1.67	1.31	1.17	0.67	0.59	2.52	2.09	17.88	15.59

Tablo 11: Havzalara göre yağış akış katsayıları (de biri akışa geçmiştir.)

Gevaş, Uzuntekne ve Gll havzalarında sürekli 0'ın altında çıkan akış katsayıları bu havzalarda ölçülen yağışın yanlış olduğunu veya bu havzalara başka alanlardan su ilavesi olduğun göstermektedir. Bu havzalar karstik olması nedeniyle şimdilik başka alanlardan su ilavesini olduğu makul görülmektedir. Zilan havzasında ise mayıs-ekim ayları arasında akış

katsayısı sürekli 0'ın altındadır. Bu durum kar erimeleri ile ilişkili olabilmektedir. Ayrıca yağış etkinlik sınırının bu alanda 2500 metrenin üstünde olması ve bunun da hesaplanamamış olması gibi bir durum da söz konusudur. Bunun dışında, Kotum-Gevaş, Bendimahi-Deliçay, Zilan-Deliçay havzalarında da 0'ın altında değerlerin görülmesi muhtemelen kar erimeleri ile ilişkilidir. Zaten bu havzalarda bu dönem kısa sürmektedir.

Bütçe Elemanları

Bütçe hesabı ekim ayından yani su yılı başlangıcından yapılmıştır. Havzalara göre yapılan su bütçesi hesabında, yağış, yağışı sonucunda meydana gelen akım, buharlaşma, buharlaşma sonucunda sonraki aya kalan su miktarı ve önceki aydan iletilen su miktarları verilmiştir. Bütçe elemanları hm3 cinsinden hesap edilmiştir.

Ekim Ayı

Ekim ayında en fazla yağış düşen havza Bendimahi havzasıdır. Bu havzayı Engil ve Zilan havzaları takip eder. En az yağış ise Zilan-Deliçay ve Engil-Gevaş havzaları ile Göllü havzasına düşmektedir. Akımlarda da yağışlarda olduğu gibi, göle en fazla su gönderen havza Bendimahi Havzasıdır. Bunu Zilan ve Zilan-Surfesör havzaları takip etmektedir. En az akım Engil-Gevaş havzasındandır (Tablo 12). Akım katsayısı incelendiğinde, bazı havzalarda yağıştan çok akım olduğu görülmektedir. Bu muhtemelen daha önceki aydan bu aya sarkmış suların akışa geçmesiyle oluşmuştur. Bunun dışında en verimli havza Surfesör Havzası olarak görülürken, en az verimin olduğu havza Karasu Havzasıdır (Tablo 12). Potansiyel buharlaşmanın en fazla olduğu havza bu ayda Engil Havzasıdır. Bu ay meydana gelen yağışın bir kısmı buharlaşmakta, bir kısmı ise akışa geçmektedir. Gelecek aya aktarılan su bu ayda yoktur (Tablo 12). Ekim ayında havzadaki muhtemel gerçek buharlaşma (su kaybı) en fazla Karasu Havzasında meydana gelirken, en az su kaybı Bendimahi-Deliçay ve Engil-Gevaş havzalarında olmuştur. Ayrıca, Kotum, Gevaş, Uzuntekne, Göllü, Zilan-Deliçay ve Kotum-Gevaş havzalarında önceki aydan aktarılan sulardan buharlaşma meydana gelmiştir (Tablo 12).

	Yağış *	Akım *	Katsayı	P. Buh.	K. Buh	Ö. Aydan	S. Aya
Engil Nehri	22,73	6,63	3,43	190,54	16,10	0,00	0,00
Erçek Gölü	20,91	4,19	4,99	111,48	16,72	0,00	0,00
Karasu Nehri	26,60	4,51	5,90	113,61	22,10	0,00	0,00
Deliçay	11,37	7,72	1,47	22,94	3,65	0,00	0,00
Zilan Deresi	22,40	15,54	1,44	46,75	6,86	0,00	0,00
Bendimahi Nehri	36,85	21,04	1,75	106,73	15,81	0,00	0,00
Surfesör Deresi	9,72	1,30	7,48	47,81	8,42	0,00	0,00
Kotum Çayı	2,10	3,58	0,59	7,59	-1,48	0,00	0,00

Gevaş Deresi	1,16	8,20	0,14	4,96	-7,03	0,00	0,00
Uzuntekne	1,80	11,93	0,15	7,24	-10,14	0,00	0,00
Göllü	0,79	1,92	0,41	7,26	-1,13	0,00	0,00
Zilan-Surfesor	16,54	15,51	1,07	86,45	1,03	0,00	0,00
Karasu-Bendimahi	5,32	2,49	2,14	22,39	2,83	0,00	0,00
Erçek-Karasu-Engil	7,67	2,18	3,51	47,07	5,48	0,00	0,00
Zilan-Deliçay	0,16	0,22	0,73	0,60	-0,06	0,00	0,00
Bendimahi-Deliçay	2,43	2,05	1,18	6,84	0,38	0,00	0,00
Engil-Gevaş	0,65	0,27	2,44	4,03	0,38	0,00	0,00
Kotum-Gevaş	8,17	3,07	0,27	45,35	-22,57	0,00	0,00
Kotum-Surfesor	4,95	1,66	2,99	26,37	3,30	0,00	0,00

Tablo 12: Ekim ayı bütçe elamanları

Kasım Ayı

Kasım ayında en fazla yağış düşen havza yine Bendimahi Havzasıdır. Bu havzayı Karasu ve Engil havzaları takip eder. En az yağış ise yine Zilan-Deliçay ve Engil-Gevaş havzaları ile Göllü Havzasına düşmektedir. Göle en fazla su gönderen havza Kotum-Gevaş Havzasıdır. Bunu Bendimahi, Zilan-Surfesor ve Zilan havzaları takip etmektedir. En az akım yine Zilan-Deliçay havzasındandır. Akım katsayısı incelendiğinde, Gevaş Havzasında yağıştan çok akış meydana geldi görülmektedir. Bunun dışında en verimli havza Uzuntekne Havzası olarak görülürken, en az verimin olduğu havza Surfesor Havzasıdır. Potansiyel buharlaşmanın en fazla olduğu havza bu ayda Engil Havzasıdır. Bu ay meydana gelen yağışın bir kısmı buharlaşmakta, bir kısmı ise akışa geçmektedir. Gelecek aya aktarılan su bu ayda Gevaş Havzası haricinde tüm havzalarda mevcuttur. Kasım ayında havzadaki muhtemel gerçek buharlaşma (su kaybı) en fazla Engil Havzasında meydana gelirken, en az su kaybı Bendimahi-Deliçay ve Engil-Gevaş, Zilan-Deliçay ve Uzuntekne havzalarında olmuştur.

	Yağış *	Akım *	Katsayı	P. Buh.	K. Buh	Ö. Aydan	S. Aya
Engil Nehri	129,24	7,57	17,08	24,04	24,04	0,00	97,63
Erçek Gölü	89,80	4,05	22,17	7,13	7,13	0,00	78,62
Karasu Nehri	118,02	5,87	20,10	4,25	4,25	0,00	107,89
Deliçay	43,63	7,89	5,53	3,03	3,03	0,00	32,72
Zilan Deresi	88,13	14,66	6,01	12,70	12,70	0,00	60,77
Bendimahi Nehri	137,53	26,92	5,11	4,08	4,08	0,00	106,53
Surfesor Deresi	63,69	1,02	62,70	4,34	4,34	0,00	58,33
Kotum Çayı	18,35	3,10	5,91	0,35	0,35	0,00	14,89

Gevaş Deresi	6,87	8,34	0,82	0,73	-1,47	0,00	0,00
Uzuntekne	13,05	12,14	1,08	0,67	0,67	0,00	0,24
Göllü	6,83	1,67	4,10	1,25	1,25	0,00	3,92
Zilan-Surfesör	94,05	14,55	6,46	18,92	18,92	0,00	60,58
Karasu-Bendimahi	22,60	3,20	7,06	4,04	4,04	0,00	15,36
Erçek-Karasu-Engil	32,24	2,61	12,36	6,77	6,77	0,00	22,87
Zilan-Deliçay	0,67	0,21	3,26	0,18	0,18	0,00	0,29
Bendimahi-Deliçay	10,37	2,59	4,01	0,84	0,84	0,00	6,94
Engil-Gevaş	3,41	0,30	11,23	0,81	0,81	0,00	2,29
Kotum-Gevaş	60,18	29,44	2,04	7,16	7,16	0,00	23,59
Kotum-Surfesör	38,42	1,36	28,32	2,62	2,62	0,00	34,44

Tablo 13: Kasım ayı bütçe elamanları

Aralık Ayı

Aralık ayında en fazla yağış düşen havza yine Bendimahi Havzasıdır. Bu havzayı Engil ve Karasu havzaları takip eder. En az yağış ise yine Zilan-Deliçay ve Engil-Gevaş havzaları ile Göllü ve Gevaş havzalarına düşmektedir. Göle en fazla su gönderen havza Kotum-Gevaş Havzasıdır. Bunu Bendimahi, Zilan-Surfesör ve Zilan havzaları takip etmektedir. En az akım Zilan-Deliçay ve Engil-Gevaş havzasındandır. Akım katsayısı incelendiğinde, Gevaş Havzasında yağıştan çok akış olduğu görülmektedir. Bunun dışında en verimli havza Uzuntekne Havzası olarak görülürken, en az verimin olduğu havza Surfesör Havzasıdır. Havzada bu ay buharlaşma ile ilgili ölçüm yapılmadığından bu konu ile ilgili bilgiler “0” alınmıştır. Bu ay meydana gelen yağışın bir kısmı muhtemelen buharlaşmakta, bir kısmı ise akışa geçmektedir. Gelecek aya aktarılan su bu ayda oldukça fazladır. Sadece Gevaş Havzasında gelecek aya su aktarılmaz. Gelecek aya aktarılan suyun bir kısmı muhtemelen kar şeklinde düşmekte ve yerde kalmaktadır.

	Yağış *	Akım *	Katsayı	P. Buh.	K. Buh	Ö. Aydan	S. Aya
Engil Nehri	215,16	6,29	34,18	0,00	0,00	97,63	208,87
Erçek Gölü	159,00	3,75	42,45	0,00	0,00	78,62	155,25
Karasu Nehri	212,55	6,32	33,66	0,00	0,00	107,89	206,24
Deliçay	68,65	7,51	9,14	0,00	0,00	32,72	61,15
Zilan Deresi	133,04	14,97	8,89	0,00	0,00	60,77	118,07
Bendimahi Nehri	221,78	29,18	7,60	0,00	0,00	106,53	192,60
Surfesör Deresi	113,57	1,90	59,80	0,00	0,00	58,33	111,67
Kotum Çayı	31,18	3,00	10,39	0,00	0,00	14,89	28,18

Gevaş Deresi	6,62	8,61	0,77	0,00	-2,00	0,00	0,00
Uzuntekne	13,21	12,54	1,05	0,00	0,00	0,24	0,67
Göllü	8,75	1,61	5,43	0,00	0,00	3,92	7,13
Zilan-Surfesor	123,78	15,21	8,14	0,00	0,00	60,58	108,58
Karasu-Bendimahi	33,38	3,46	9,64	0,00	0,00	15,36	29,92
Erçek-Karasu-Engil	49,17	2,40	20,48	0,00	0,00	22,87	46,77
Zilan-Deliçay	0,83	0,21	3,97	0,00	0,00	0,29	0,62
Bendimahi-Deliçay	15,75	2,78	5,66	0,00	0,00	6,94	12,97
Engil-Gevaş	5,44	0,25	21,44	0,00	0,00	2,29	5,19
Kotum-Gevaş	76,36	29,71	2,57	0,00	0,00	23,59	46,65
Kotum-Surfesor	67,38	1,97	34,27	0,00	0,00	34,44	65,41

Tablo 14: Aralık ayı bütçe elamanları

Ocak Ayı

Ekim ayında en fazla yağış düşen havza yine Bendimahi havzasıdır. Bu havzayı yine Karasu ve Engil havzaları takip eder. En az yağış ise yine Zilan-Deliçay ve Engil-Gevaş havzaları ile Gevaş Havzasına düşmektedir. Göle en fazla su gönderen havza Kotum-Gevaş havzasıdır. Bunu yine Bendimahi, Zilan-surfesor ve Zilan havzaları takip etmektedir. En az akım Zilan-Deliçay ve Engil-Gevaş havzasındadır. Akım katsayısı incelendiğinde, Gevaş Havzasında yağıştan çok akım olduğu görülür. Bunun dışında en verimli havza Uzuntekne Havzası olarak görülürken, en az verimin olduğu havza Erçek Havzasıdır. Havzada bu ay buharlaşma ile ilgili ölçüm yapılmadığından bu konu ile ilgili bilgiler "0" alınmıştır. Bu ay meydana gelen yağışın bir kısmı muhtemelen buharlaşmakta, bir kısmı ise akışa geçmektedir. Gelecek aya aktarılan su bu ayda oldukça fazladır. Sadece Gevaş Havzasında gelecek aya su aktarılmaz. Gelecek aya aktarılan suyun bir kısmı muhtemelen kar şeklinde düşmekte ve yerde kalmaktadır.

