

İĞDIR İLİ ARALIK İLÇESİ SELLERİNİN GPM UYDU YAĞIŞ VERİLERİNDEN İLK VE SON ÜRÜNLERİ İLE İNCELENMESİ

Ramazan KOÇAK¹, Mehmet Ali TOR², Senayi DÖNMEZ³, Ahmet Emre TEKELİ⁴

¹Müh., Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 16. Bölge Müdürlüğü, 76100, Iğdır, ramazankocak111@gmail.com

²Müh., Devlet Su İşleri, 24. Bölge Müdürlüğü Hidroloji Başmühendisliği, 36100, Kars, tor.mehmet1@gmail.com

³Prof. Dr., Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 76100, Iğdır, senayi.donmez@igdir.edu.tr

⁴Prof. Dr., Iğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 76100, Iğdır, aemre.tekeli@igdir.edu.tr

ÖZET

Noktasal olarak ölçülen yağış miktarlarının büyük alanları temsil etmesi, atmosferin kaotik yapısı ve değişken topografya nedeniyle mümkün değildir. Yağış miktarının ölçülmesi için yapılan noktasal yer gözlemleri; zaman, konum ve yükseltiye bağlı olarak kısıtlı bir bölge için geçerlidir. Meteorolojik radarlar, gelişen teknoloji ile yağışa geçebilir su miktarı ölçümlerinde kullanılabilir. Bu sayede daha geniş alanlar için dağılımlı yağış verileri elde edilmektedir. Ancak, meteorolojik radarların doğru veri toplamasına topoğrafik etkiler engel çıkardığından, özellikle alçak seviye bulutlarının oluşturduğu lokal yağışların ölçümlerinde hatalar meydana gelmektedir. 2000'li yıllardan itibaren kullanılmaya başlanan uydu verileri sayesinde topoğrafyadan etkilenmeyen yağış ürünleri üretilmektedir. 1997-2014 yılları arasında Tropikal Yağış Ölçüm Misyonu (Tropical Rainfall Measuring Mission TRMM) 0.25°x0.25°'lik mekânsal ve 3 saatlik zamansal çözünürlükte çeşitli yağış ürünleri sağlamıştır. Küresel Yağış Ölçümü (Global Precipitation Measurement GPM) uydusu Şubat 2014'ten itibaren 0.1°x0.1°'lik mekânsal ve 0.5 saatlik zamansal çözünürlükte çeşitli yağış ürünleri sağlayarak TRMM uydusunun görevini devam ettirmektedir. Çalışmada, GPM için Uydulardan Bütünleştirilmiş Veriler (Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM, IMERG), yağış verilerinden ilk (Early) ve son (Late) ürünleri ile Iğdır ili Aralık ilçesinde gözlenmiş seller incelenmektedir. Seller sırasında gözlemlenen ilk ve son IMERG değerleri karşılaştırılacak ve ürünlerden hangisinin sel tespitinde kullanılmasının daha uygun olduğu araştırılacaktır.

Anahtar Sözcükler: GPM, Sel, Iğdır, Aralık, Konvektif yağış, Yağış ölçümü

ABSTRACT

ANALYZING ARALIK DISTRICT FLOODS OF İĞDIR CITY WITH GPM EARLY AND LATE PRECIPITATION DATA

It is not possible for point based precipitation measurements to represent large areas due to chaotic nature of atmosphere and topographical influences. Point measurements are representative for a limited region based on time, location and altitude. With developing technology, meteorological radars can be used in measuring precipitable water. This enables distributed precipitation data. However, topography may lead inaccurate data acquisition especially for low-level cloud based local precipitations. Satellite based precipitation data that are free from topography effects have been produced since 2000. Between 1997 and 2014, the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) provided various precipitation products having 0.25°x0.25° and 3-hour spatial and temporal resolutions respectively. Since February 2014, Global Precipitation Measurement (GPM) satellite is providing various precipitation products with 0.1°x0.1° and half-hour spatial and temporal resolutions as a TRMM follow on. In here Aralık district floods of Iğdır city will be examined with the early and late data of Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM (IMERG). Early and late Imerg data recorded during floods will be compared and most suitable data for flood detection will be examined.

