

# ORMAN KURAKLIĞI VE AĞAÇ ÖLÜMÜNÜN UZAKTAN ALGILAMA TEKNİĞİ İLE TESPİT EDİLMESİ

Bilal ATAK<sup>1</sup>, Tolga BAKIRMAN<sup>2</sup>, Abdurrahim AYDIN<sup>3</sup>, Bülent BAYRAM<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Öğr. Gör., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 40300, Kaman/ Kırşehir, bilal.atak@ahievran.edu.tr

<sup>2</sup> Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler / İstanbul, bakirman@yildiz.edu.tr

<sup>3</sup> Prof. Dr., Düzce Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 81620, Merkez / Düzce, aaydin@duzce.edu.tr

<sup>4</sup> Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler / İstanbul, bayram@yildiz.edu.tr

## ÖZET

Küresel iklim değişikliğine bağlı küresel ısınma yaşadığımız yer yüzünü ve ülkemizi doğrudan ve dolaylı olarak tehdit etmektedir. Kuraklık ise insan yaşamını doğrudan etkileyen hayati tehditlerindendir. Kuraklığa verdiği hızlı karşılık, gıdaya olan gereksinim ve küresel iklim değişikliği ile mücadele kapsamında politika yapımcıların dikkatlerinin çekilmesi amacıyla yapılan çalışmalar genellikle tarım arazilerinde olmaktadır. Ancak karbon stoğu yönüyle ekosistemde önemli yeri olan ve alternatifi olmayan ormanlar da kuraklıktan ciddi şekilde etkilenmektedir. Kuraklığa bağlı ağaç ölümleri, doğal yenilenmenin olmayışı nedeniyle ormansızlaşma, ormanlar ve insanlar için tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle ormanlarda kuraklığın haritalanması ve ağaç ölümlerinin tespiti ekosistem için hayati öneme sahiptir. Bu çalışmada Kırklareli ve Edirne ili sınırındaki ormanlık alan çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Google Earth Engine (GEE) platformu üzerinden Surface Reflectance (SR) veri paketleri kullanılarak 2014-2023 yılları arasındaki Landsat-8 (OLI/TIRS) görüntüleri ve 2018-2023 yılları arasındaki Sentinel-2 (MSI) görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntüleri ile aylık olarak Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) ile Bitki Durum İndeksi (VCI) haritaları oluşturulmuş ve uydu görüntülerinin görünebilir bantları (RGB) ile bu haritalar görsel olarak analiz edilmiştir. Yapılan analizler ile 2020 yılı ve sonrasında VCI değerlerinde önemli bir negatif etki oluştuğunu ve eş zamanlı RGB görüntülerde ağaçsız alanlarda önemli bir artış olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Kuraklık, Ağaç Ölümü, Google Earth Engine, VCI, NDVI, Uzaktan Algılama

## ABSTRACT

## DETECTION OF FOREST DROUGHT AND TREE MORTALITY USING REMOTE SENSING TECHNIQUES

Global climate change, driven by global warming, poses both direct and indirect threats to our planet and our country. Drought, in particular, is one of the most critical threats that directly affects human life. Given the rapid response required to combat drought, the need for food, and efforts to address global climate change, most studies aimed at drawing policymakers' attention focus on agricultural lands. However, forests, which are vital to the ecosystem in terms of carbon storage and have no alternative, are also significantly impacted by drought. Drought-induced tree mortality and deforestation due to the lack of natural regeneration pose threats to both forests and humans. Therefore, mapping drought in forests and detecting tree mortality are of crucial importance for the ecosystem. In this study, the forested areas along the border of Kırklareli and Edirne provinces were selected as the study area. Using the Google Earth Engine (GEE) platform, Landsat-8 (OLI/TIRS) images from 2014-2023 and Sentinel-2 (MSI) images from 2018-2023 were analyzed using Surface Reflectance (SR) data packages. Monthly maps of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Vegetation Condition Index (VCI) were generated, and these maps were visually analyzed alongside the visible bands (RGB) of the satellite images. The analysis revealed a significant negative impact on VCI values starting in 2020, coinciding with a notable increase in deforested areas in the RGB images.

**Keywords:** Drought, Forest Mortality, Google Earth Engine, VCI, NDVI, Remote Sensing

## 1. GİRİŞ

Ekosistemler, topluma çok çeşitli hizmetleri sağlayarak insan refahına katkı da sağlamaktadır (MA, 2005). Orman ekosistemi ise biyolojik çeşitliliğin korunmasında, insanlığa temel ekosistem ürünleri ve hizmetlerinin sağlanmasında ve karbon ve su döngülerinin düzenlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Hartmann vd., 2018). Küresel değişimin artan baskısına maruz kaldıkça, ekosistemlerin işlevlerinin bozulma riski artmakta veya sağladığı hizmetler azalmaktadır (Carpenter vd. (2009). Küresel iklim sisteminde devam eden değişiklikler, bazı ekosistemlerdeki rahatsızlık rejimlerini değiştirerek halihazırda doğal bozulmalara neden olmaktadır (Seidl vd., 2016). Ağaç ölümü ise orman ekosistemindeki başlıca bozulmadır ve genellikle çeşitli faktörlerin neden olduğu doğal sonuçtur. Genel olarak