	Yağış *	Akım *	Katsayı	P. Buh.	K. Buh	Ö. Aydan	S. Aya
Engil Nehri	297,60	5,35	55,67	0,00	0,00	208,87	292,25
Erçek Gölü	229,04	3,53	64,97	0,00	0,00	155,25	225,51
Karasu Nehri	306,91	6,35	48,33	0,00	0,00	206,24	300,56
Deliçay	94,89	7,85	12,08	0,00	0,00	61,15	87,04
Zilan Deresi	181,77	14,67	12,39	0,00	0,00	118,07	167,10
Bendimahi Nehri	307,80	25,26	12,19	0,00	0,00	192,60	282,54

Surfesor Deresi	159,99	3,70	43,26	0,00	0,00	111,67	156,29
Kotum Çayı	42,38	2,96	14,32	0,00	0,00	28,18	39,42
Gevaş Deresi	5,46	8,01	0,68	0,00	-2,55	0,00	0,00
Uzuntekne	11,97	11,66	1,03	0,00	0,00	0,67	0,31
Göllü	10,74	1,59	6,76	0,00	0,00	7,13	9,15
Zilan-Surfesor	160,91	15,64	10,29	0,00	0,00	108,58	145,27
Karasu-Bendimahi	44,91	3,08	14,56	0,00	0,00	29,92	41,83
Erçek-Karasu-Engil	66,20	2,20	30,11	0,00	0,00	46,77	64,00
Zilan-Deliçay	1,07	0,21	5,17	0,00	0,00	0,62	0,86
Bendimahi-Deliçay	21,02	2,43	8,63	0,00	0,00	12,97	18,58
Engil-Gevaş	7,60	0,22	35,12	0,00	0,00	5,19	7,38
Kotum-Gevaş	90,19	28,20	3,20	0,00	0,00	46,65	61,98
Kotum-Surfesor	94,04	3,24	29,01	0,00	0,00	65,41	90,79

Tablo 15: Ocak ayı bütçe elamanları

Şubat Ayı

Şubat ayında en fazla yağış düşen havza Engil Havzasıdır. Bu havzayı Karasu ve Bendimahi havzaları takip eder. En az yağış ise yine Zilan-Deliçay ve Engil-Gevaş havzaları ile Göllü Havzasına düşmektedir. Göle en fazla su gönderen havza Kotum-Gevaş havzasıdır. Bunu Bendimahi, Zilan-surfesor ve Zilan havzaları takip etmektedir. En az akım Zilan-Deliçay havzasındadır. Akım katsayısı incelendiğinde, Gevaş Havzasında yağıştan çok akış olduğu görülmüştür. Bunun dışında en verimli havza Uzuntekne Havzası olarak görülürken, en az verimin olduğu havza Erçek Havzasıdır. Havzada bu ay buharlaşma ile ilgili ölçüm yapılmadığından bu konu ile ilgili bilgiler “0” alınmıştır. Bu ay meydana gelen yağışın bir kısmı muhtemelen buharlaşmakta, bir kısmı ise akışa geçmektedir. Gelecek aya aktarılan su bu ayda oldukça fazladır. Sadece Gevaş Havzasında gelecek aya su aktarılmaz.

	Yağış *	Akım *	Katsayı	P. Buh.	K. Buh	Ö. Aydan	S. Aya
Engil Nehri	403,59	4,97	81,27	0,00	0,00	292,25	398,62
Erçek Gölü	299,52	3,21	93,24	0,00	0,00	225,51	296,31
Karasu Nehri	400,95	6,08	65,97	0,00	0,00	300,56	394,87
Deliçay	123,90	7,31	16,94	0,00	0,00	87,04	116,58
Zilan Deresi	242,57	12,46	19,46	0,00	0,00	167,10	230,10

Bendimahi Nehri	400,31	21,48	18,63	0,00	0,00	282,54	378,83
Surfesor Deresi	216,37	4,69	46,12	0,00	0,00	156,29	211,68
Kotum ayı	57,84	2,81	20,59	0,00	0,00	39,42	55,03
Gevaş Deresi	6,40	7,12	0,90	0,00	-0,72	0,00	0,00
Uzuntekne	13,54	10,37	1,31	0,00	0,00	0,31	3,17
Göllü	14,50	1,51	9,61	0,00	0,00	9,15	12,99
Zilan-Surfesor	206,36	13,90	14,84	0,00	0,00	145,27	192,45
Karasu-Bendimahi	57,61	2,69	21,42	0,00	0,00	41,83	54,92
Erçek-Karasu-Engil	84,43	2,07	40,77	0,00	0,00	64,00	82,36
Zilan-Deliçay	1,39	0,18	7,75	0,00	0,00	0,86	1,21
Bendimahi-Deliçay	26,99	2,08	12,96	0,00	0,00	18,58	24,90
Engil-Gevaş	10,21	0,20	50,89	0,00	0,00	7,38	10,01
Kotum-Gevaş	116,80	25,70	4,55	0,00	0,00	61,98	91,11
Kotum-Surfesor	128,05	3,92	32,67	0,00	0,00	90,79	124,13

Tablo 16: Şubat ayı bütçe elamanları

Mart Ayı

Mart ayında en fazla yağış düşen havza Engil Havzasıdır. Bu havzayı Karasu ve Bendimahi havzaları takip eder. En az yağış ise yine Zilan-Deliçay ve Engil-Gevaş havzaları ile Göllü havzasına düşmektedir. Mart ayında göle en fazla su gönderen havza Kotum-Gevaş havzasıdır. Bunu Bendimahi, Zilan-surfesor ve Zilan havzaları takip etmektedir. En az akım Zilan-Deliçay havzasındandır. Akım katsayısı incelendiğinde, yağıştan çok akım olduğu görülmekte, bununda sadece Kotum havzasında meydana geldiği anlaşılmaktadır. Bunun dışında en verimli havza Uzuntekne Havzası olarak görülürken, en az verimin olduğu havza Surfesor Havzasıdır. Havzada bu ay buharlaşma ile ilgili ölçüm yapılmadığından bu konu ile ilgili bilgiler “0” alınmıştır. Bu ay meydana gelen yağışın bir kısmı muhtemelen buharlaşmakta, bir kısmı ise akışa geçmektedir. Gelecek aya aktarılan su bu ayda oldukça fazladır. Sadece Gevaş havzasında gelecek aya su aktarılmaz.

	Yağış *	Akım *	Katsayı	P. Buh.	K. Buh.	Ö. Aydan	S. Aya
Engil Nehri	535,48	11,32	47,30	0,00	0,00	398,62	524,16
Erçek Gölü	378,43	10,36	36,54	0,00	0,00	296,31	368,07
Karasu Nehri	504,94	16,85	29,96	0,00	0,00	394,87	488,09
Deliçay	156,41	10,74	14,56	0,00	0,00	116,58	145,66

Zilan Deresi	317,86	18,95	16,77	0,00	0,00	230,10	298,91
Bendimahi Nehri	497,26	30,77	16,16	0,00	0,00	378,83	466,49
Surfesor Deresi	277,69	4,60	60,39	0,00	0,00	211,68	273,09
Kotum Çayı	73,51	5,18	14,19	0,00	0,00	55,03	68,33
Gevaş Deresi	7,07	8,54	0,83	0,00	-1,46	0,00	0,00
Uzuntekne	16,27	12,43	1,31	0,00	0,00	3,17	3,84
Göllü	18,47	2,78	6,64	0,00	0,00	12,99	15,68
Zilan-Surfesor	275,98	20,13	13,71	0,00	0,00	192,45	255,85
Karasu-Bendimahi	75,22	4,65	16,17	0,00	0,00	54,92	70,57
Erçek-Karasu-Engil	111,70	5,21	21,43	0,00	0,00	82,36	106,49
Zilan-Deliçay	1,90	0,27	7,01	0,00	0,00	1,21	1,63
Bendimahi-Deliçay	34,51	2,99	11,55	0,00	0,00	24,90	31,52
Engil-Gevaş	13,62	0,45	30,27	0,00	0,00	10,01	13,17
Kotum-Gevaş	147,57	37,00	3,99	0,00	0,00	91,11	110,57
Kotum-Surfesor	164,78	4,34	38,01	0,00	0,00	124,13	160,45

Tablo 17: Mart ayı bütçe elamanları

Nisan Ayı

Nisan ayında en fazla yağış düşen havza Engil Havzasıdır. Bu havzayı Bendimahi ve Karasu havzaları takip eder. En az yağış ise yine Zilan-Deliçay ve Engil-Gevaş havzaları ile Göllü Havzasına düşmektedir. Göle en fazla su gönderen havza Bendimahi havzasıdır. Bunu Kotum-Gevaş, Zilan-surfesor ve Zilan havzaları takip etmektedir. En az akım Zilan-Deliçay havzasındadır. Akım katsayısı incelendiğinde, bazı havzalarda yağıştan çok akım olduğu görülmektedir. Bu daha önceki aydan bu aya sarkmış suların akışa geçmesiyle oluşmuştur. Bu havzalar Gevaş ve Uzunteknedir. Bunun dışında en verimli havza Zilan-Deliçay havzası olarak görülürken, en az verimin olduğu havza Erçek Havzasıdır. Havzada bu ay buharlaşma ile ilgili ölçüm yapılmadığından bu konu ile ilgili bilgiler “0” alınmıştır. Bu ay meydana gelen yağışın bir kısmı muhtemelen buharlaşmakta, bir kısmı ise akışa geçmektedir. Gelecek aya aktarılan su bu ayda oldukça fazladır. Sadece Gevaş ve Uzuntekne havzalarında gelecek aya su aktarılmaz. Nisan ayında sonraki aya aktarılan su miktarı en fazla Engil Havzasındadır. Bu havzayı Karasu ve Bendimahi havzaları takip etmektedir.

	Yağış *	Akım *	Katsayı	P. Buh.	K. Buh	Ö. Aydan	S. Aya
Engil Nehri	696,88	32,38	21,52	0,00	0,00	524,16	664,50
Erçek Gölü	471,74	12,58	37,50	0,00	0,00	368,07	459,16
Karasu Nehri	622,06	54,45	11,42	0,00	0,00	488,09	567,60

Deliaay	195,26	59,01	3,31	0,00	0,00	145,66	136,25
Zilan Deresi	408,40	72,03	5,67	0,00	0,00	298,91	336,37
Bendimahi Nehri	616,95	96,26	6,41	0,00	0,00	466,49	520,69
Surfesor Deresi	350,02	27,57	12,70	0,00	0,00	273,09	322,45
Kotum aay	87,93	15,71	5,60	0,00	0,00	68,33	72,22
Gevaş Deresi	7,78	13,00	0,60	0,00	-5,22	0,00	0,00
Uzuntekne	17,70	18,92	0,94	0,00	-1,23	3,84	0,00
Göllü	22,63	8,44	2,68	0,00	0,00	15,68	14,19
Zilan-Surfesor	355,51	80,55	4,41	0,00	0,00	255,85	274,97
Karasu-Bendimahi	95,04	14,72	6,46	0,00	0,00	70,57	80,32
Erçek-Karasu-Engil	142,77	15,85	9,01	0,00	0,00	106,49	126,92
Zilan-Deliaay	2,47	1,13	2,19	0,00	0,00	1,63	1,34
Bendimahi-Deliaay	43,05	9,84	4,38	0,00	0,00	31,52	33,21
Engil-Gevaş	17,41	1,28	13,64	0,00	0,00	13,17	16,13
Kotum-Gevaş	173,83	83,13	2,09	0,00	0,00	110,57	90,71
Kotum-Surfesor	206,39	22,87	9,02	0,00	0,00	160,45	183,51

Tablo 18: Nisan ayı bütçe elamanları

Mayıs Ayı

Mayıs ayında en fazla yağış düşen Engil havzasıdır. Bu havzayı Bendimahi ve Karasu havzaları takip eder. En az yağış ise yine Zilan-Deliaay ve Engil-Gevaş havzaları ile Göllü havzasına düşmektedir. Göle en fazla su gönderen havza Zilan-Surfesor havzasıdır. Bunu Zilan, Deliaay ve Kotum-Gevaş havzaları takip etmektedir. En az akım Engil-Gevaş havzasındandır. Akım katsayısı incelendiğinde, Gevaş ve Uzuntekne havzasında hesaplanan yağıştan fazla akım olduğu görülmektedir. Bunun dışında en verimli havza Kotum-Gevaş havzası olarak görülürken, en az verimin olduğu havza Erçek havzasıdır. Potansiyel buharlaşmanın en fazla olduğu havza bu ayda yine Engil Havzasıdır. Bu ay meydana gelen yağışın bir kısmı buharlaşmakta, bir kısmı ise akışa geçmekte, bir kısmı ise depolanarak sonraki aya aktarılmaktadır. Gelecek aya aktarılan su bu ayda sadece Gevaş, Uzuntekne ve Göllü ile Zilan-Deliaay havzasında yoktur. Ekim ayında havzadaki muhtemel gerçek buharlaşma (su kaybı) en fazla Engil havzasında meydana gelirken, en az su kaybı Kotum-Gevaş ve Göllü havzalarında olmuştur. Ayrıca, Gevaş, Uzuntekne ve Zilan-Deliaay havzalarında geçen aydan kalan sular akışa geçmiştir.