Keywords: GPM, Flood, Iğdır, Aralık, Convective precipitation, Precipitation measurement

1. GİRİŞ

Artan küresel sıcaklıklar ile birlikte atmosferik paternlerde, deniz seviyelerinde ve afetlerin meydana gelme sıklıklarında ve şiddetlerinde artışlar gözlenmektedir. Bu ve benzeri birçok hususta iklim değişimi baş etken olduğundan, günümüzde iklim değişimi yerel ve küresel ölçekte yüz yüze olduğumuz en büyük doğal değişimdir (Kadıoğlu, 2009). İklim değişimine uyum ise insanlığın devamı için kaçınılmaz olarak görünmektedir. Bu kapsamda, dünya devletleri fikir birliği oluşturabilmek adına anlaşmalar gerçekleştirerek ortak iklim değişimi ile mücadele yöntemleri oluşturmaktadır. 1992 yılında imzaya açılan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ile sera gazlarının atmosferdeki miktarını sabit tutmak ve iklim değişimi üzerindeki insan etkisini azaltmak amaçlanmıştır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne ilişkin Kyoto Protokolü 1997 yılında aynı maksatlarla daha somut adımlar ve hedefler konularak imzaya açılmış fakat 1990 yılı toplam CO₂ salınımının en az %55 kaynağı olan taraflarının protokolü onaylaması gerektiğinden süreç uzamış ve Kyoto Protokolü 16 Şubat 2005 tarihinde fiilen yürürlüğe girmiştir. Son olarak ise 2015 yılı aralık ayında görüşmeleri başlayan 197 taraf ülkeden 187'si tarafından imzalanan Paris Anlaşması 5 Kasım 2016 tarihi itibari; maksadın aynı olması kaydıyla ülkelerin

durumlarına göre, göreceli sorumluluklar ilkesi ile yürürlüğe girmiştir (ETKB, 2017). İnsanları iklim değişimini durdurmaya ve böyle büyük çapta ortak önlemler almaya doğal afetlerin insan can ve mal güvenliğini tehlikeye sokması itmektedir.

Afetlerin Epidemiyolojisi Araştırma Merkezine (CRED) göre, dünya genelinde 1980-1999 yılları arasında 1389 sel hadisesi kayıt altına alınmışken, 2000-2019 yılları arasındaki 20 yıllık süreçte 3254 sel hadisesi kayıtlara geçmiştir. Bu gözle görülür artışın yanı sıra; 2000-2019 yılları arasında seller dünya genelinde meydana gelen afetler arasında %44 ile en çok rapor edilen afet olarak belirtilmiş olup 1,65 milyon insanın hayatını etkilemiştir. Bu sayı afetlerden etkilenen insanların toplamının %41'ini oluşturmaktadır. Ekonomik açıdan değerlendirildiğinde ise seller, fırtınalardan sonra en çok ekonomik kayba sebep olan afetlerdir. Son yirmi yılda dünya genelinde 651 milyar \$ maddi kayıp meydana getiren seller, toplam maddi kaybın %22'sini oluşturmaktadırlar. (CRED, 2020). Tüm bunlardan dolayı sellerin incelenmesi ve özellikle önceden tahmin edilebilmesi insan yaşamı ve günlük hayatın aksamaması adına önem arz etmektedir.