## 1.2 Metod

Uzaktan algılama verisi olarak iki farklı veri kaynağından yararlandığımız ve NDVI ile VCI endekslerle kuraklık ve ağaç ölümlerini izlediğimiz çalışmamız başlıca 4 adımdan oluşmaktadır. İlk adımda GEE platformu ile 2014-2023 yılları arası Landsat-8 OLI/TIRS (L8) ve 2018-2023 yılları arası Sentinel-2 MSI (S2) veri kataloglarından Surface Reflectance (SR) veri paketleri kullanılarak çalışma sınırına göre kırılmış ve maksimum %10 olacak şekilde bulut maskesi uygulanmıştır. Sonrasında GEE platformu üzerinden Landsat-8 görüntüleri ile 2014-2023 yılları arası, Sentinel-2 görüntüleri ile 2018-2023 yılları arası zaman serisi olarak kabul edilip aylık olarak NDVI değerleri hesaplanmıştır (1). Hesaplanan NDVI değerlerinden aylık VCI değerleri hesaplanarak (2) haritalar oluşturulmuştur. Ayrıca yine SR veri paketlerinden aylık görünür bölge görüntüleri oluşturulmuştur. Üçüncü adımda oluşturulan haritalar ve görüntüler çalışma sınırlarına göre kırılmış ve haritalar ArcGIS Pro 3.0.0 ticari yazılımı ile NDVI ve VCI değerlerine göre sınıflandırılmış ve alan sınıflara göre alanlar hesaplanmıştır. Son olarak RGB görüntüler kullanılarak kuraklık ve kuraklığa bağlı ağaç ölümü görsel olarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda GEE platformu üzerinde kullanılan NDVI ve VCI indekslerinin formülleri aşağıda sunulmuştur.

$$NDVI = \frac{(Band_{NIR} - Band_{RED})}{(Band_{NIR} + Band_{RED})} \quad (1)$$

$$VCI_{wi} = 100 * \frac{(NDVI - NDVI_{min})}{(NDVI_{max} - NDVI_{min})} \quad (2)$$

VCI endeks değerleri ile kuraklık sınıflandırması literatürde farklı değerler alınarak yapılmıştır. Literatürde en çok kullanılan sınıflandırma aralığı Kogan (1997)'de belirlediği aralık olup Çizelge 1.'de gösterilmiştir. Çalışmamızda referans sınıflandırma değerleri olarak (1997)'de belirlenen değerler alınarak ArcGIS Pro 3.0.0 ticari yazılımı ile sınıflandırma yapılmıştır (Şekil 2.).

Çizelge 1. Kogan (1997) tarafından önerilen sınıflandırma

Kuraklık Sınıfı	İndis Değeri
Aşırı Kurak	<10
Şiddetli Kurak	<20
Orta Kurak	<30
Hafif Kurak	<40
Kuraklık Yok	≥40

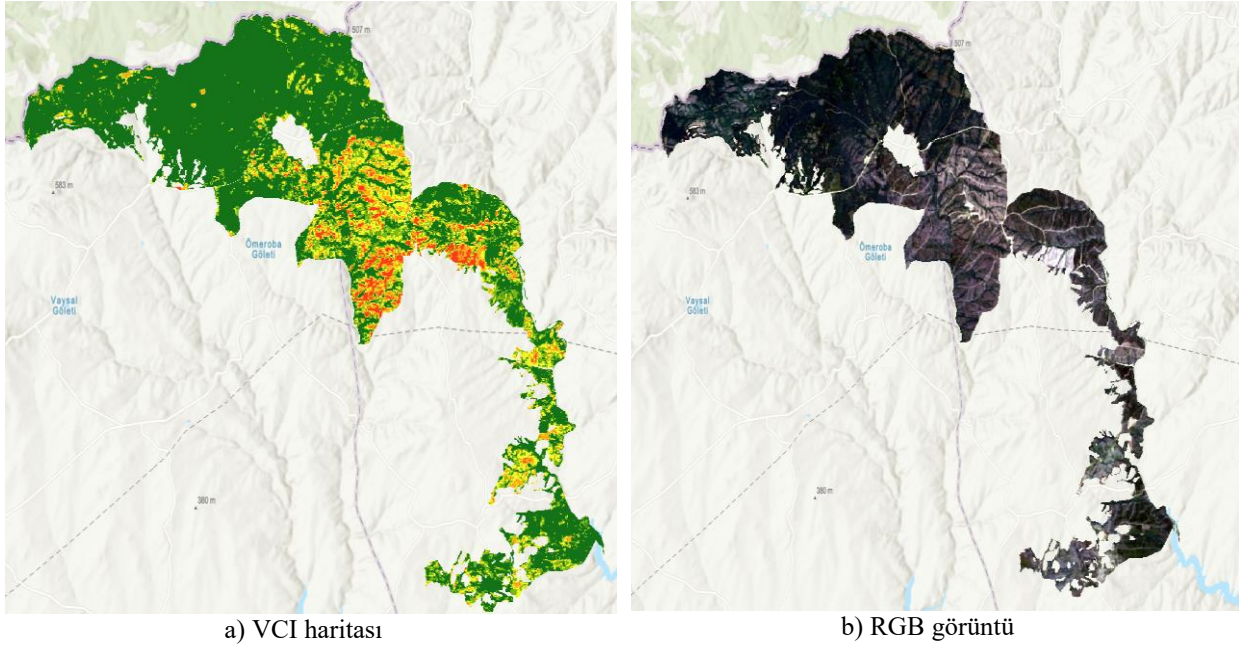
Color	Upper value	Label
	≤ 10.0	Aşırı Kurak
	≤ 20.0	Şiddetli Kurak
	≤ 30.0	Orta Kurak
	≤ 40.0	Hafif Kurak
	≤ 100.0	Kuraklık Yok