	Yağış *	Akım *	Katsayı	P. Buh.	K. Buh	Ö. Aydan	S. Aya
Engil Nehri	808,06	45,19	17,88	270,55	270,55	664,50	492,32
Erçek Gölü	566,28	5,29	107,09	136,41	136,41	459,16	424,58
Karasu Nehri	700,48	32,25	21,72	159,27	159,27	567,60	508,97
Deliçay	184,01	90,88	2,02	43,34	43,34	136,25	49,79
Zilan Deresi	442,11	172,80	2,56	89,33	89,33	336,37	179,97
Bendimahi Nehri	673,54	83,06	8,11	177,08	177,08	520,69	413,40
Surfesor Deresi	389,88	22,94	16,99	76,69	76,69	322,45	290,25
Kotum Çayı	87,38	27,17	3,22	11,53	11,53	72,22	48,69
Gevaş Deresi	6,81	21,32	0,32	7,34	-14,52	0,00	0,00
Uzuntekne	11,76	31,05	0,38	10,43	-19,28	0,00	0,00
Göllü	19,55	14,59	1,34	6,66	4,95	14,19	0,00
Zilan-Surfesor	374,29	175,90	2,13	124,92	124,92	274,97	73,46
Karasu-Bendimahi	102,78	11,26	9,13	32,66	32,66	80,32	58,86
Erçek-Karasu-Engil	160,65	15,05	10,67	64,55	64,55	126,92	81,05
Zilan-Deliçay	2,08	2,43	0,86	1,09	-0,35	1,34	0,00
Bendimahi-Deliçay	43,11	9,25	4,66	11,85	11,85	33,21	22,01
Engil-Gevaş	19,80	1,78	11,10	5,93	5,93	16,13	12,09
Kotum-Gevaş	143,65	141,14	1,02	56,66	2,51	90,71	0,00
Kotum-Surfesor	219,97	21,90	10,04	40,33	40,33	183,51	157,73

Tablo 19: Mayıs ayı bütçe elamanları

Haziran Ayı

Haziran ayında en fazla yağış düşen havza Karasu havzasıdır. Bu havzayı Engil, Bendimahi ve Erçek havzaları takip eder. En az yağış ise yine Engil-Gevaş ve Göllü havzaları ile Zilan-Deliçay havzasına düşmektedir. Göle en fazla su gönderen havza Kotum-Gevaş havzasıdır. Bunu Zilan, Zilan-Surfesor ve Deliçay havzaları takip etmektedir. En az akım Engil-Gevaş havzasındadır.

Akım katsayısı incelendiğinde, bazı havzalarda yine yağıştan çok akım olduğu görülmektedir. Bu daha önceki aydan bu aya sarkmış suların akışa geçmesiyle oluşmuştur. Bunun dışında en verimli havza Deliçay Havzası olarak görülürken, en az verimin olduğu havza Surfesor Havzasıdır. Potansiyel buharlaşmanın en fazla olduğu havza bu ayda yine Engil Havzasıdır. Bu ay meydana gelen yağışın bir kısmı buharlaşmakta, bir kısmı ise akışa geçmekte, bir kısmı gelecek aya sarkmaktadır. Bu ay önceki aydan da su kullanılmıştır. Gelecek aya aktarılan su bu ayda Engil, Erçek, Karasu, Bendimahi, Surfesor, Kotum, Karasu-Bendimahi,

Bendimahi-Deliçay ve Engil-Gevaş havzalarında vardır. Ekim ayında havzadaki muhtemel gerçek buharlaşma (su kaybı) en fazla Engil Havzasında meydana gelirken, en az su kaybı Bendimahi-Deliçay ve Engil-Gevaş havzalarında olmuştur. Ayrıca Gevaş, Uzuntekne, Göllü, Zilan-Deliçay ve Zilan-Surfesor havzalarında önceki aydan aktarılan sulardan buharlaşma meydana gelmiştir.

	Yağış *	Akım *	Katsayı	P. Buh.	K. Buh	Ö. Aydan	S. Aya
Engil Nehri	553,72	24,78	22,34	459,85	459,85	492,32	69,08
Erçek Gölü	484,33	7,04	68,83	286,25	286,25	424,58	191,05
Karasu Nehri	581,06	10,03	57,96	313,99	313,99	508,97	257,04
Deliçay	77,42	48,69	1,59	72,58	28,73	49,79	0,00
Zilan Deresi	235,29	123,25	1,91	148,55	112,03	179,97	0,00
Bendimahi Nehri	512,18	33,88	15,12	315,34	315,34	413,40	162,95
Surfesor Deresi	317,40	4,60	69,08	116,41	116,41	290,25	196,40
Kotum Çayı	53,47	22,16	2,41	20,09	20,09	48,69	11,22
Gevaş Deresi	2,39	21,81	0,11	12,29	-19,42	0,00	0,00
Uzuntekne	3,86	31,76	0,12	18,03	-27,89	0,00	0,00
Göllü	1,77	11,90	0,15	11,33	-10,14	0,00	0,00
Zilan-Surfesor	113,18	120,75	0,94	192,18	-7,56	73,46	0,00
Karasu-Bendimahi	69,88	4,28	16,31	50,36	50,36	58,86	15,23
Erçek-Karasu-Engil	96,28	7,04	13,67	101,00	89,24	81,05	0,00
Zilan-Deliçay	0,31	1,64	0,19	1,60	-1,33	0,00	0,00
Bendimahi-Deliçay	27,20	4,00	6,80	18,18	18,18	22,01	5,02
Engil-Gevaş	13,40	0,99	13,56	9,63	9,63	12,09	2,77
Kotum-Gevaş	17,79	125,08	0,14	95,16	-107,28	0,00	0,00
Kotum-Surfesor	170,39	7,79	21,87	63,54	63,54	157,73	99,06

Tablo 20: Haziran ayı bütçe elamanları

Temmuz Ayı

Temmuz ayında en fazla yağış düşen havza Karasu Havzasıdır.. Bu havzayı Erçek ve Surfesor havzaları takip eder.. En az yağış ise yine Zilan-Deliçay ve Engil-Gevaş havzaları ile Göllü Havzasına düşmektedir. Göle en fazla su gönderen havza Zilan havzasıdır. Bunu Zilan-Surfesor, Uzuntekne ve Bendimahi havzaları takip etmektedir. En az akım Zilan-Deliçay havzasındandır. Akım katsayısı incelendiğinde, bazı havzalarda yağıştan çok akım olduğu görülmektedir. Bu daha önceki aydan bu aya sarkmış suların akışa geçmesiyle oluşmuştur. Bunun dışında en verimli havza Erçek-Karasu-Engil havzası olarak görülürken, en az verimin olduğu havza Surfesor Havzasıdır. Potansiyel buharlaşmanın en fazla olduğu havza bu ayda Engil Havzasıdır. Bu ay meydana gelen yağışın bir kısmı buharlaşmakta, bir kısmı ise akışa

geçmekte bir kısmı ise sonraki aya devretmektedir. Gelecek aya aktarılan su azdır. Sadece Kotum-Surfesor ve Surfesor havzalarında vardır. Ekim ayında havzadaki muhtemel gerçek buharlaşma (su kaybı) en fazla Karasu havzasında meydana gelirken, en az su kaybı Erçek-Karasu-Engil havzasında olmuştur. Ayrıca, Kotum, Gevaş, Uzuntekne, Göllü, Zilan-Deliçay ve Kotum-Gevaş havzalarında önceki aydan aktarılan sulardan buharlaşma meydana gelmiştir.

	Yağış *	Akım *	Katsayı	P. Buh.	K. Buh	Ö. Aydan	S. Aya
Engil Nehri	92,08	13,41	6,87	594,76	78,68	69,08	0,00
Erçek Gölü	214,23	6,83	31,36	408,67	207,39	191,05	0,00
Karasu Nehri	287,93	5,75	50,10	442,36	282,18	257,04	0,00
Deliçay	11,07	20,97	0,53	99,86	-9,90	0,00	0,00
Zilan Deresi	21,16	44,44	0,48	202,85	-23,29	0,00	0,00
Bendimahi Nehri	206,14	21,36	9,65	435,03	184,78	162,95	0,00
Surfesor Deresi	204,07	1,55	131,71	156,63	156,63	196,40	45,89
Kotum Çayı	12,37	9,99	1,24	25,70	2,38	11,22	0,00
Gevaş Deresi	0,82	16,16	0,05	15,86	-15,34	0,00	0,00
Uzuntekne	1,30	23,53	0,06	23,51	-22,23	0,00	0,00
Göllü	0,22	5,37	0,04	15,58	-5,15	0,00	0,00
Zilan-Surfesor	10,90	43,50	0,25	260,67	-32,59	0,00	0,00
Karasu-Bendimahi	19,07	2,64	7,21	69,07	16,42	15,23	0,00
Erçek-Karasu-Engil	4,14	3,87	1,07	135,14	0,26	0,00	0,00
Zilan-Deliçay	0,11	0,61	0,17	2,14	-0,50	0,00	0,00
Bendimahi-Deliçay	7,36	2,33	3,15	24,74	5,02	5,02	0,00
Engil-Gevaş	3,19	0,54	5,92	12,33	2,65	2,77	0,00
Kotum-Gevaş	4,63	70,68	0,07	125,20	-66,05	0,00	0,00
Kotum-Surfesor	102,32	3,14	32,60	83,97	83,97	99,06	15,21

Tablo 21: Temmuz ayı bütçe elamanları

Ağustos Ayı

Ağustos ayında en fazla yağış düşen havza Bendimahi Havzasıdır. Bu havzayı Karasu ve Surfesor havzaları takip eder. En az yağış ise yine Zilan-Deliçay ve Engil-Gevaş havzaları ile Göllü havzasına düşmektedir. Göle en fazla su gönderen havza Kotum-Gevaş havzasıdır. Bunu Bendimahi, Zilan-surfesor ve Zilan havzaları takip etmektedir. En az akım Zilan-Deliçay havzasındandır. Akım katsayısı incelendiğinde, bazı havzalarda yağıştan çok akım olduğu görülmektedir. Bu muhtemelen daha önceki aydan bu aya sarkmış suların akışa geçmesiyle oluşmuştur. Bunun dışında en verimli havza Engil-Gevaş havzası olarak görülürken, en az

verimin olduğu havza Surfesor Havzasıdır. Potansiyel buharlaşmanın en fazla olduğu havza bu ayda Engil havzasıdır. Bu ay meydana gelen yağışın bir kısmı buharlaşmakta, bir kısmı ise akışa geçmektedir. Gelecek aya aktarılan su bu ayda yoktur. Ağustos ayında havzadaki muhtemel gerçek buharlaşma (su kaybı) en fazla Surfesor Havzasında meydana gelirken, en az su kaybı Karsu-Bendimahi ve Engil-Gevaş havzalarında olmuştur. Ayrıca, Kotum, Gevaş, Uzuntekne, Gll, Zilan-Deliçay ve Kotum-Gevaş havzalarında önceki aydan aktarılan sulardan buharlaşma meydana gelmiştir.