Sel afetine sebep olan faktörlerin en önemlileri meteorolojik, jeomorfolojik etkenler ve yüzey durumudur. Meteorolojik faktörler temelde şiddetli yağışlar ve kar erimeleri olarak sınıflandırılabilir. Jeomorfolojik etkenler eğim, bakı ve yükselti unsurları şeklinde sınıflandırılabilir. Yüzey durumu ise insan müdahalesi ile taşkın riski taşıyan alanlarda yapılaşma ve yapılaşma türünden kaynaklanan etkenler olarak sınıflandırılabilir. Tahmin edilmesinin zorluğu ve dinamik olması sebebi ile meteorolojik faktörler bir sel afetinin oluşumunda en önemli faktörler olarak değerlendirilebilir (Dölek, 2013).

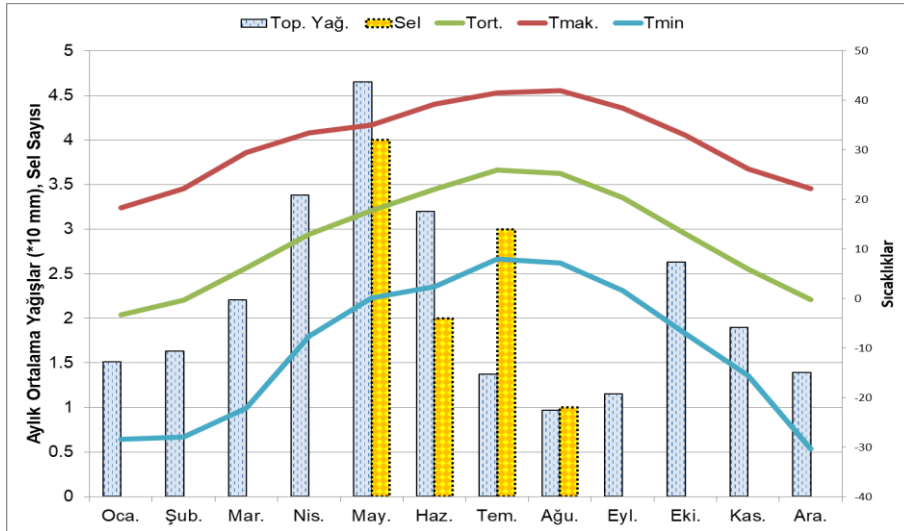
Meteorolojik faktörleri değerlendirmek için yağış miktarı ölçümü son derece önemlidir. Bu noktada karşımıza yağış tahmin modelleri ve yağış gözlem sistemleri çıkmaktadır. Yağış miktarı değerlendirilmesinde tahmin aracı olarak kullanılan sayısal hava tahmin modellerinin, gözlem araçlarının teknoloji ile beraber gelişmesinin yanı sıra bir takım dezavantajları da vardır. Atmosferin dinamik yapısının diferansiyel denklemler ile kesin analitik çözülmemesi, kullanılan bilgisayar sistemlerinin verimli depolama alanı kullanımı amacıyla işlemleri basitleştiren kabuller kullanılması, bilgisayar hesaplarında yuvarlama hataları tahmin süresinin uzaması ile eksponansiyel olarak şiddetlenmesine ve model tahminlerinin gerçekleşen sonuçtan uzaklaşmasına neden olur (Karadavut, 2014). Yağış miktarı ölçümünde kullanılan klasik yer-gözlem sistemleri sel afeti sırasında veri aktarımında ve sonrasında bakım onarımının yarattığı maliyetler açısından dezavantajlı olmasının aksine uydu sistemleri bu dezavantajlardan muaf olup ekstrem yağış şartlarında klasik yer-gözlem sistemlerine göre avantajlıdır. Bu kapsamda yer gözlemleri ile desteklenen uydu sistemleri ile uydu tabanlı taşkın izleme ve tahmin sistemlerinin kurulması konusu araştırmacılar tarafından ele alınmaya ve araştırmalar artmaya başlamıştır (Tekeli, 2015).