Şekil 2. VCI değerleri ile oluşturulan haritanın lejantı.

## 2. SONUÇLAR

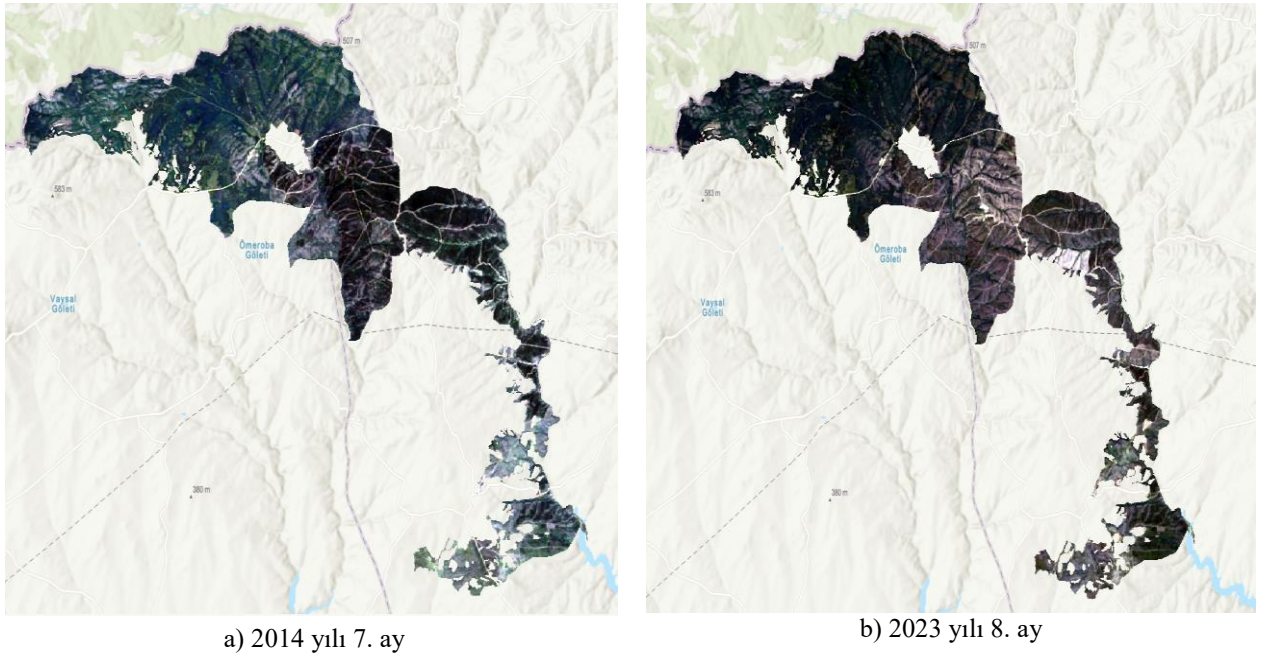
Bu çalışmada L8 ve S2 verileri kullanılarak VCI değerlerini zaman serisi içinde analiz edildiğinde 2020 yılı ve sonrasında VCI değerlerindeki ani değişim izlenmiştir. Ayrıca RGB görüntülerin ve VCI haritaların eş zamanlı analizi ile kuraklığa bağlı ağaç ölümü tespit edilmiştir. Çalışma alanında yaşanan kuraklığı ve ağaç ölümünü göstermek için bulut etkisinin görüntü doğruluğunu en az etkilediği 7. ve 8. aylar seçilmiştir. 2023 yılının 8. ayına ait VCI haritaları ve karşılık gelen RGB görüntüler Şekil 3.'te verilmiştir.