	Yağış *	Akım *	Katsayı	P. Buh.	K. Buh	. Aydan	S. Aya
Engil Nehri	17,19	8,23	2,09	585,82	8,96	0,00	0,00
Erçek Gölü	16,46	3,30	4,98	389,44	13,16	0,00	0,00
Karsu Nehri	20,91	3,62	5,78	419,64	17,29	0,00	0,00
Deliçay	8,35	9,84	0,85	96,93	-1,49	0,00	0,00
Zilan Deresi	14,96	21,20	0,71	196,71	-6,24	0,00	0,00
Bendimahi Nehri	30,92	21,70	1,42	426,35	9,21	0,00	0,00
Surfesor Deresi	50,79	1,55	32,78	150,64	49,24	45,89	0,00
Kotum ayı	1,00	4,89	0,20	24,60	-3,89	0,00	0,00
Gevaş Deresi	0,86	16,28	0,05	15,21	-15,42	0,00	0,00
Uzuntekne	1,33	23,70	0,06	22,63	-22,37	0,00	0,00
Gll	0,40	2,63	0,15	15,52	-2,23	0,00	0,00
Zilan-Surfesor	9,67	21,08	0,46	247,21	-11,41	0,00	0,00
Karsu-Bendimahi	3,08	2,47	1,25	65,18	0,61	0,00	0,00
Erçek-Karsu-Engil	3,58	2,39	1,50	129,80	1,19	0,00	0,00
Zilan-Deliçay	0,08	0,29	0,28	1,99	-0,21	0,00	0,00
Bendimahi-Deliçay	1,67	2,15	0,77	23,08	-0,49	0,00	0,00
Engil-Gevaş	0,43	0,34	1,27	11,82	0,09	0,00	0,00
Kotum-Gevaş	5,30	53,49	0,10	121,39	-48,19	0,00	0,00
Kotum-Surfesor	17,45	2,10	8,30	80,09	15,35	15,21	0,00

Tablo 22: Ağustos ayı bütçe elamanları

Eylül Ayı

Eylül ayında en fazla yağış düşen havza Kotum-Surfesor havzasıdır. Bendimahi ve Karsu havzaları takip eder. En az yağış ise yine Zilan-Deliçay ve Engil-Gevaş havzaları ile Gll Havzasına düşmektedir. Göle en fazla su gönderen havza Kotum-Gevaş havzasıdır. Bunu Uzuntekne, Bendimahi ve Zilan havzası takip etmektedir. En az akım Zilan-Deliçay havzasındandır. Akım katsayısı incelendiğinde, en verimli havza Zilan-Surfesor havzası olarak görülürken, en az verimin olduğu havza Erçek Havzasıdır. Potansiyel buharlaşmanın en fazla

olduğu havza bu ayda Bendimahi Havzasıdır. Bu ay meydana gelen yağışın bir kısmı buharlaşmakta, bir kısmı ise akışa geçmektedir. Gelecek aya aktarılan su bu ayda yoktur. Eylül ayında havzadaki muhtemel gerçek buharlaşma (su kaybı) en fazla Karasu havzasında meydana gelirken, en az su kaybı Bendimahi-Deliçay ve Engil-Gevaş havzalarında olmuştur. Ayrıca, Kotum, Gevaş, Uzuntekne, Göllü, Zilan-Deliçay ve Kotum-Gevaş havzalarında önceki aydan aktarılan suların buharlaşma meydana gelmiştir.

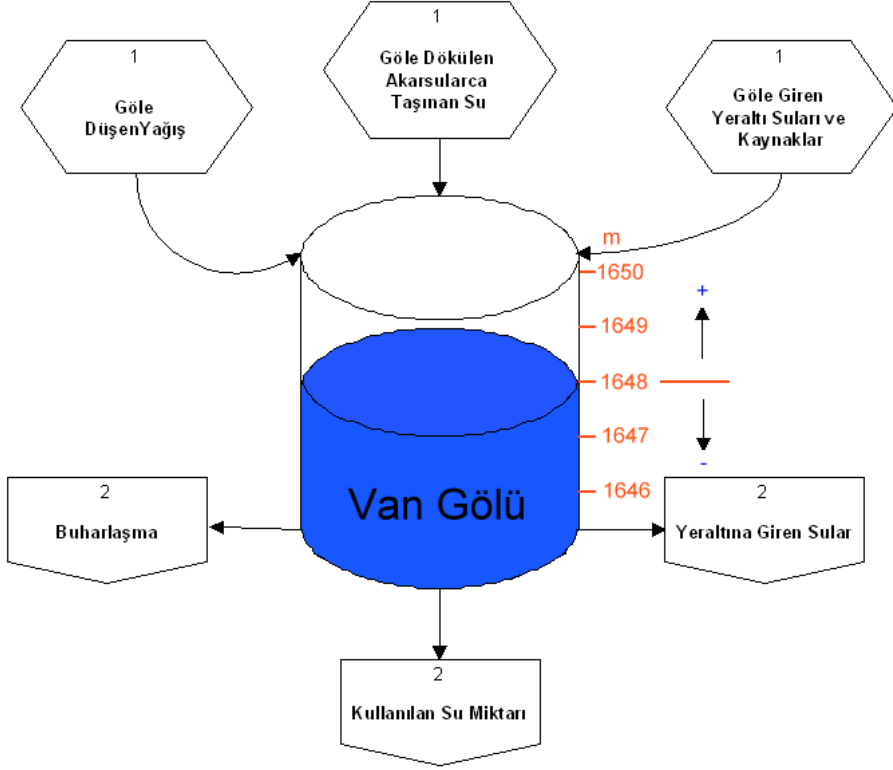
	Yağış *	Akım *	Katsayı	P. Buh.	K. Buh	Ö. Aydan	S. Aya
Engil Nehri	22,73	6,63	3,43	420,26	16,10	0,00	0,00
Erçek Gölü	20,91	2,35	8,91	266,58	18,56	0,00	0,00
Karasu Nehri	26,60	3,30	8,07	282,05	23,31	0,00	0,00
Deliçay	11,37	6,26	1,82	61,63	5,11	0,00	0,00
Zilan Deresi	22,40	15,33	1,46	123,36	7,07	0,00	0,00
Bendimahi Nehri	36,85	19,26	1,91	287,19	17,60	0,00	0,00
Surfesor Deresi	9,72	1,02	9,57	101,66	8,71	0,00	0,00
Kotum Çayı	2,10	3,18	0,66	17,45	-1,08	0,00	0,00
Gevaş Deresi	1,16	14,47	0,08	11,01	-13,31	0,00	0,00
Uzuntekne	1,80	21,06	0,09	16,24	-19,27	0,00	0,00
Göllü	0,79	1,71	0,46	12,29	-0,92	0,00	0,00
Zilan-Surfesor	16,54	15,19	1,09	177,44	1,34	0,00	0,00
Karasu-Bendimahi	5,32	2,20	2,42	45,40	3,12	0,00	0,00
Erçek-Karasu-Engil	7,67	1,98	3,86	95,32	5,68	0,00	0,00
Zilan-Deliçay	0,16	0,21	0,77	1,22	-0,05	0,00	0,00
Bendimahi-Deliçay	2,43	1,86	1,30	15,01	0,57	0,00	0,00
Engil-Gevaş	0,65	0,27	2,38	8,60	0,38	0,00	0,00
Kotum-Gevaş	8,17	43,55	0,19	90,63	-35,38	0,00	0,00
Kotum-Surfesor	4,95	1,37	3,61	55,58	3,58	0,00	0,00

Tablo 23: Eylül ayı bütçe elamanları

Van Gölü Su Seviyesi

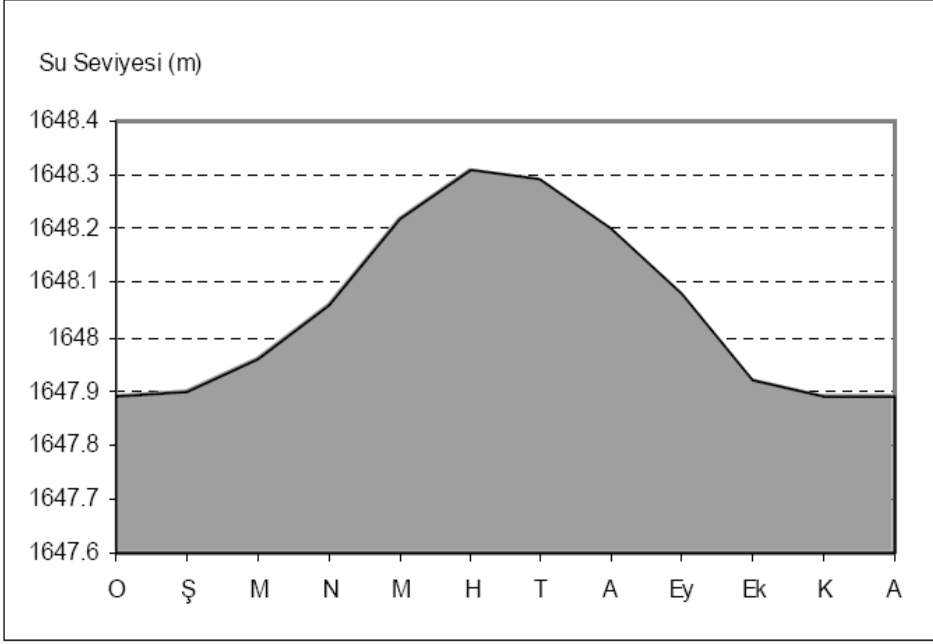
Van Gölü'ne ait gelen ve giden su şemasında bildiklerimiz ve bilmediğimiz konular mevcuttur. Bildiklerimiz içerisinde göle dökülen akarsuların akımları bulunmaktadır. Ayrıca göl yüzeyine düşen yağış da tahmin edilebilmektedir. Buna rağmen göl tabanından göle karışan kaynaklar ve su çıkışları hakkında bilgimiz mevcut değildir. Bazı kaptanlardan, göl tabanından çıkışların olduğuna dair sözler işitsek de bunlar hakkında ayrıntılı incelemelerin yapılması

gerekmektedir. Bu incelemelerin özellikle, Van Gölü güney kıyılarında ve Adilcevaz açıkları ile Muradiye açıklarında yapılması gerekmektedir. Çünkü bu alanların çevresinde karstik sahalar bulunmaktadır.



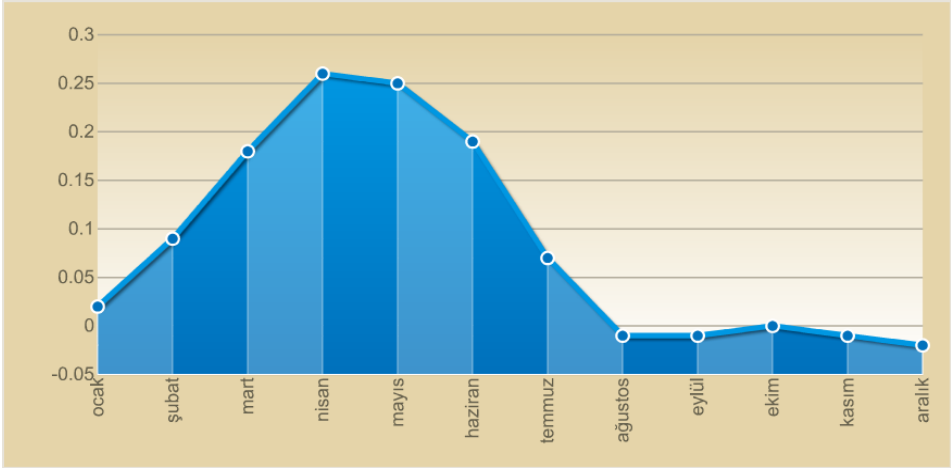
Şekil 7: Van Gölü bütçe elemanları

Van Gölünden kaybolan su miktarının hesap edilmesi de diğer önemli bir husustur. Sadece buharlaşma ile kaybolan su miktarını ölçümü için özel ekipmanlarla ölçüm yapılması gerekmektedir. Buharlaşma her yerde aynı olmadığı için bu işlemin birkaç yerde yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada ise buharlaşma miktarı ölçümü, meteoroloji istasyonlarından alınan verilerle modellenmiştir. Gölden kaybolan suyun bir kısmı da kullanılan su olabilmektedir. Belediyelerin aldıkları sular bunun içindedir. Fakat bunun toplamı oldukça azdır. Bunların dışında, Van Gölü tabanında düdenler yer alabilir. Bu konu hakkında da bilgi sahibi değiliz. Göl 1648 metreler civarındadır. Gölün en derin yeri 450 metredir. Yani tabanı 1050 metre ve üzerindedir. Gölün tabanında yer alan düdenler çok büyük galeri sistemleri ile Zap suyuna veya Dicle Havzasına akıyor olabilir. Bu konular hakkında bilgi mevcut değildir. Sadece göle düşen yağış ve akarsular tarafından göle taşınan suyun hesaplanan buharlaşma ile kaybolduğu düşünülerek yapılan göl su bütçesinde gölün gerçek seviyesine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Gölün gerçekte en yüksek seviyeye haziran ayında ulaşmaktadır. En düşük seviye ise aralık ayındadır. Yıllık toplam seviye oynaması 40 cm civarındadır (Şekil 8).



Şekil 8: Gölün yıl içerisindeki seviye değişim ortalaması

Bu çalışmada yapılan göl seviyesi hesabında gölün en yüksek olduğu seviye nisan ayındadır. Toplam yıllık değişim ise 30 cm civarındadır.



Şekil 9: Bu çalışmada hesap edilen yıllık göl seviyesi oynaması

Bu farklılığın ana nedeni kar erimeleri ile göle giren sulardır. Bu konu hakkında yeni çalışmalar yapılmalı kar-su eşdeğerlerine göre yeni hesaplamalar oluşturulmalıdır. Ayrıca göl güneyinde, Adilcevas civarındaki karstik sahalardan göle tabandan giren su miktarıyla ilgili de

çalışma yapılmalıdır. Tahminlerimize göre Çaldıran Ovası güneyindeki düdenlerden giren sular da göle ulaşmaktadır.

SONUÇ

Bir havzanın su bilançosunun belirlenmesi, bütçe elemanlarının doğruluğuna bağlıdır. Doğruluk oranını belirlemek çoğu zaman akım verileriyle mümkün olabilmekte, Van Gölü Havzasında doğruluk kontrolü ise göl seviye değişimleriyle yapılabilmektedir. Bu açıdan bütçe hesabı Van Gölü Havzası için daha kontrol edilebilir durumdadır. Su bilançosunun doğruluğu, kullanılan verilere ve kurulan modelin, havzayı yansıtır derecesine bağlıdır. Bu nedenle yapılan çalışmanın doğruluğu, kullanılan verinin büyüklüğu ve doğruluğu ile orantılıdır.