Küresel Yağış Ölçümü (Global Precipitation Measurement – GPM) misyonu, yeni nesil küresel yağmur ve kar gözlemlerini sağlayan uluslararası bir uydu ağıdır. Tropikal Yağış Ölçümü Görevi (Tropical Rainfall Measurement Mission – TRMM) başarısı üzerine inşa edilen GPM konsepti, meydana gelen yağışı ölçmek için gelişmiş bir radar sistemi taşıyan bir çekirdek uydunun yörüngeye oturtulmasına dayanır. Küresel olarak iyileştirilmiş yağış ölçümleri sayesinde GPM misyonu, Dünya'nın su ve enerji döngüsünü daha iyi anlamamıza, doğal riskler ve afetlere neden olan aşırı olayların tahminini iyileştirmek için doğru ve zamanında yağış bilgilerini elde etme ve kullanma imkanlarını genişletmeye yardımcı olur (Nasa, 2022a).

Bu çalışmada, Küresel Yağış Ölçüm (Global Precipitation Measurement – GPM)'in sağladığı GPM için Uydulardan Bütünleştirilmiş Veriler (Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM, IMERG)'de bulunan ilk (Early) ve son (Late) verileri kullanılarak Iğdır ili Aralık ilçesinde gözlemlenmiş sel olaylarının incelenmesi amaçlanmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI

Doğu Anadolu sınırları içerisinde yer alan Iğdır ili üç ülkeye (Ermenistan, İran ve Nahçıvan) sınırı bulunmaktadır. Aras havzası içerisinde bulunan Iğdır ili, Kuzeyinde Aras nehri, doğu ve güneydoğusunda Küçük Karasu, güneyde ve batıda Küçük Ağrı, Büyük Ağrı, Solaha, Kale ve Pamuk dağları ile çevrilidir. Çevresinde yer alan nispeten yüksek alanlar sebebiyle Iğdır ili mikroklima özelliği göstermektedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk geçmektedir (Yaltı, 2019). Konya havzası ve Doğu Akdeniz'in bazı kısımları ile birlikte Iğdır ovası toprak nemi eksikliğinin yanı sıra kurak ve yarı kurak olması sebebiyle sub-tropikal step iklimi (BSk) sınıfındadır (Türkeş, 2019). Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı iklim sınıflandırma katsayılarından Aydeniz iklim sınıflandırmasına göre çok kurak, Erinc iklim sınıflandırmasına göre kurak ve DeMartonne iklim sınıflandırmasına göre ise yarı kurak iklim sınıfındadır (MGM, 2022a). Şekil 1'de Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan sıcaklık ve yağış verileri ile Iğdır ilinde gerçekleşen seller yer almaktadır. Kayıt edilen sellerin çoğu kısa sürede fazla yağış meydana gelen konvektif yağışların olduğu mayıs, haziran, temmuz ve ağustos aylarında meydana gelmektedir.



Şekil 1. Iğdır ilinin Sıcaklık – Yağış – Sel Miktarı grafiği

Şekil 2’de görüleceği üzere, Iğdır ilinde birçok sel hadisesi gerçekleşmiş ve haberlere yansımıştır. Uluslararası Türkiye-Nahcivan karayolunun geçmesi, tarım arazileri ile yerleşim yerlerinin bulunması ve bölgenin rüzgar erozyonuna maruz kalması nedenlerinden çalışma yeri olarak Iğdır ilinin taşkın alanlarından biri olan Aralık ilçesi seçilmiştir.



Şekil 2. Iğdır ili sel haberlerinin kupürleri

3. METOT/MATERYAL

Meteoroloji Genel Müdürlüğü şiddetli yağışları Eşitlik 1 ile tanımlamıştır:

$$R = \sqrt{5t + \left(\frac{t}{24}\right)^2} \quad (1)$$

Eşitlikte R ve t sırasıyla milimetre ve dakika birimleriyle yağış miktarını ve süresini göstermektedir (MGM, 2022b). IMERG ilk ve son verileri 30 dakikalık olduğundan Eşitlik 1, şiddetli yağış miktarını (R) değerini 12,2 mm verir.