## B. Atak vd. : Orman Kuraklığı ve Ağaç Ölümünün Uzaktan Algılama Tekniği ile Tespit Edilmesi



Şekil 3. L8 ile üretilen 2023 yılının 8. ayına ait veriler.

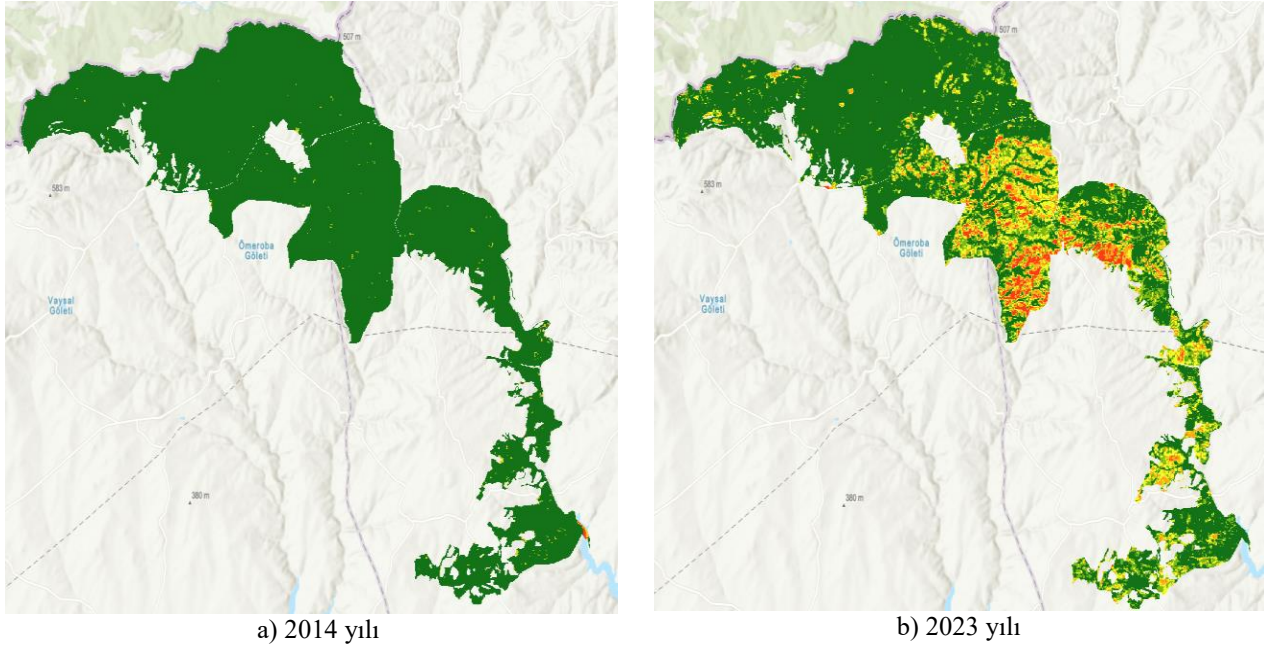
Şekil 3. incelendiğinde VCI endeks değerleri ile oluşturulan haritada kurak olarak sınıflandırılan bölgelerin RGB görüntüde ağaç örtüsünde açılmaların olduğu tespit edilmektedir. Gözlemlenen bu ağaçsız alanın 2014 yılı ile karşılaştığımızda (Şekil 4) bu bölgelerde ağaç ölümünün gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 4. L8 ile üretilen 2014 yılının 7. ayına ve 2023 yılının 8. ayına ait RGB görüntüler.

Şekil 4, çalışma alanında kitlesel ağaç ölümü gerçekleştiğini gözler önüne sermektedir. Bu kitlesel ağaç ölümünün altında yatan sebebin yaşanan kuraklık olduğunu Şekil 5., VCI haritalardan görsel olarak, Çizelge 2. ve Çizelge 3. ise sınıflandırılmış alanlardaki yüzölçümlerin (km<sup>2</sup>) yıllara göre değişimi ile sayısal olarak göstermektedir.

## B. Atak vd. : Orman Kuraklığı ve Ağaç Ölümünün Uzaktan Algılama Tekniği ile Tespit Edilmesi



Şekil 5. L8 ile üretilen 2014 yılının 7. ayına ve 2023 yılının 8. ayına ait VCI haritaları.