Van Gölü Havzası su bütçesi hesabında, yağış, sıcaklık, akım, buharlaşma verileri kullanılmış, bunların bir kısmı modellenerek oluşturulan verilerden meydana gelmiştir. Yağış miktarı, su bütçesi hesaplarında oldukça önemli bir elemandır. Buna rağmen havza içerisinde ve çevresindeki yağış istasyonları oldukça sınırlıdır. Yine bu verilerin modellenmesi için de istasyon yükselti farkı çok düşüktür. Havza güneyindeki yüksek dağlık alanlarda istasyon yokluğu, bu sahalardaki yağışın ancak literatüre bağlı modellerle oluşturulmasına neden olmuştur. Bu da havzaya düşen yağışın belirlenmesinde bir kısıtlılık olarak belirlemiştir.

Havzadaki akım istasyonlarındaki veriler, zamansal farklılıklar içermekte, bu nedenle incelenen dönem içerisinde tamamen yansıtan veriler elde edilememiş fakat kestirim ve yakınsamalarla veri üretimine gidilmiştir. Yine akım istasyonu azlığı, havza mansaplarında istasyon yokluğu, gerçek akım verilerinin oluşturulmasını zorlaştırmıştır.

Havza su bütçesi için bir diğer önemli öge buharlaşmadır. Bu da sıcaklık modeli ve buharlaşma modelleriyle elde edilmiştir. Bu açıdan havzada gerçeğe en yakın veriler buharlaşma verileridir. Fakat istasyonlarının azlığı bu verilerin doğruluğunu azaltmaktadır.

1975-2006 yılları arası için oluşturulan havza bütçe modeline göre, Van Gölünün seviyesi belirlenmeye çalışılmış, genel anlamda aylık seviye değişimi yakalanmıştır. Buna rağmen, gerçekte 40 cm olan seviye değişimi, oluşturulan modelde 25 cm olarak hesaplanmıştır. Özellikle kış ve baharda isabetli seviye değerleri elde edilse de yaz sonunda ve güz başındaki seviyelerde hata oranları yükselmiştir. Bunun birçok nedeni vardır. Bunlar arasında, kullanılan verilerin doğruluk oranları, yoğunluk miktarları ve göl havzasının jeomorfolojik özellikleri etkili olmuştur. Doğru olmayan ya da eksik yağış ve akım verileri hataların artmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, hesabı yapılan yüzey suları yanında havzada yer altı suları incelenememiştir. Saha çevresinde karstik alanlar bulunması, bu alanlarda sızan suların, göl tabanından çıkarak seviye değiştirmesi söz konusudur. Havza arazi çalışmalarında, güneyde Uzuntekne, Göllü Polyeleri, batıda, Süphan Dağı batısındaki Batmış Göl polyesi içerisinde düdenler belirlenmiştir. Ayrıca, Çaldıran Ovası'nda topografya haritasında belirlenen düdenler olduğu belirlenmiş, sahanın su ile kaplı olması nedeniyle bu düdenler belgelenememiştir. Fakat Çaldıran kuzeyinde, Tendürek lavları arasında görülen kireçtaşları, bu sahanın da örtülmüş bir karstik alan olabileceğini düşündürmektedir.

Havzada, Van, Eriş, Tatvan çevresinde nüfus artmakta, artan nüfusun su ihtiyacı da artmaktadır. Havzada alçak sahalarda tarım yapılmakta, sulamadan faydalanılmaktadır. Bu nedenle havzanın su bütçesi hesabı için gerekli iklim elemanları daha sık bir ağla takip edilmeli, havzadaki su bütçesi yıllık oluşturulmalı ve takip edilmelidir.

KAYNAKÇA

- Anonim. (1971). *Van Gölü Havzası Toprakları*. Ankara: Köy İşleri Bakanlığı Yayınları
- Batur, E. (1996). *Van Gölü'nün Su Bütçesi ve Havza İklimi*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul
- Falkenmark, M; Lundqvist, J.;Widstrand C. (1989). "Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches:Aspects of vulnerability in semi-arid development". *Natural Resources Forum* 13 (4): 258–267.
- Garipağaoğlu, N. (2012). Havza Planlamalarında Coğrafyanın Rolü ve Türkiye’de Havza Planlamacılığı. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(2), 303-336.
- Hoşgören, Y. (2013). *Hidrografyanın Ana Çizgileri I Yer içi Suları-Kaynaklar-Akarsular*. İstanbul: Çantay Kitapevi. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754#:~:text> (erişim tarihi, 09.12.2022)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change) (2007) *Climate Change 2007: Synthesis Report* Core Writing Team,Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Editör.) IPCC, Geneva, Switzerland.
- İpek, İ., & Sarı, M. (1998). Erçek Gölünün Batimetrik Özelliklerinin Belirlenmesi. In T. P. R. N. YDABÇAG-609-A (Ed.). Van
- İzbrak, R. (1977). *Sistemik Jeomorfoloji*. Ankara: Harita Genel Müdürlüğü Yayınları.
- MTA. (2005). 1:500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası-Van Paftası
- Yılmaz, E. (2006). *Çamlidere Berajı Havzasında Erozyon Problemi ve Risk Analizi*. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üni. , Ankara.

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ CİLDİMİZDEKİ YAŞLANMAYI HIZLANDIRIYOR MU?

Seda KESKİN*

ORCID: 0000-0002-4726-982X

Eda AÇIKGÖZ**

ORCID: 0000-0002-6772-3081

Mustafa ÇAKIR***

ORCID: 0000-0002-8861-5485

Özet

İklim değişikliği, bir yerdeki sıcaklık ve tipik hava düzenlerinin uzun süreli değişimidir. Mevcut küresel iklim değişikliğinin ana etkenleri arasında yer alan fosil yakıtların gereğinden fazla kullanılması sonucu atmosfere salınan sera gazları, güneş ışınlarından gelen ısıyı absorbe ederler. Daha sonra yeryüzündeki ortalama sıcaklığının yükselmesine neden olduklarından küresel ısınmada ciddi bir artış meydana gelir. Yeryüzünün ısınması yerel ve bölgesel iklimleri etkilediğinden yüzyıllar boyu iklim sürekli olarak değişmektedir. Bu değişimin derecesinin ekolojik, sosyal ve ekonomik sistemler üzerindeki boyutu önemli tartışma konuları arasında yer almaktadır. Bu yüzden iklim değişiklikleri modern çağın en büyük zorluklarından birisi olarak görülmektedir. Gözlemlere ve deneysel modellere dayalı çalışmalar, iklim değişikliğinin insan sağlığını yakından ilgilendiren ve tehdit oluşturabilecek bazı biyolojik ve ekolojik değişimlerle nasıl etkileyebileceğini göstermektedir. Bu değişimler, sıcaklıkların artmasıyla bulaşıcı hastalık vektörlerinin coğrafi aralığının genişlemesi veya patojenik mikroorganizmaların yaşama ortamlarının değişmesidir. Ayrıca iklim değişiklikleri psöriazis, atopik dermatit ve egzama alevlenmelerini tetikleyerek inflamatuvar ve neoplastik cilt hastalıklarına sahip kişileri büyük ölçüde etkilemektedir. Sürekli ve hızla değişmekte olan iklim, cildin tahriş olmasına, daha fazla hassasiyetinin artmasına ve kurumasına katkıda bulunarak, yaşam biçimimizi etkilemekle kalmayıp aynı zamanda cildin erken yaşlanmasını da hızlandırabilir. Bu gibi istenmeyen durumlar, kümülatif çevresel etmenlerle birlikte immün sistemin dengesinin değişiminin bir sonucu olarak yaşlanma sürecini büyük ölçüde hızlandırır. Ayrıca, iklim değişikliğinin insan cildini hangi biyolojik mekanizmalarla etkilediğine dair yapılan çalışmalar sınırlıdır. Bu bölümde, iklim değişikliğinin deri hastalıkları üzerindeki olası zararlı etkileri ile cilt yaşlanmasını tetikleyen çevresel faktörlerin ciltteki yansımaları üzerinde durulmuştur. Ek olarak, bu çalışma cilt yaşlanmasının iklim değişikliği ve UV radyasyon gibi ekzojenik faktörlerle etkileşimlerinin daha iyi anlaşılmasını sağlayarak, klinik ve dermokozmetik alanlarda daha etkili ve pratik tedavi stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunabilir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Cilt yaşlanması, Ultraviyole radyasyon

* Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Histoloji ve Embriyoloji ABD., Van, TÜRKİYE, sedakeskin@yyu.edu.tr

** Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Histoloji ve Embriyoloji ABD., Van, TÜRKİYE, edaacikgoz@yyu.edu.tr

*** Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji ABD., 65090, Van, TÜRKİYE, mustafacakir@yyu.edu.tr

DOES GLOBAL CLIMATE CHANGE ACCELERATE AGING ON OUR SKIN?

Abstract

Climate change is the long-term change of temperature and typical weather patterns in a place. Greenhouse gases released into the atmosphere because of excessive use of fossil fuels, which are among the main factors of the current global climate change, absorb the heat from the sun's rays. Then there is a serious increase in global warming, as they cause the average temperature of the earth to rise. Over the centuries, the climate has been constantly changing, as the warming of the earth affects local and regional climates. The extent of this change in ecological, social, and economic systems is among the important topics of discussion. Therefore, climate change is seen as one of the biggest challenges of the current time. Studies based on observations and experimental models show how climate change can affect human health with some biological and ecological changes that are closely related and may pose a threat. These changes are the expansion of the geographical range of infectious disease vectors with the increase in temperatures or the change in the habitat of pathogenic microorganisms. In addition, climate changes affect people with inflammatory and neoplastic skin diseases by triggering psoriasis, atopic dermatitis and eczema flare-ups. The constantly and rapidly changing climate can not only affect our way of life but also accelerate the premature aging of the skin, contributing to skin irritation, increased sensitivity, and drying. Such undesirable conditions accelerate the aging process as a result of the change in the balance of the immune system together with cumulative environmental factors. In addition, studies on the biological mechanisms by which climate change affects human skin are limited. In this section, the possible harmful effects of climate change on skin diseases and the reflections of environmental factors that trigger skin aging on human skin are emphasized. At the same time, this study may contribute to the development of more effective and practical treatment strategies in clinical and cosmetic fields by providing a better understanding of the interactions of skin aging with exogenic factors such as climate change and UV radiation.

Keywords: Climate change, Skin aging, Ultraviolet radiation

1. Stratosferik Ozon Tabakasının İncelmesi, İklim Değişikliği ve Ultraviyole Radyasyon

21. yüzyıl için dünya çapında gözlenen iklim değişiklikleri ve küresel ısınma, son yıllarda karşılaşılan önemli bir küresel sorun haline gelmiştir. İklim değişikliği (İD), ekolojik, çevresel, sosyopolitik ve sosyoekonomik disiplinlerin çeşitli bileşenleri üzerindeki etkisiyle küresel hükümetler arası karmaşık bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır (Carrington, 2022). İklim değişikliği, dünyanın birçok ülkesinde artan sıcaklık değişimleriyle ilişkilidir. İklim değişikliği sorunu çok yönlü olarak ele alındığında, acil müdahalelerin alınması sonucu gerekli adımların atılmasıyla, küresel iklim krizinin yıkıcı etkilerinin üstesinden gelme olasılığının arttığı bildirilmiştir (Parker, 2021b). İklim değişikliği, nispeten uzun yıllar boyunca bölgesel veya küresel iklimlerdeki önemli ve kalıcı değişiklikler olarak tanımlanmaktadır (Parker, 2021b). Günümüzde İD, küresel ısınmanın temel nedeni olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, düzensiz hava değişimlerinin kutuplardaki buz tabakalarını etkilemesiyle okyanus ve deniz seviyelerini yükseltmesi, İD'nin bilinen uluslararası ve yerel etkileri arasındadır (Carlström, 2011). Sanayi devriminden önce, volkanlar, orman yangınları ve sismik faaliyetler de dahil olmak üzere doğal kaynaklar, CO₂, CH₄, N₂O ve H₂ gibi sera gazlarının farklı kaynakları olarak görülüyordu (Change, 2015). Bugüne bakıldığında ise antropojenik faaliyetlerin küresel iklim değişikliğinden en fazla sorumlu etken olduğu kabul edilmektedir. Sonuç olarak, bu

antropojenik faaliyetler iklimin dengesini bozarak doğal felaketlere yol açtığından, küresel ekonomiye ve insan sağlığına zarar vermektedir. Gelişmekte olan ülkelerde ise enerji üretiminin çoğu fosil yakıtlardan sağlandığından, ısınma tüketimi sonrası bu durum sera gazı seviyelerini yükseltmiştir (Mora et al., 2022). Küresel iklim değişiklikleri böylece insan ve halk sağlığı için büyük bir tehlike arz etmektedir (Costello et al., 2009). Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre küresel iklim değişiklikleri, 2030–2050 yılları arasında her yıl 250.000 ek ölümden sorumlu olabileceğine sahiptir (Watts et al., 2015). Değişken yüksek sıcaklıklardan etkilenen hava koşullarının tetiklediği hastalıklar ve vektörel kaynaklı bulaşıcı hastalıkların küresel çapta yayılma olasılıklarının artması bu ölümlerin nedenleri arasındadır (Balato et al., 2014).