Dönmez ve Tekeli (2017) Avrupa Yağış Klimatoloji İndeksine (European Precipitation Climatology Index – EPIC) benzer olarak şiddetli yağmur ve ani seller için kullanmak üzere Gaziantep Sel İndeksi (Gaziantep Flood Precipitation Index, GAFI) geliştirmişlerdir. EPIC ile GAFI arasındaki temel fark GAFI aylık maksimum değerleri temel olarak oluşturulmuştur. Geliştirilen GAFI formülü Eşitlik 2’deki gibidir:

$$GAFI = \frac{P_i}{\frac{\sum_{i=1}^N \max(P_i)}{N}} \quad (2)$$

GAFI ile aylık maksimumların ortalaması ile yağış değerlerin karşılaştırılması sonucu elde edilecek katsayı üzerinden taşkın yorumu yapabilmek amaçlanmıştır. EPIC kullanılan çalışmalarda taşkın olan zamanlarda katsayının 1 ve 1,5

üzerinde olduğu bilindiğinden GAFI kullanılırken de bu değerler üzerine odaklanılmıştır (Dönmez ve Tekeli, 2017). Aynı yöntem kullanılarak Iğdır için elde edilen Iğdır Sel İndeksi (İSİ) Eşitlik 3’deki gibidir. Çalışmada Aralık ilçesini kapsayan pikseller için sel tarihleri ile indeks değerleri karşılaştırılacaktır.

$$ISİ = \frac{P_i}{\frac{\sum_{i=1}^N Max(P_i)}{N}} \quad (3)$$

4. VERİLER

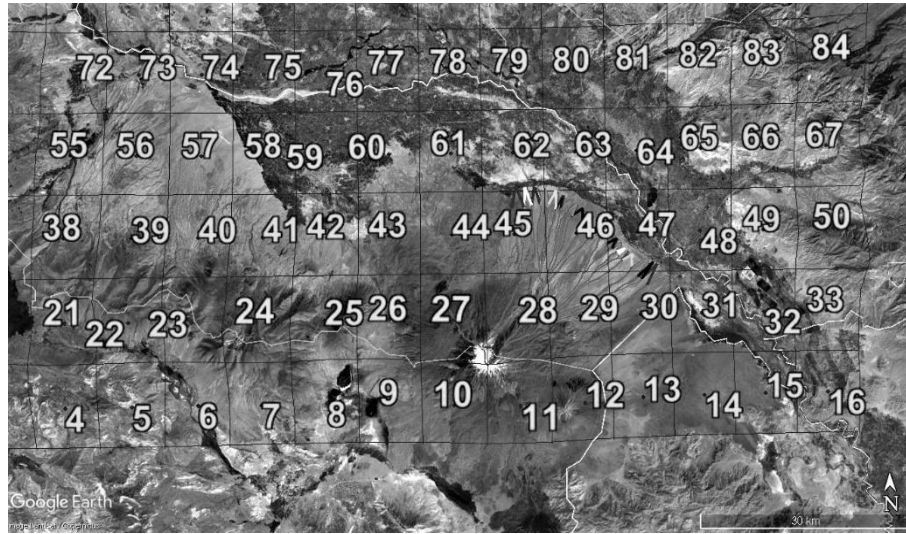
Geçmiş haber kaynaklarının taranması ile Iğdır ili Aralık ilçesi için Çizelge 1’de verilen üç adet sel tarihi bulunabilmektedir. Bulunan sel tarihleri, “Devlet Su İşleri Taşkın, Arıza ve Müdahale Mekânsal Bilgi Sistemi” veri tabanından doğrulanmıştır.