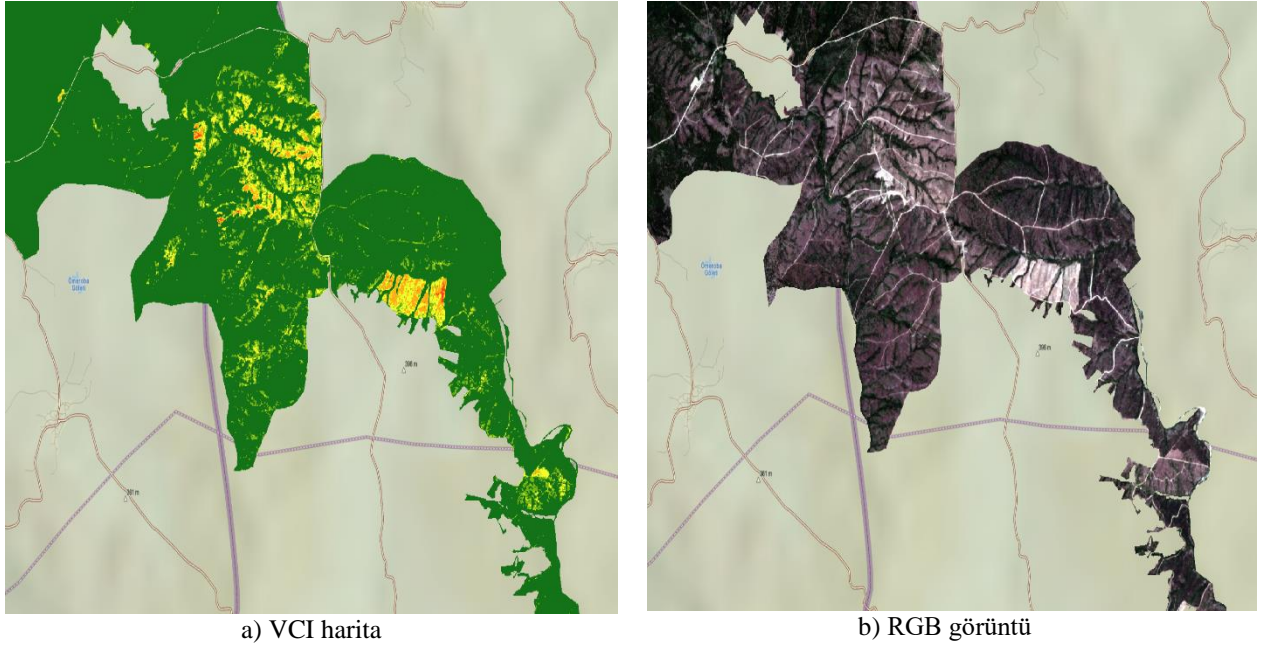
Çizelge 2. L8 verisi ile 2014 ila 2023 yılları arası 7. aylarda hesaplanan sınıf alanları (km<sup>2</sup>)

Kuraklık Sınıfı	2014-7	2015-7	2016-7	2017-7	2018-7	2019-7	2020-7	2021-7	2022-7	2023-7
Aşırı Kurak	0	0,008031	1,165802	0,029458	0,343852	0,862447	0,014051	0,007359	0,056863	0,363898
Şiddetli Kurak	0,042852	0,284445	1,228538	0,285891	0,582063	0,746046	0,451665	0,163283	0,994182	1,536651
Orta Kurak	0,141233	1,302917	1,834029	1,081895	1,070647	1,248643	2,156456	1,213936	2,858115	3,111513
Hafif Kurak	0,333949	2,921051	2,905042	2,326764	1,211828	2,466921	4,64494	3,304303	4,925355	4,671108
Kuraklık Yok	65,28018	61,28177	45,1626	62,07421	39,11992	59,2326	58,5311	61,10933	56,9637	56,11504

Çizelge 3. S2 verisi ile 2018 ila 2023 yılları arası 7. aylarda hesaplanan sınıf alanları (km<sup>2</sup>)

