

Türkiye’de Yapılan Kuraklık Analiz Çalışmaları Üzerine Bir Derleme

Yasemin DENİZ ÖZTÜRK¹, Ramazan ÜNLÜ²

Öz

Kuraklık, iklim değişikliği konusunun önem kazanmasıyla birlikte, özellikle 2000’li yıllardan sonra bilim insanları tarafından en çok çalışılan afet konularından birisi olmuştur. Kuraklık konusunda birçok farklı yöntemin bulunması ve kuraklığın çok farklı bilim dalları tarafından incelenmesi sayesinde kuraklık konusunda çok fazla bilimsel yayın üretilmiştir. Bu çalışmada, meteorolojik veriler üzerinden herhangi bir istatistiksel yöntem kullanılarak Türkiye’nin geneli ya da bir bölgesiyle ilgili kuraklık analizlerinin yer aldığı tezler, ulusal makaleler ve uluslararası makaleler derlenmiştir. Çalışmada 1943-2021 arasında yazılmış 73 yüksek lisans ve doktora tezi, 107 ulusal makale ve 90 adet uluslararası makale olmak üzere toplam 270 çalışma incelenmiştir. Bu çalışmalar yayın yılı, kullanılan kuraklık analiz yöntemleri, ilk yazarın bilim alanı ve çalışmada incelenen bölgeye göre sınıflandırılarak frekans dağılımları ortaya konulmuştur. Çalışmada ulaşılan başlıca sonuçlar şu şekildedir: Türkiye de kuraklık analizi ile ilgili yayınlanan ilk çalışmalar 1943, 1956 ve 1965 yıllarında yapılmış olmasına rağmen kuraklık ile ilgili çalışmalar 2000 yılı sonrasında artış göstermeye başlamıştır. Toplam yayın sayısı 2019’da 37, 2020’de 43 adet, 2021’de 64 adede ulaşmıştır. 2019-2021 döneminde yapılan yayınlar tüm yayınların %53’lük kesimine karşılık gelmektedir. Son yıllardaki bu hızlı artış yayın sayılarında logaritmik artışın yaşanmasına neden olmuştur. Çalışmalarda kuraklık analizlerinde 63 farklı yöntem kullanılmakla birlikte standartlaştırılmış yağış indisi %56’lık bir kullanım oranı ile baskın yöntem olmaktadır. Türkiye genelini kapsayan çalışmalar olmakla birlikte (41 adet), çalışmaların büyük bölümü havza bazlı gerçekleştirilmiştir (113 adet). Diğer çalışmalar ise coğrafi bölgeler, il ya da daha küçük yerleşim alanları için gerçekleştirilmiştir. Farklı bilim alanlarına göre İnşaat Mühendisliği (131 adet) ve Coğrafya bölümleri (41 adet) en fazla kuraklık analizi çalışmaları gerçekleştiren bölümlerdir.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, Analiz, Türkiye, SPI

A Review on Drought Analysis Studies in Turkey

Abstract

Drought has become one of the most studied disaster issues by scientists, especially after the 2000s, with the importance of climate change. Many scientific publications on drought have been produced, due to many different methods on drought and the study of drought by many disciplines of science. In the study, theses, national and international articles, which include drought analysis by using any statistical method over meteorological data in Turkey, were compiled. A total of 270 studies, including 73 master's and Ph.D. theses, 107 national articles, and 90 international articles, written between 1943-2021 were examined. These studies were classified according to the year of publication, the drought analysis methods used, in

¹ Öğretim Görevlisi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin Meslek Yüksekokulu, Acil Durum ve Afet Yönetimi Programı, Artvin e-posta/ e-mail: yasemindeniz17@gmail.com ORCID No: 0000-0002-1208-1456

² Doç. Dr. Abdullah Gül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kayseri İlgili yazar e-posta/ Corresponding Author e-mail: ramazanunlu@gmail.com ORCID No: 0000-0002-1201-195X

Bu makaleye atıf yapmak için- *To cite this article*

Öztürk, Y.D. ve Ünlü R. (2022). Türkiye’de Yapılan Kuraklık Analiz Çalışmaları Üzerine Bir Değerlendirme. *Afet ve Risk Dergisi*, 5(2), 669-680.

publication, the scientific field of the first author, and the region examined in the study, and their frequency distributions were revealed. The main conclusions of this study are as follows: Although the first published studies on drought analysis in Turkey were made in 1943, 1956, and 1965, studies on drought started to increase after 2000 and the total number of publications reached 37 in 2019, 43 in 2020, and 64 in 2021. Publications in the period of 2019-2021 correspond to 53% of all publications. This rapid increase in recent years has led to a logarithmic increase in the number of publications. Although 63 different methods are used in drought analysis in the studies, the standardized precipitation index is the dominant method with a usage rate of 56%. Most of the studies were carried out on the basins (113). In 41 studies, the whole of Turkey was examined. Other studies were carried out for geographical regions, provinces, and smaller settlements. According to the scientific fields, it is seen that the Civil Engineering (131 units) and Geography (41 units) departments are the scientific fields that carry out the most drought analysis studies.