Çizelge 1. Iğdır ili Aralık ilçesinde gerçekleşen sel tarihleri

Sel Tarihi (Gün.Ay.Yıl)	Selin Gerçekleştiği Yer
05.06.2015	Aralık, Merkez
07.05.2018	Aralık, Gödekli
23.05.2021	Aralık, Gödekli

Çalışmada kullanılan veriler NASA’nın internet sitesinden (<https://gpm.nasa.gov/data>) indirilmiştir. IMERG ilk (Early) ve son (Late) verileri aynı mekânsal 0.1°x0.1° ve 0.5 saat zamansal çözünürlüktedir. Bu veriler arasındaki temel fark ilk (Early) verilerinin uydu taramasını takiben 4 saat sonra, son (Late) verilerinin ise 14 saat sonra yayınlanmasıdır (NASA, 2022b).

NASA’nın resmi sitesinden indirilen verilerden (Geospatial Data Abstraction Library – GDAL) programı ile GPM piksellerinden Iğdır ili Aralık üzerine düşen değerleri çekilmiş ve çekilen değerler çalışmada kullanılmıştır. Şekil 3’de Iğdır ilini kapsayan piksellerden 27-30 ila 44-47 numaralı olanlar Aralık ilçesini içermektedir.



Şekil 3. Iğdır ili üzerine denk gelen GPM Imerg pikselleri (27-30 ila 44-48 Aralık ilçesini içermektedir)

4. DEĞERLENDİRME

Aralık ilçesini kapsayan GPM piksellerinde sel tarihlerine karşılık gelen yağış değerleri incelendiğinde Eşitlik 1’e göre belirlenen sabit eşik değere (12,2 mm) eşit veya büyük değerler bulunamamıştır. Çevresinde bulunan coğrafyaya kıyasla mikroklima özelliği gösteren Iğdır ilinde uzun yıllar yıllık toplam yağış miktarı 256 mm ile Türkiye geneli ve Doğu Anadolu bölgesi ortalama değerleri olan 650,5 mm ve 579,4 mm’den küçüktür (Karaoğlu, 2011). Bu sebeple Türkiye geneli için üretilmiş bir denklem olan Eşitlik 1 ile bulunan 12,2 mm sabit eşik değerinin Iğdır ile Aralık ilçesindeki sellerin tespit edilmesinde yetersiz kalacağı gözlemlenmiştir. Ayrıca sellerin daha sık görüldüğü aylarda, sel oluşumunda yağışlardan daha etkili olan Ağrı dağı kaynaklı kar erimeleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu konuda çalışmalar devam etmektedir.

Sellerin meydana geldiği aylarda ilgili pikseller için İSİ değerleri, GPM ilk ve son verileri için Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanmıştır. Haziran ayı için yapılan hesaplamalarda İSİ değerlerinin ilgili piksellerde 1’in üzerine çıkamadığı

tespit edilmiştir. Mayıs ayı içinde yaşanan 23.05.2021 tarihli sel için yapılan hesaplamalarda ise ISI değerlerinin ilgili piksellerde 1'in üzerinde olduğu belirlenmiştir. Değerler, GPM Imerg ilk ve son ürünleri için Çizelge 2 ve Çizelge 3'de sunulmuştur. ISI değerleri hesaplamaları ve oluşan seller arasındaki karşılaştırma analizleri devam etmektedir.

Çizelge 2. Imerg ilk verileri ile 27-30 ila 44-47 piksellerinin 23.05.2021 seli için hesaplanmış 1'den büyük ISI değerleri

Saat	Piksel	ISI	Piksel	ISI
14:30	28	1.31	29	1.44
17:30	47	1.25	---	---
18:00	47	1.25	---	---

Çizelge 3. Imerg son verileri ile 27-30 ila 44-47 piksellerinin 23.05.2021 seli için hesaplanmış 1'den büyük ISI değerleri

Saat	Piksel	ISI	Piksel	ISI	Piksel	ISI	Piksel	ISI
13:00	46	1.17	---	---	---	---	---	---
13:30	46	1.25	---	---	---	---	---	---
14:00	45	1.29	46	1.56	---	---	---	---
14:30	28	1.31	29	1.44	45	2.15	46	2.42
17:00	47	1.00	---	---	---	---	---	---
17:30	47	1.29	---	---	---	---	---	---