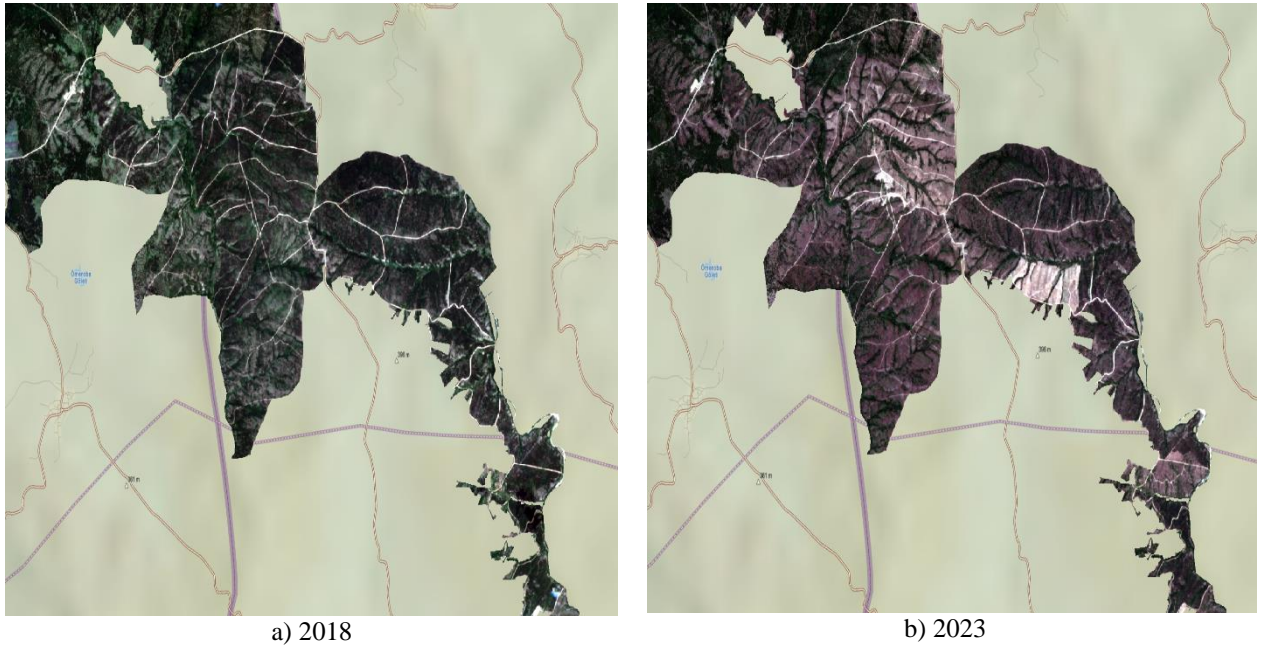
Kuraklık Sınıfı	2018-7	2019-7	2020-7	2021-7	2022-7	2023-7
Aşırı Kurak	0	0		0,000149	0,003121	0,029357
Şiddetli Kurak	0,009073	0,00669	0,003568	0,010183	0,13005	0,420663
Orta Kurak	0,042462	0,15936	0,160757	0,214276	1,092885	1,34407
Hafif Kurak	0,17879	0,779857	1,366622	1,886872	3,808547	2,860054
Kuraklık Yok	65,55527	64,83968	64,25464	63,67411	60,75099	61,13145

Çizelge 2 ve Çizelge 3 incelendiğinde S2 verisinin aşırı kurak, şiddetli kurak ve orta kurak sınıfındaki alanların aynı aya ait L8 verisine göre daha az olduğu, ayrıca kuraklık yok sınıf alanının yine S2 verisi ile hesaplandığında daha büyük olduğu tespit edilmiştir. S2 verisi ile üretilen VCI haritanın RGB görüntü ile karşılaştırılması Şekil 6'da yapılmıştır. Bu farkın L8 verisi zaman serisinin 2014 yılından başlamasından, S2 verisi zaman serisinin ise 2018 yılından başlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca her iki çizelgede de 2020 yılı sonrası kurak sınıf alanlarında artma olduğu görülmektedir.



Şekil 6. S2 ile üretilen 2023 yılının 7. ayına ait VCI harita ve RGB görüntü.

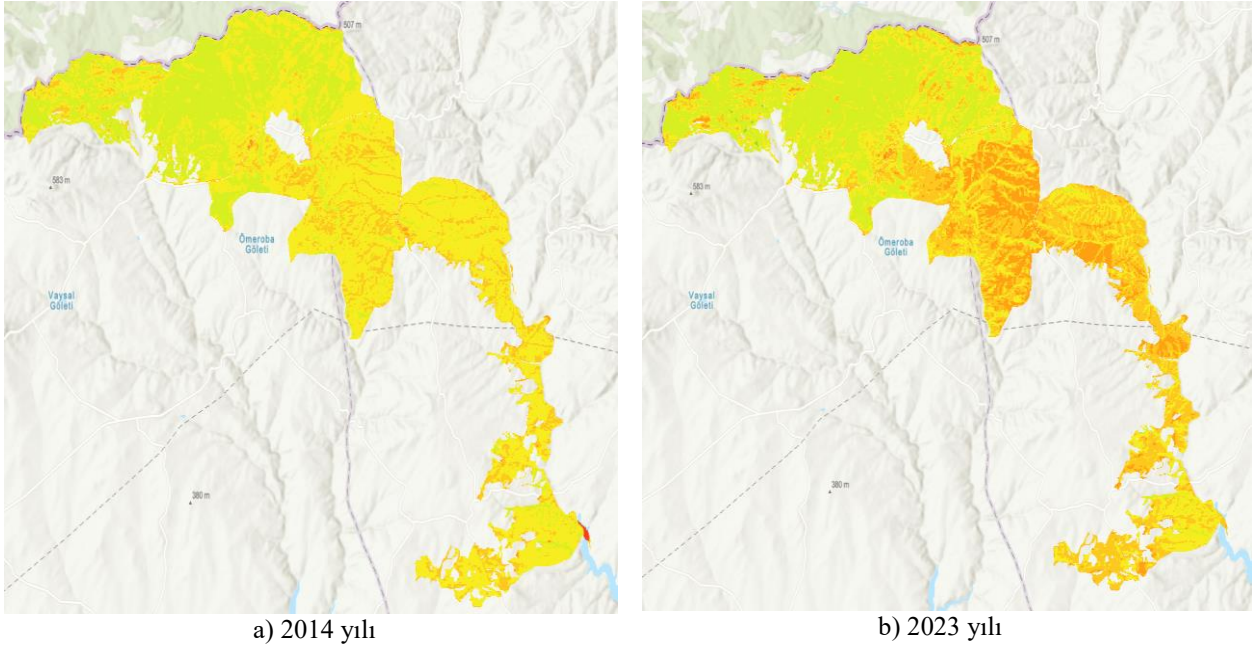
Şekil 6 incelendiğinde kuraklığa bağlı ağaç ölümlerinin gerçekleştiği alanlar RGB görüntüde belirgindir. Ancak VCI harita, RGB görüntüdeki bu alanlar ile kısmen örtüştüğü gözlemlenmektedir ve Şekil 7 kuraklığa bağlı alanlardaki değişimi görmemize yardımcı olmuştur.