Atmosferde doğal olarak bulunan ozonun (O₃) yaklaşık %10'u troposferde, geri kalan ozonun %90'ı ise stratosferde (troposferin tepesi ile yaklaşık 50 km yükseklik arasında) bulunur. Stratosferdeki büyük miktarda bulunan ozon genellikle "ozon tabakası" olarak adlandırılır (Barnes et al., 2019). Stratosferde, Dünya yüzeyinin yaklaşık 16–50 km yukarısında yer alan ozon, yeryüzünü güneşin ultraviyole radyasyonundan (UVR) koruyan ince, görünmez bir kalkan oluşturur. Troposferde dünya yüzeyine yakın bir yerde bulunan ozon ise, doğal oluşan gazlardan ve fosil yakıtların yanmasıyla birlikte diğer çevresel kirleticilerden ortaya çıkan gazların kimyasal reaksiyonları ile üretilir (Fuks et al., 2019). Bu yüzden troposferik ozonun incelenmesi, insan sağlığını tehdit eden için önemli bir sorun haline gelmiştir. Bu durum hayvanlara ve bitkilere de zarar vermektedir. Stratosferik ozon ise, UV ışınların kısa dalga boylarını (UVC:100–280 nm) tamamen absorbe etmektedir, ancak orta dereceli dalga boylarının (UVB: 280–315 nm) yalnızca küçük bir kısmını iletmektedir. Cildin yaşlanmasına neden olan daha uzun dalga boylarının neredeyse tamamı (UVA: 315–400 nm) Dünya'ya iletilmektedir. Stratosferik ozon tabakası, dünyayı UVC'den ve UVB'nin büyük bir kısmından etkili bir şekilde koruyan önemli bir UVR filtresidir (Neale et al., 2021). Yeryüzüne ulaşan iki tür UV radyasyonundan UVB, insanlara ve diğer yaşam formlarına en zararlı olanıdır (Gorgisen et al., 2020). UVA ise genellikle UVB radyasyonundan çok daha az kanserojen olmasına rağmen, güneş ışığında UVB radyasyonundan daha fazla bulunur (radyan enerjinin > 20 katı) ve bu yüzden güneş ışığı kaynaklı cilt kanserlerinin ortaya çıkmasını daha fazla tetikler. UVB'nin aksine, UVA radyasyonu ise DNA tarafından neredeyse hiç absorbe edilmez (Gorman et al., 2015; Zhong et al., 2021).

Diğer taraftan ozon tabakasını incelten maddeler olarak tanımlanan kloroflorokarbonlar (CFC) ve bunlarla ilgili kimyasalların, ozon moleküllerini parçalayarak stratosferik ozon tabakasının incelenmesine ve bunun sonucunda dünya yüzeyinde UVR'da artışa neden olan uzun ömürlü ve güçlü sera gazları olduğu bilinmektedir (Andersen, 2017). Bu maddeler insan sağlığı ve ekolojik sistemler için büyük bir tehdit oluşturur (Morris et al., 2019). Stratosferik ozon tabakasını korumaya yönelik acil ihtiyaç nedeniyle, Ozon Tabakasını İncelten Maddelere İlişkin 1987 Montreal Protokolü ilan edilmiştir (Neale et al., 2021). Bu kapsamlı uluslararası çevre politikası, ozon tabakasını incelten maddelerin aşamalı olarak kaldırılmasını zorunlu kılmıştır ve evrensel olarak her ülke tarafından onaylanmıştır (Barnes et al., 2019; Neale et al., 2021). Montreal Protokolü'nün uygulanması sonucunda ozon tabakasını incelten maddelerin atmosferik konsantrasyonlarında meydana gelen düşüş, önemli bir başarıdır. Bu anlaşmanın uygulanmasıyla, dünya çapında milyonlarca cilt kanseri vakası önlenmiştir, ancak tehdit henüz ortadan kalkmamıştır (Lucas et al., 2019). Ozon tabakası kalınlığındaki her %1'lik azalma için melanoma insidansının %1 ila %2 arasında artacağı öngörülmektedir (Figueroa, 2011). Bununla birlikte, ozon tabakasını incelenmesine bağlı olarak iklim değişikliğinin etkileri dünya çapında tekdüze bir şekilde gözlemlenmeyecektir. Bu durumun bölgesel farklılıklar ve cilt tipinin de malignite riskini büyük ölçüde etkileyebileceği göz önüne alındığında, cilt kanseri vakalarındaki dağılımlar coğrafik farklılıklar nedeniyle daha belirgin hale gelebilir (Bharath &

Turner, 2009). Ozon tabakasını incelten maddeler stratosferde uzun bir süre kaldığından, Antarktika üzerindeki ozon tabakasının incelmelerinin en az 2060 yılına kadar tam olarak düzelmesi beklenmemekle birlikte, artan UVR'nin yarattığı tehlikenin de uzun yıllar boyunca devam edeceği tahmin edilmektedir (Dayrit et al., 2022). Bu küresel problemin çözülmesi, sera gazı konsantrasyonlarının kontrolüne ve iklim değişikliği etkilerinin gelecekteki öngörülerini doğrultusunda büyük ölçüde mevcut uluslararası iklim sözleşmelerine bağlı olacaktır. Aynı zamanda ozon tabakasının incelmeleri ve iklim değişikliği arasındaki etkileşimlerin henüz tam olarak aydınlatılmamış olması, ozon tabakasının geri kazanımı için doğru senaryoların modellenmesini gerekli kılmaktadır (Fuks et al., 2019).

2. Küresel İklim Değişikliği ve Cilt Sağlığına Etkileri

İklim değişikliklerinin büyüklüğü, nedenleri ve insan yaşamı üzerindeki etkileri dünya çapında önemli tartışma konusu haline gelmiştir ve bu durum modern çağın en büyük zorluklarından biri haline dönüşmüştür. Küresel çapta bu değişimler, sosyal, ekonomik ve sağlık sistemlerini nasıl etkileyebileceğine dair gözlemlere ve çeşitli tahmin modellerine dayanan birçok araştırma yapılmasına rağmen, mevcut birkaç çalışma bu değişikliğin insan derisini nasıl etkileyebileceğine odaklanmıştır. Bununla birlikte, cildin insan vücudunun en önemli ve çevresel değişikliklere en çok maruz kalan organ olması, birçok deri hastalığının iklim değişikliklerine karşı yüksek bir hassasiyete sahip olma eğilimine yol açabilmektedir. İklim değişimleri, özellikle psöriazis (sedef hastalığı) ve atopik dermatit gibi çevresel etmenler tarafından tetiklenme potansiyeli olan deri hastalıklarının insidanslarının yükselmesine ve hastalık semptomlarının yeniden alevlenerek ortaya çıkmasını etkileyebilmektedir (Fathy & Rosenbach, 2020). Ayrıca iklim değişiklikleri, sıcak ve nemli ortamlarda yaşayan bakteri ve mantarların, insan derisinin farklı bölgelerine kolonize olmalarını tetikleyebilmektedir (Balato et al., 2014).

Önceki çalışmalar, uzun yıllar boyunca bölgesel ve küresel iklim modellerindeki farklılıklarla karakterize edilen iklim değişikliğinin, doğrudan veya dolaylı olarak göç modellerini ve popülasyonların sağlığını etkilediğini göstermektedir (McMichael, 2015). Küresel iklim değişikliği, kasırgaların, siklonların, kuraklıkların ve sellerin sıklığının artmasıyla belirgin hale gelebilmektedir. Bu faktörlerin daha yoğun hale gelmesi, toprakta tuzlanmanın ve arazi bozulmasının artmasına neden olmaktadır. Daha sonra bu iklimsel problemler hem tatlı su kaynaklarını hem de tedariklerini olumsuz etkileyerek toprak tuzlanmasını ve arazi yapılarının bozulmasını artırdığından, ürün verimlerinin düşmesine neden olabilmektedir (Black et al., 2008). Elverişsiz tarım koşulları, hasat veriminin azalmasına ve yerel gıda kaynaklarının kıtlığa yol açabilmektedir. Azalan gıda kaynakları, yüksek doğum oranlarıyla birleştiğinde, nüfusun sağlık durumunun daha da kötüleşmesine neden olabilir. Böylece gıda kıtlığı nüfus göçünü başlatabilir (Berchin et al., 2017). Nüfus göçü sonucunda artan sayıda göçmen toplulukları, hedef ülkelerdeki sağlık sistemlerine yeni zorluklar ve yükümlülükler getirmektedir. Özellikle bu ülkelerdeki dermatologlar, yaşadıkları bölgelerde daha önce gözlemlenmemiş, nadir ve/veya olağandışı bulaşıcı deri hastalıklarında bir artışla karşı karşıya kalmaktadırlar. Normal yaşam ortamlarının dışında görülen bu hastalıklar kolaylıkla gözden kaçabilmekle beraber o bölgede yaşayan insanlarda hastalığın tanısının geç konmasına veya yanlış tanıya neden olabilmektedir (Dayrit et al., 2022). Zorunlu göç, cilt hastalıklarının artmasına da neden olabilecek çok fazla strese neden olabilmektedir. Göçmenler menşe yerlerindeki hastalıkların taşıyıcıları ve/veya vektörleri olabilirler ya da onları göç yerlerine götürebildiklerinden o bölge yaşayan yerli nüfusu etkileyebilirler. Malta'daki göçmenler üzerinde yapılan bir epidemiyolojik çalışmada, bölgede yaşayan kişilerde egzama vakalarında yoğun bir artışın olduğu, kaşıntı, mantar ve uyuz gibi deri hastalıklarının görüldüğü tespit edilmiştir (Padovese & Knapp, 2021). Bu yüzden iklim kaynaklı göç, göçmenleri daha

önce maruz kalmadıkları ve dolayısıyla vücutlarının immünolojik direnç gösteremedikleri endemik bulaşıcı hastalıklara yakalanma olasılıklarını artırabilmektedir. İklim değişikliklerinin etkisi olarak deri hastalıklarında görülen bu artış, aynı zamanda enfeksiyöz ajanlar, vektörleri ve rezervuarları için yeni elverişli habitatların oluşmasından da kaynaklanmaktadır (Dayrit et al., 2018). İklim değişiklikleri sonucu oluşan fırtına, kasırga ve sel gibi değişken hava olayları, alerjik hastalıklara, böcek/hava kaynaklı zoonotik hastalıklara, endemik saprofitik veya dimorfik mantar enfeksiyonlarına ve fekal-oral yolla taşınan bulaşıcı hastalık salgınlarına neden olurlar (Padovese et al., 2014). İklim değişikliklerinin cilt hastalıkları ve cilt tipi üzerindeki etkilerine baktığımızda, çeşitli çevresel faktörlerin, ciltteki patolojik süreçlerin ortaya çıkmasını hızlandırdığı görülmektedir (Lundgren, 2018). Örneğin, düşük nem cilt geçirgenliğini artırabilir, epidermisi kalınlaştırabilir ve inflamatuvar sitokinlerin üretimini uyarabilmektedir. Bu tip değişiklikler, soğuk ve kuru iklimlerde derideki kaşıntının daha şiddetli olduğu psoriasis, atopik dermatit ve senil kserozis gibi kronik inflamatuvar dermatozlara sahip hastalarda daha yoğun görülmektedir (Cecchi et al., 2018). Hosoi ve ark., derideki temas hasasiyeti induksiyonu ve ortaya çıkma fazlarının yoğunluğunun, düşük bağıl nem altında yaşayan kişilerde daha fazla olduğunu ve epidermisteki Langerhans hücrelerinin sayısının artmasının ilgili antijenlerin bölgesel lenf düğümlerine göçü ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir (Hosoi et al., 2000). Benzer şekilde, düşük sıcaklık ve bağıl nemin, insan cildinde tahriş edici reaksiyonlarla birlikte arttığı rapor edilmiştir (Parker et al., 2022). Kışın soğuk ve kurak geçmesi egzamanın alevlenmesine neden olduğu gibi, sıcak ve nemli yaz ayları da sivilceleri şiddetlendirmektedir. Bu durum, iklim değişikliklerinin cildin biyomekanik ve biyofiziksel özellikleri üzerindeki etkilerinin mevsimlere göre değiştiğini göstermektedir (Denda, 2000). Ayrıca sebum sekresyonunun, sıcaklığın yüksek olduğu aylarda, genç hastalarda daha fazla arttığı görülmüştür. Böylece akneden muzdarip gençlerin %30-50'sinin, yüksek sıcaklık nedeniyle artan terleme sonucunda yaz aylarında cilt hastalıklarında alevlenmelerin yükseldiği tespit edilmiştir (Balato et al., 2014). Düşük nem miktarı (aniden oluşan), düşük sıcaklıklarla birlikte transepidermal su kaybını arttırarak, derideki lipid ve doğal hidrasyon seviyelerini düşürebilir. Egawa ve ark.'nın yapmış oldukları çalışmada 6 saat boyunca %10'luk düşük bağıl neme maruz kalan deride, Stratum corneum tabakasındaki su seviyelerinde düşüş, transepidermal su kaybı ve cilt sıcaklığında azalmaya yol açmıştır (Egawa et al., 2018). Bu durum cildin kurumasına, ciltte kaşıntının artmasına, atopik dermatit ve psöriazis gibi diğer cilt hastalıkları semptomlarına yol açabilir (Parker et al., 2022). Bununla birlikte, ciltteki hidrasyon derecesinin dengede tutulmasında bağıl nemle birlikte pH gibi diğer faktörler de etkili olmaktadır. Düzensiz hava değişimleri, cildin pH'ını etkilediğinden derinin doğal pH dengesinin bozulması sonucunda cilt yaşlanmasını hızlandırmaktadır (Knapp et al., 2020; Stefanovic et al., 2021).