3. SONUÇ

Iğdır ili Aralık ilçesinde sel hadiseleri GPM-IMERG ilk ve son verileri ile incelenmiştir. Sel hadiselerinin gerçekleştiği bahar ve yaz aylarında yağış miktarının fazla olduğu gözlenmiştir. Yarım saat zamansal çözünürlüğe sahip IMERG verileri için Denklem 1 kullanılarak sabit eşik değer hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler, haber kaydı olan sel tarihleri ve Aralık ilçesini kapsayan pikseller karşılaştırılmıştır.

Denklem 2'den yola çıkarak IMERG ilk ve son verileri ile Iğdır ili üzerinde işaretlenen tüm pikseller için ISI değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan ISI değerlerinin 5. ve 6. aylar için 1'den büyük olanlar çekilerek Aralık üzerine sel kaydı olan tarihler ile eşleşme olup olmadığı kontrol edilmiştir.

Çizelge 1'de yer alan sel olaylarından 1 tanesi yakalanmıştır. Kümülatif Dağılım Fonksiyonu analizi ile sonuçların daha iyi olacağı düşünülmektedir. Çalışmada, sadece yağış miktarı değerlendirilmiş olup selleri etkileyen diğer faktörler dikkate alınmamıştır. Özellikle iklim ve toprak yapısı çevresine göre ayrılan Iğdır ili Aralık ilçesi gibi bölgelerin sel analizlerinde, diğer faktörlerin de dâhil edilmesiyle sonraki çalışmalarda daha iyi sonuçların alınacağı beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- CRED.**, 2020. <https://www.undrr.org/publication/human-cost-disasters-overview-last-20-years-2000-2019> [Erişim tarihi: 30.06.2022].
- Dölek, İ.**, 2013. Muş'ta yaşanan sel ve taşkınlarla neden olan doğal faktörlerin analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (28), 408-422.
- Dönmez, S. ve Tekeli, A. E.**, 2017. Comparison of TRMM-based flood indices for Gaziantep, Turkey. *Natural Hazards*, 88(2), 821-834.
- ETKB.**, 2017. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-iklim-degisikligi-ve-uluslararası-muzakereler> [Erişim tarihi: 10.07.2022].
- Kadioğlu, M.**, 2009. Küresel iklim değişimi ve Türkiye. *Engineer & the Machinery Magazine*, (593).
- Karadavut, C.**, WRF ve ALARO Hava Tahmin Modelleri için Verifikasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul. 4-5 sayfalar.
- Karaoğlu, M.**, 2011, Zirai meteorolojik açıdan Iğdır iklim etüdü. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 1(1), 97-104.
- MGM.**, 2022a. İklim Sınıflandırması Iğdır. <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=IGDIR> [Erişim tarihi: 25.10.2022].
- MGM.**, 2022b. Maksimum Yağışlar Şiddet ve Tekerrür Analizleri. <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/maksimum-yagislar.aspx> [Erişim tarihi: 28.06.2022].
- Nasa.**, 2022a. GPM Mission Concept. <https://gpm.nasa.gov/missions> [Erişim tarihi: 25.10.2022].

NASA., 2022b. What are the differences between IMERG Early, Late, and Final Runs, and which should be used for research?. <https://gpm.nasa.gov/resources/faq/what-are-differences-between-imerg-early-late-and-final-runs-and-which-should-be-used> [Erişim tarihi: 30.07.2022].

Tekeli, A. E., 2015, Uydu Tabanlı Yağış Verileri ile Gaziantep Taşkınlarının İncelenmesi. *II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu*, (2), 553-562.

Türkeş M., 2019. Climate and Drought in Turkey, In book: Water Resources of Turkey. *Water Resources of Turkey*, 85-125.

Yaltı, S. ve Aksu, H., 2019. Drought Analysis of Iğdır Turkey. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 7(12), 2227-2232.