Şekil 7. S2 ile üretilen 2018 ve 2023 yılının 7. ayına ait RGB görüntü.

Literatürde kuraklık ile ilgili çalışmalar farklı endekslerle çalışılmaktadır ancak NDVI endeks değeri en bilinen kuraklık endeksidir. Çalışma alanının L8 verilerden elde edilen 2014 ve 2023 yılının 7. ayına ait NDVI haritası Şekil 8.'de gösterilmiştir. NDVI endeks değerlerinin sınıflandırılması ve oluşturulan haritanın lejantı Şekil 9'dadır.

## B. Atak vd. : Orman Kuraklığı ve Ağaç Ölümünün Uzaktan Algılama Tekniği ile Tespit Edilmesi



Şekil 8. L8 ile üretilen 2014 yılının 7. ayına ve 2023 yılının 7. ayına ait NDVI haritaları.

Color	Upper value	Label
Red	$\leq 0.0$	-1 - 0
Orange	$\leq 0.1$	0.001 - 0.1
Light Orange	$\leq 0.2$	0.101 - 0.2
Yellow	$\leq 0.3$	0.201 - 0.3
Light Yellow	$\leq 0.4$	0.301 - 0.4
Yellow-Green	$\leq 0.5$	0.401 - 0.5
Green	$\leq 0.6$	0.501 - 0.6
Light Green	$\leq 0.7$	0.601 - 0.7
Dark Green	$\leq 0.8$	0.701 - 0.8
Very Dark Green	$\leq 1.0$	0.8 - 1

Şekil 9. VCI değerleri ile oluşturulan haritanın lejanti.

NDVI endeks haritaları (Şekil 8.) 2014 ila 2023 yılı arasında orman parsellerinde değişikliğin olduğunu göstermektedir ancak VCI haritaları (Şekil 5.)'daki gibi belirgin değildir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar, uzun dönem zamansal uydu görüntüleri kullanılarak, VCI ile orman kuraklığının ve ağaç ölümlerinin tespit edilebildiğini göstermiştir. Böylelikle, orman kuraklığına müdahale ve önlem alınması konusunda orman yetkililerine ve karar vericilere altlık coğrafi bilgiler de sağlanmış olmaktadır.

L8 ve S2 verileri arasında yapılan karşılaştırma ile VCI haritası çalışacaklar için zaman serisinin uzunluğunun çalışma alanındaki değişimi tespit etmek için daha önemli olduğunu göstermektedir. Bundan sonraki çalışmalar için Landsat 7 ve Landsat 5 verileri ile kuraklık analizlerinin yapılması değişimin haritalanması için daha doğru sonuçlar verecektir.

## B. Atak vd. : Orman Kuraklığı ve Ağaç Ölümünün Uzaktan Algılama Tekniği ile Tespit Edilmesi

Gelecekte yapılacak kuraklık analizlerinde meteoroloji istasyonlarında gelecek sıcaklık ve yağış gibi meteoroloji verileri ile daha yüksek spektral çözünürlüğe sahip kameralardan alınacak veriler kullanılarak ağaç ölümlerinin kuraklıkla ilişkisi daha güçlü sonuçlarla araştırılabilir.

### KAYNAKLAR

Ali, S., Haixing, Z., Qi, M., Liang, S., Ning, J., Jia, Q. ve Hou, F., 2021. Monitoring drought events and vegetation dynamics in relation to climate change over mainland China from 1983 to 2016. *Environmental Science and Pollution Research*, 28: 21910-21925.

Allen, C., Breshears, D. ve McDowell, N., 2015. On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die-off from 690 hotter drought in the Anthropocene, *Ecosphere*, 6, 129.

Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D.D., Hogg, E.H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J.-H., Allard, G., Running, S.W., Semerci, A. ve Cobb, N., 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259(4): 660-684.

Allen, M., Dube, O., Solecki, W., Aragón-Durand, F., Cramer, W., Humphreys, S., Kainuma, M., Kala, J., Mahowald, N. ve Muluetta, Y., 2018. Global warming of 1.5 C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. *Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*.