3. UV Radyasyonun Ciltteki Yaşlanma Sürecine Etkileri

İklim değişikliğinin insan ve çevre sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerine dair artan kanıtlarla nedeniyle, bu değişikliğin kutanöz malignite insidansını birincil derecede etkilediğini düşünmek önemli konulardan birisidir. Cilt yapısının farklı mevsimsel dönemlerde değişmesi, bazı cilt hastalıklarının yılın belirli zamanlarında ortaya çıktığının göstergesidir. Bu durum, iklim değişiklikleri yüzünden sıcaklık ve bağıl nemin değişmesi nedeniyle yeni doğan bebekler de dahil olmak üzere cinsiyet ve yaş ayrımı olmaksızın akne, atopik dermatit, psöriazis, egzama, cilt kuruluğu, kepeklenme gibi dermal hastalıkları harekete geçirebilir veya bu hastalıklara önceden sahip kişilerde semptomları yeniden şiddetlendirmektedir (Parrado et al., 2019).

Cilt kanseri, dünya çapında görülen en yaygın kanserlerden birisidir (Falcone & Zeidler-Erdely, 2019). Cilt kanserinin en yaygın tipleri bazal hücreli karsinom (BHK), skuamöz hücreli karsinom (SHK) ve malign melanomdur (MM). UV radyasyona maruz kalma, her üç malignitede de önemli bir risk faktörü olarak kabul edilmektedir. Cilt kanserlerinin yaklaşık

%90'ı melanositik değildir, bunların büyük çoğunluğu BHK'dir (Parker, 2021a). Son yıllarda görülen endişe verici durumlardan birisi iklim değişikliği ile kutanöz malign melanom insidansındaki hızlı artıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde görülen kutanöz malign melanom vakaları son yıllarda 3 kat artmıştır (Dessinioti & Stratigos, 2022). Bu dramatik artışın nedenleri arasında UVR'ye fazla süre maruz kalma, açık tene sahip olma ve ailesel genetik melanoma öyküsü sayılabilir (Weller, 2017). UVR, melanom patogenezinin oluşmasında birincil etkindir, ancak hastalığın etiyojisi multifaktöriyeldir (Miligi, 2020). Genetik mutasyonlar, cilt tipi, yaş ve viral enfeksiyonlar gibi diğer risk faktörlerinin etkileri burada daha fazla ele alınmayacaktır. Aksine, bu bölümde, kutanöz malignitelerin artan küresel insidansında iklim değişikliğinin ve küresel ısınmanın genel etkilerine değinilecektir. UVR'ye maruz kalmanın kanserojen olduğu ve cilt kanserinin birincil nedeni olduğu kabul edilmektedir (Falcone & Zeidler-Erdely, 2019). Aslında UVR, mutajen olarak hareket etme ve başka bir ajan tarafından indüklenmeden tümör oluşumunu teşvik etme ve başlatma kabiliyeti nedeniyle tam bir kanserojen olarak kabul edilmektedir (Farris & Valacchi, 2022). UVA, reaktif oksijen türlerinin üretimini uyarak DNA hasarına (tek sarmallı DNA kırılmaları, çapraz bağlar, değiştirilmiş bazlar) yol açabilir. Aynı zamanda DNA, UVB için gerçek bir kromofor görevi göerek dalga boylarının doğrudan emilim olması durumunda pirimidin dimerlerinin oluşmasına katkıda bulunmaktadır (Marabini et al., 2020). DNA eksizyon tamir mekanizmaları, aşırı UVR maruziyeti sonucu işlevini yitirirse, proto-onkogen ekspresyonunun yukarı regülasyonu ve tümör baskılayıcı genlerin aşağı regülasyonu da dahil olmak üzere farklı mutajenler tarafından bloke olmaktadır. Daha sonra klonal hücre popülasyonlarının çoğalması ile apoptoz sürecinde düzensizlik gelişir (Zhong et al., 2021). Fotokarsinogenezin gelişmesi, UVR'nin neden olduğu immün baskılama ile daha fazla tetiklenmektedir (Dunaway et al., 2018). UVR'ye maruz kalmanın şekli, yoğunluğu ve güneş yanıklarının sayısı çeşitli kutanöz malignite türlerinin gelişme olasılıklarını farklı şekilde etkileyebilmektedir (Fadadu & Wei, 2022). UVR'nin cilt kanseri gelişiminde en önemli çevresel faktör olduğu ve bu nedenle Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) tarafından kanserojen olarak tanımlandığı tartışmasızdır (Humans, 2012). UVB radyasyona maruz kalmanın kutanöz özellikleri etkilemede önemli bir faktör olduğu tespit edilmiştir. Ölçülü UVB radyasyonu maruziyeti, D vitamini sentezlenmesinde insan sağlığı için gereklidir (Oh et al., 2019).

Cildin aşırı UVB radyasyonuna maruz kalması, fotokarsinogenez, fotoyaşlanma, hiperpigmentasyon, fotodermatit ve fotoalerjik gibi ışığa duyarlı zararlı reaksiyonlara (Fathy & Rosenbach, 2020; Koohegoli et al., 2017; Zhong et al., 2021) yol açar. Bu nedenle UV ile indüklenen ciltteki yaşlanma süreci karmaşıktır ve reseptörler tarafından başlatılan sinyaller, mitokondriyal hasar, protein oksidasyonu, telomer bazlı DNA hasarı ve aril-hidrokarbon reseptörü (AhR) sinyali de dahil olmak üzere çeşitli sinyal yollarıyla ilişkilidir (Krutmann et al., 2021). UV radyasyonu derideki ilgili reseptörleri aktifleştirerek reaktif oksijen türlerinin (ROS) aşırı miktarda üretimine neden olur. ROS, sitokinleri, hücre yüzeyi reseptörlerini, keratinositler ve fibroblastlardaki büyüme faktörlerini aktif hale getirmektedir (Marabini et al., 2020). Reseptör aktivasyonu daha sonra nükleer transkripsiyon faktörü AP-1 ve NF- κ B'nin transkripsiyonunu indükleyen kinazların uyarılmasıyla hücre içi sinyalleşmeye yol açar (Dunaway et al., 2018). Bir yandan artan AP-1 transkripsiyonu ve aktivitesi, diğer taraftan fibroblastlardaki ana dermal kollajen Tip I ve Tip III'ün gen ekspresyonunun inhibe olması kollajen sentezinde azalmaya neden olur. Burada AP-1, olgun dermal kollajeni parçalayan keratinositlerde ve fibroblastlarda matris metaloproteinazların (MMP) sentezini tetiklemektedir. UV ile indüklenen diğer transkripsiyon faktörü NF- κ B ise, inflamatuvar sitokinlerin transkripsiyonunu başlatabilmektedir. Daha sonra nötrofil kollajenazlar uyarıldığında dermal kollajenlerin parçalanması tetiklenmektedir (Krutmann et al., 2017).

Mitokondriyal hasar ile fotoyaşlanma arasında da güçlü bir bağlantı vardır (He et al., 2022). Mitokondriyal hasar veya mitokondriyal DNA (mtDNA) mutasyonları, ölümcül olmayan UVA radyasyonu ile indüklenebilmektedir (Zhong et al., 2021). Mekanik olarak mtDNA hasarlarına ROS aracılık etmektedir. Mitokondrinin ana görevlerinden biri enerji üretimi (ATP) sırasında solunum zinciri yoluyla oksijen tüketerek sürekli ROS üretmesidir. Diğer taraftan, UVA'ya maruz kalma, ROS oluşumunu daha da artırmaktadır. mtDNA sınırlı bir baz eksizyon onarım kapasitesine sahip olması ve solunum zincirine yakın bir yerde bulunması ROS üretiminin daha sonra mtDNA'ya kolayca zarar verebileceğini göstermiştir (Fadadu & Wei, 2022). UVR'nin ayrıca yaşlanmanın ayırt edici özelliği olan protein oksidasyonuna ve ciltte proteazomal fonksiyonun bozulmasına da katkıda bulunduğu düşünülmektedir (Ungvari et al., 2018). Oksidatif protein hasarı, proteinlerin yapılarının bozulmasına veya oksidatif hasara karşı duyarlılıklarının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca, hücrede oksitlenmiş proteinlerin birikmesi, proteazomal işlevi, yani hücrenin hasarlı proteinlerin parçalanabilme yeteneklerini inhibe edebilmektedir (Salminen et al., 2022). Bu durumun, yaşlanma sırasında UVR kaynaklı cilt dokusundaki yapısal ve işlevsel hasarların hızlanmasında potansiyel nedenlerden biri olabileceği düşünülmektedir (Emanuelli et al., 2022). Diğer yandan kromozomların terminal kısımları olan telomerler, genel yaşlanma sürecinde önemli bir role sahiptirler (Lundsgaard et al., 2022). 1960 yılında Leonard Hayflick, insan hücrelerinin ancak belirli sayıda hücre bölünmesinden geçebileceğini göstermiştir (Shay & Wright, 2000). Bunun nedeni ise, telomerlerin tamamen kopyalanamaması ve her hücre bölünmesinde telomerin son 100-200 baz çiftinin kaybolmasıdır. Telomerler nihayet kritik bir uzunluğa ulaştıklarında, hücreler artık bölünemezler ve replikatif yaşlanma veya apoptoz durumuna girerler (Lundsgaard et al., 2022; Shetty et al., 2018). Bu durumda UVR veya diğer çevresel faktörler, telomer hasarlarına neden olduklarından cildin erken yaşlanmasını hızlandırırlar (Parrado et al., 2019).

4. Sonuç ve Öneriler

Cilt kanserleri ve derideki yaşlanmanın altında yatan mekanizmalar, dokulardaki hücre hasarlarının zamana bağlı birikimi sonucu ortaya çıkmaktadır. Küresel ısınmanın ülkelerin sosyoekonomik etkilerine baktığımızda, iklim değişikliklerinin ekonomik maliyeti artırarak işgücü verimliliğini düşürdüğü görülmektedir. İklim değişikliklerinin insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerinde hızlı nüfus artışı, endüstrileşme ve kentleşme gibi faktörlere bağlı olarak ortaya çıkan sorunlar, çevresel sürdürülebilirliği de büyük ölçüde tehdit ettiğinden, uluslararası düzeyde ciddi önlemler alınmasını gerektirmektedir. Ayrıca iklim değişikliği ve UV radyasyon gibi ekzojenik faktörlerin birbirleriyle etkileşimlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için, cilt yaşlanması ve cilt kanserleri üzerindeki etkilerinin daha fazla aydınlatılmasına ihtiyaç vardır. Böylece cildin yaşlanmasını geciktirebilecek kozmetik ve klinik alanlarda daha etkili ve pratik tedavi stratejileri geliştirilebilir.

Kaynaklar

- Andersen, L. K. (2017). The impact of climate change on skin and skin-related disease. *Environment and Skin, December*, 17–26. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43102-4_3
- Balato, N., Megna, M., Ayala, F., Balato, A., Napolitano, M., & Patrino, C. (2014). Effects of climate changes on skin diseases. *Expert Review of Anti-Infective Therapy, 12*(2), 171–181. <https://doi.org/10.1586/14787210.2014.875855>
- Barnes, P. W., Williamson, C. E., Lucas, R. M., Robinson, S. A., Madronich, S., Paul, N. D., Bornman, J. F., Bais, A. F., Sulzberger, B., Wilson, S. R., Andraday, A. L., McKenzie, R. L., Neale, P. J., Austin, A. T., Bernhard, G. H., Solomon, K. R., Neale, R. E., Young, P.