Bulut, B. ve Yılmaz, M.T., 2016. *Teknik Dergi*, 27(4): 7619-7634.

Carpenter, S.R., Mooney, H.A., Agard, J., Capistrano, D., DeFries, R.S., Díaz, S., Dietz, T., Duraiappah, A.K., Oteng-Yeboah, A., Pereira, H.M., Perrings, C., Reid, W.V., Sarukhan, J., Scholes, R.J. ve Whyte, A., 2009. Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(5): 1305-1312.

Choat, B., Brodribb, T.J., Brodersen, C.R., Duursma, R.A., López, R. ve Medlyn, B.E., 2018. Triggers of tree mortality under drought. *Nature*, 558(7711): 531-539.

Duan, H., Duursma, R.A., Huang, G., Smith, R.A., Choat, B., O'GRADY, A.P. ve Tissue, D.T., 2014. Elevated [CO<sub>2</sub>] does not ameliorate the negative effects of elevated temperature on drought-induced mortality in *Eucalyptus radiata* seedlings. *Plant, Cell & Environment*, 37(7): 1598-1613.

Greenwood, S., Ruiz-Benito, P., Martínez-Vilalta, J., Lloret, F., Kitzberger, T., Allen, C.D., Fensham, R., Laughlin, D.C., Kattge, J., Bönisch, G., Kraft, N.J.B. ve Jump, A.S., 2017. Tree mortality across biomes is promoted by drought intensity, lower wood density and higher specific leaf area. *Ecology Letters*, 20(4): 539-553.

Hartmann, H., Moura, C.F., Anderegg, W.R.L., Ruehr, N.K., Salmon, Y., Allen, C.D., Arndt, S.K., Breshears, D.D., Davi, H., Galbraith, D., Ruthrof, K.X., Wunder, J., Adams, H.D., Bloemen, J., Cailleret, M., Cobb, R., Gessler, A., Grams, T.E.E., Jansen, S., Kautz, M., Lloret, F. ve O'Brien, M., 2018. Research frontiers for improving our understanding of drought-induced tree and forest mortality. *New Phytologist*, 218(1): 15-28.

Jimenez, J.A., Lugo, A.E. ve Cintron, G., 1985. Tree Mortality in Mangrove Forests. *Biotropica*, 17(3): 177-185.

Kogan, F.N., 1997. Global Drought Watch from Space. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(4): 621-636.

Liang, L., Qiu, S., Yan, J., Shi, Y. ve Geng, D., 2021. VCI-Based Analysis on Spatiotemporal Variations of Spring Drought in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(15): 7967.

Lugo, A.E. ve Scatena, F.N., 1996. Background and Catastrophic Tree Mortality in Tropical Moist, Wet, and Rain Forests. *Biotropica*, 28(4): 585-599.

MA, 2005. *ECOSYSTEMS AND HUMAN WELL-BEING*.

McDowell, N., Allen, C.D., Anderson-Teixeira, K., Brando, P., Brien, R., Chambers, J., Christoffersen, B., Davies, S., Doughty, C., Duque, A., Espirito-Santo, F., Fisher, R., Fontes, C.G., Galbraith, D., Goodsman, D., Grossiord, C., Hartmann, H., Holm, J., Johnson, D.J., Kassim, A.R., Keller, M., Koven, C., Kueppers, L., Kumagai, T.o., Malhi, Y., McMahon, S.M., Mencuccini, M., Meir, P., Moorcroft, P., Muller-Landau, H.C., Phillips, O.L., Powell, T., Sierra, C.A., Sperry, J., Warren, J., Xu, C. ve Xu, X., 2018. Drivers and mechanisms of tree mortality in moist tropical forests. *New Phytologist*, 219(3): 851-869.

Onuřluel Gl, G., 2024. Türkiye’de tarımsal kuraklığın uzaktan algılama verileri ile Google Earth Engine zerinden izlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mhendislik Bilimleri Dergisi*, 30(1): 71-80.

Ozelkan, E., Chen, G. ve Ustundag, B.B., 2016. Multiscale object-based drought monitoring and comparison in rainfed and irrigated agriculture from Landsat 8 OLI imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 44: 159-170.

Reddy, D.S. ve Prasad, P.R.C., 2018. Prediction of vegetation dynamics using NDVI time series data and LSTM. *Modeling Earth Systems and Environment*, 4: 409-419.

Seidl, R., Spies, T.A., Peterson, D.L., Stephens, S.L. ve Hicke, J.A., 2016. REVIEW: Searching for resilience: addressing the impacts of changing disturbance regimes on forest ecosystem services. *Journal of Applied Ecology*, 53(1): 120-129.

Sun, Y., Lao, D., Ruan, Y., Huang, C. ve Xin, Q., 2023. A Deep Learning-Based Approach to Predict Large-Scale Dynamics of Normalized Difference Vegetation Index for the Monitoring of Vegetation Activities and Stresses Using Meteorological Data. *Sustainability*, 15(8): 6632.