- J., Norval, M., ... Zepp, R. G. (2019). Ozone depletion, ultraviolet radiation, climate change and prospects for a sustainable future. *Nature Sustainability*, 2(7), 569–579. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0314-2>
- Berchin, I. I., Valduga, I. B., Garcia, J., & de Andrade, J. B. S. O. (2017). Climate change and forced migrations: An effort towards recognizing climate refugees. *Geoforum*, 84, 147–150.
- Bharath, A. K., & Turner, R. J. (2009). Impact of climate change on skin cancer. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 102(6), 215–218. <https://doi.org/10.1258/jrsm.2009.080261>
- Black, R., Kniveton, D., Skeldon, R., Coppard, D., Murata, A., & Schmidt-Verkerk, K. (2008). Demographics and climate change: future trends and their implications for migration. *Report Prepared for the Department for International Development by the Sussex Centre for Migration Research*.
- Carlström, M. (2011). Seasonal Variation in Metabolic Syndrome Components: How Much Do They Influence the Diagnosis of Metabolic Syndrome? In *Current Cardiovascular Risk Reports* (Vol. 5, Issue 1, pp. 29–37). <https://doi.org/10.1007/s12170-010-0139-z>
- Carrington, D. (2022). *Air pollution causes wrinkles and premature ageing , new research shows*. 1–7.
- Cecchi, L., D'Amato, G., & Annesi-Maesano, I. (2018). External exposome and allergic respiratory and skin diseases. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 141(3), 846–857. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2018.01.016>
- Change, C. (2015). *2015 Climate Change and Health Resiliency Report*.
- Costello, A., Abbas, M., Allen, A., Ball, S., Bell, S., Bellamy, R., Friel, S., Groce, N., Johnson, A., & Kett, M. (2009). Managing the health effects of climate change: lancet and University College London Institute for Global Health Commission. *The Lancet*, 373(9676), 1693–1733.
- Dayrit, J. F., Bintanjoyo, L., Andersen, L. K., & Davis, M. D. P. (2018). Impact of climate change on dermatological conditions related to flooding: update from the International Society of Dermatology Climate Change Committee. *International Journal of Dermatology*, 57(8), 901–910.
- Dayrit, J. F., Sugiharto, A., Coates, S. J., Lucero-Prisno III, D. E., Davis, M. D. D., & Andersen, L. K. (2022). Climate change, human migration, and skin disease: is there a link? *International Journal of Dermatology*, 61(2), 127–138.
- Denda, M. (2000). Influence of dry environment on epidermal function. *Journal of Dermatological Science*, 24, S22–S28.
- Dessinioti, C., & Stratigos, A. J. (2022). An Epidemiological Update on Indoor Tanning and the Risk of Skin Cancers. *Current Oncology*, 29(11), 8886–8903.
- Dunaway, S., Odin, R., Zhou, L., Ji, L., Zhang, Y., & Kadekaro, A. L. (2018). Natural antioxidants: Multiple mechanisms to protect skin from solar radiation. In *Frontiers in Pharmacology* (Vol. 9, Issue APR). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00392>
- Egawa, M., Haze, S., Gozu, Y., Hosoi, J., Onodera, T., Tojo, Y., Katsuyama, M., Hara, Y., Katagiri, C., & Inoue, N. (2018). Evaluation of psychological stress in confined environments using salivary, skin, and facial image parameters. *Scientific Reports*, 8(1), 1–10.

- Emanuelli, M., Sartini, D., Molinelli, E., Campagna, R., Pozzi, V., Salvolini, E., Simonetti, O., Campanati, A., & Offidani, A. (2022). The Double-Edged Sword of Oxidative Stress in Skin Damage and Melanoma: From Physiopathology to Therapeutical Approaches. *Antioxidants*, *11*(4), 612.
- Fadadu, R. P., & Wei, M. L. (2022). Ultraviolet A radiation exposure and melanoma: A review. *Melanoma Research*, *32*(6), 405–410.
- Falcone, L. M., & Zeidler-Erdelyi, P. C. (2019). Skin cancer and welding. In *Clinical and Experimental Dermatology* (Vol. 44, Issue 2, pp. 130–134). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/ced.13783>
- Farris, P. K., & Valacchi, G. (2022). Ultraviolet light protection: is it really enough? *Antioxidants*, *11*(8), 1484.
- Fathy, R., & Rosenbach, M. (2020). Climate Change and Inpatient Dermatology. *Current Dermatology Reports*, *9*(4), 201–209. <https://doi.org/10.1007/s13671-020-00310-5>
- Figueroa, F. L. (2011). Climate change and the thinning of the ozone layer: implications for dermatology. *Actas Dermo-Sifiliográficas (English Edition)*, *102*(5), 311–315.
- Fuks, K. B., Woodby, B., & Valacchi, G. (2019). Skin damage by tropospheric ozone. *Hautarzt*, *2019*. <https://doi.org/10.1007/s00105-018-4319-y>
- Gorgisen, G., Ozkol, H., Tuluçe, Y., Arslan, A., Ecer, Y., Keskin, S., Kaya, Z., & Ragbetli, M. C. (2020). Silibinin and ellagic acid increase the expression of insulin receptor substrate 1 protein in ultraviolet irradiated rat skin. *Taylor & Francis*, *95*(8), 641–646. <https://doi.org/10.1080/10520295.2020.1753238>
- Gorman, S., Black, L. J., Feelisch, M., Hart, P. H., & Weller, R. (2015). Can skin exposure to sunlight prevent liver inflammation? In *Nutrients* (Vol. 7, Issue 5, pp. 3219–3239). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu7053219>
- He, H., Xiong, L., Jian, L., Li, L., Wu, Y., & Qiao, S. (2022). Role of mitochondria on UV-induced skin damage and molecular mechanisms of active chemical compounds targeting mitochondria. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 112464.
- Hosoi, J., Hariya, T., Denda, M., & Tsuchiya, T. (2000). Regulation of the cutaneous allergic reaction by humidity. *Contact Dermatitis*, *42*(2), 81–84.
- Humans, I. W. G. on the E. of C. R. to. (2012). Solar and ultraviolet radiation. *Radiation*.
- Knapp, A. P., Rehmus, W., & Chang, A. Y. (2020). Skin diseases in displaced populations: a review of contributing factors, challenges, and approaches to care. *International Journal of Dermatology*, *59*(11), 1299–1311.
- Koohgoli, R., Hudson, L., Naidoo, K., Wilkinson, S., Chavan, B., & Birch-Machin, M. A. (2017). Bad air gets under your skin. *Experimental Dermatology*, *26*(5), 384–387. <https://doi.org/10.1111/exd.13257>
- Krutmann, J., Boulouç, A., Sore, G., Bernard, B. A., & Passeron, T. (2017). The skin aging exposome. *Journal of Dermatological Science*, *85*(3), 152–161. <https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2016.09.015>
- Krutmann, J., Schikowski, T., Morita, A., & Berneburg, M. (2021). Environmentally-induced (extrinsic) skin aging: Exposomal factors and underlying mechanisms. *Journal of Investigative Dermatology*, *141*(4), 1096–1103.
- Lucas, R. M., Yazar, S., Young, A. R., Norval, M., De Gruijl, F. R., Takizawa, Y., Rhodes, L.

- E., Sinclair, C. A., & Neale, R. E. (2019). Human health in relation to exposure to solar ultraviolet radiation under changing stratospheric ozone and climate. *Photochemical and Photobiological Sciences*, 18(3), 641–680. <https://doi.org/10.1039/C8PP90060D>
- Lundgren, A. (2018). Climate change and skin disease. *Cutis*, 101(4), E12–E14.
- Lundsgaard, N. U., Cramp, R. L., & Franklin, C. E. (2022). Early exposure to UV radiation causes telomere shortening and poorer condition later in life. *Journal of Experimental Biology*, 225(17), jeb243924.
- Marabini, L., Melzi, G., Lolli, F., Dell’Agli, M., Piazza, S., Sangiovanni, E., & Marinovich, M. (2020). Effects of Vitis vinifera L. leaves extract on UV radiation damage in human keratinocytes (HaCaT). *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 204. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2020.111810>
- McMichael, C. (2015). Climate change-related migration and infectious disease. *Virulence*, 6(6), 548–553.
- Miligi, L. (2020). Ultraviolet radiation exposure: Some observations and considerations, focusing on some Italian experiences, on cancer risk, and primary prevention. *Environments - MDPI*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/environments7020010>
- Mora, C., McKenzie, T., Gaw, I. M., Dean, J. M., von Hammerstein, H., Knudson, T. A., Setter, R. O., Smith, C. Z., Webster, K. M., & Patz, J. A. (2022). Over half of known human pathogenic diseases can be aggravated by climate change. *Nature Climate Change*, 12(9), 869–875.
- Morris, B. S., Chrysochou, P., Christensen, J. D., Orquin, J. L., Barraza, J., Zak, P. J., & Mitkidis, P. (2019). Stories vs. facts: triggering emotion and action-taking on climate change. *Climatic Change*, 154(1–2), 19–36. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02425-6>
- Neale, R. E., Barnes, P. W., Robson, T. M., Neale, P. J., Williamson, C. E., Zepp, R. G., Wilson, S. R., Madronich, S., Andrady, A. L., Heikkilä, A. M., Bernhard, G. H., Bais, A. F., Aucamp, P. J., Banaszak, A. T., Bornman, J. F., Bruckman, L. S., Byrne, S. N., Foereid, B., Häder, D. P., ... Zhu, M. (2021). Environmental effects of stratospheric ozone depletion, UV radiation, and interactions with climate change: UNEP Environmental Effects Assessment Panel, Update 2020. In *Photochemical and Photobiological Sciences* (Vol. 20, Issue 1). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s43630-020-00001-x>
- Oh, S. T., Park, D. H., & Lim, J. H. (2019). Designing safe general LED lighting that provides the UVB benefits of sunlight. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/app9050826>
- Padovese, V., Egidi, A. M., Melillo Fenech, T., Podda Connor, M., Didero, D., Costanzo, G., & Mirisola, C. (2014). Migration and determinants of health: clinical epidemiological characteristics of migrants in Malta (2010–11). *Journal of Public Health*, 36(3), 368–374.
- Padovese, V., & Knapp, A. (2021). Challenges of managing skin diseases in refugees and migrants. *Dermatologic Clinics*, 39(1), 101–115.
- Parker, E. R. (2021a). The influence of climate change on skin cancer incidence—A review of the evidence. *International Journal of Women’s Dermatology*, 7(1), 17–27.
- Parker, E. R. (2021b). The influence of climate change on skin cancer incidence – A review of the evidence. *International Journal of Women’s Dermatology*, 7(1), 17–27. <https://doi.org/10.1016/j.ijwd.2020.07.003>

- Parker, E. R., Mo, J., & Goodman, R. S. (2022). The Dermatological Manifestations of Extreme Weather Events: A Comprehensive Review of Skin Disease and Vulnerability. *The Journal of Climate Change and Health*, 100162.
- Parrado, C., Mercado-Saenz, S., Perez-Davo, A., Gilaberte, Y., Gonzalez, S., & Juarraz, A. (2019). Environmental Stressors on Skin Aging. Mechanistic Insights. *Frontiers in Pharmacology*, 10(July), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00759>
- Salminen, A., Kaarniranta, K., & Kauppinen, A. (2022). Photoaging: UV radiation-induced inflammation and immunosuppression accelerate the aging process in the skin. *Inflammation Research*, 1–15.
- Shay, J. W., & Wright, W. E. (2000). Hayflick, his limit, and cellular ageing. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 1(1), 72–76.
- Shetty, A. K., Kodali, M., Upadhy, R., & Madhu, L. N. (2018). Emerging Anti-Aging Strategies – Scientific Basis and Efficacy. *Aging and Disease*, 9(6), 1165–1184.
- Stefanovic, N., Irvine, A. D., & Flohr, C. (2021). The Role of the Environment and Exposome in Atopic Dermatitis. *Current Treatment Options in Allergy*, 8(3), 222–241. <https://doi.org/10.1007/s40521-021-00289-9>
- Ungvari, Z., Tarantini, S., Donato, A. J., Galvan, V., & Csiszar, A. (2018). Mechanisms of vascular aging. *Circulation Research*, 123(7), 849–867. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.118.311378>
- Watts, N., Adger, W. N., Agnolucci, P., Blackstock, J., Byass, P., Cai, W., Chaytor, S., Colbourn, T., Collins, M., & Cooper, A. (2015). Health and climate change: policy responses to protect public health. *The Lancet*, 386(10006), 1861–1914.
- Weller, R. B. (2017). The health benefits of UV radiation exposure through Vitamin D production or non-Vitamin D pathways. Blood pressure and cardiovascular disease. *Photochemical and Photobiological Sciences*, 16(3), 374–380. <https://doi.org/10.1039/c6pp00336b>
- Zhong, Q. Y., Lin, B., Chen, Y. T., Huang, Y. P., Feng, W. P., Wu, Y., Long, G. H., Zou, Y. N., Liu, Y., Lin, B. Q., Sang, N. L., & Zhan, J. Y. X. (2021). Gender differences in UV-induced skin inflammation, skin carcinogenesis and systemic damage. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 81. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2020.103512>