Keywords: Drought, Analysis, Turkey, SPI

1. GİRİŞ

Kuraklık iklimsel değişimlerden dolayı belirli alanlarda atmosferik, yer altı veya yer üstü su kaynaklarının bir bölgedeki insanların ve bitkilerin ihtiyacını karşılayamaması durumudur (Wilhite ve Buchanan-Smith, 2005). Kuraklık temel olarak uzun süreli yağış eksikliği nedeniyle nem miktarında dengesizlikler oluşması, yüksek sıcaklıklar nedeniyle yüzey buharlaşmasının belirli bir dönemde normalden daha yüksek olması ile meydana gelir (Wilhite ve Pulwarty, 2017). Düşük nem ve rüzgâr gibi faktörler ise kuraklığın şiddetine ve süresine etki eden diğer faktörlerdendir (Jalilzadnezamabad, 2019). İklimsel afetler içerisinde en yıkıcı afet olan kuraklık (Sönmez vd., 2005) sadece günümüzün bir problemi olmayıp gelecekte karşı karşıya kalacağımız en önemli afetlerin başında gelmektedir (Spinoni, 2020). Ayrıca kuraklıklar insanlık tarihinde büyük savaşlar, göçler ve yıkımlar üzerinde etkili olmuştur. Örneğin, M.Ö. 2150 yılında yaşanan kuraklık sonucu Akad imparatorluğu yıkılmıştır. 1930-1940 yılları arasında Kuzey Amerika'nın iç kesimlerinde yaşanan kuraklık ve kum fırtınası 400.000 km² alanı etkilemiş birçok bölgedeki insan yapılarını kumlar altında bırakmış, büyük göçlere neden olmuştur. 1789 Fransız Devrimi, 1917 Bolşevik Devrimi, Türkler'in Asya'dan Anadolu'ya göçü kuraklığın neden olduğu diğer önemli sonuçlardandır (Cookson vd., 2019; Kadioğlu, 2008).

Türkiye Doğu Akdeniz içerisinde yer almaktadır. İklim değişikliği senaryolarına göre Akdeniz bölgesinde 21. yy içerisinde kuraklığın hem sıklığı hem de şiddetinin artacağı ve bundan dolayı kuraklığın Akdeniz bölgesi içerisinde daha geniş alanları etkileyeceği belirtilmektedir (Tramblay vd., 2020). Gelecek iklim tahminlerinin yanı sıra 1900'den günümüze doğru gelindiğinde, özellikle 1990'dan sonra, kuraklıkların daha sık yaşandığı ortaya koyulmuştur (Hoerling, vd., 2012). Bu durum aletsel ölçümlerin yanı sıra ağaç halkalarına dayalı gerçekleştirilen çalışmalarda da belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Akdeniz bölgesindeki ağaç halkalarına göre son 500 yıl içerisinde yaşanan kuraklıklarda, bu bölgede özellikle son yüzyıl içerisinde kuraklıkların çok kuvvetlendiği ortaya konulmuştur (Nicault vd., 2008).

Türkiye bulunduğu matematiksel konum ve sahip olduğu coğrafi özelliklere bağlı olarak çok farklı iklim tiplerine sahip bir bölgedir. Özellikle topografik koşulların etkisinden dolayı yıllık toplam yağış değerleri 200 mm ile 2200 mm arasında değişmektedir. Bu farklılık yapılan iklim tiplerinin belirlenmesinde önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin Erinç Kuraklık İndisi olarak da bilinen Erinç Yağış Etkinlik İndisi'ne göre Türkiye'nin %25'inden fazlası, özellikle İç Anadolu ve Güneydoğu kurak ve yarı kurak iklim tipine sahiptir (Aydın vd., 2019). Dünya'da en fazla kullanılan diğer bir iklim tipi sınıflandırması olan Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre ise Türkiye'nin %18'inde kurak iklim tipi görülmektedir (Öztürk vd., 2017). Kurak ve yarı kurak iklimlerin önemli alan kapladığı Türkiye'de tarihsel dönemlerde birçok kurak yıllar yaşanmıştır. Örneğin Anadolu'da 1846 yılında yaşanan kuraklık ve kuraklığın neden olduğu açlık ve salgın hastalıklar nedeniyle 6.000 kişinin öldüğü İngiliz Konsolosluğu kayıtlarında belirtilmiştir. Yine

İngiliz konsoloslugu raporuna göre, 1874-75 yıllarında yaşanan kuraklıkta Ankara ve çevresinde, yaklaşık 20 bin kişi hayatını kaybetmiştir. Bu sayının kuraklığın neden olduğu salgın hastalıklar ve kıtlık sebebiyle Anadolu genelinde 200.000 kişi olduğu tahmin edilmektedir (Erler, 1997). Meteorolojik veriler kullanılarak yapılan çalışmalar incelendiğinde, Sönmez vd. (2005) tarafından 1951 ve 2001 yılları arasında Türkiye genelinde dört şiddetli kuraklık dönemi olduğu saptanmıştır. Bunlar 1953-1959, 1972-1977, 1989-1994 ve 1999-2001 dönemleridir. Benzer dönemler Türkeş (1996) tarafından da tespit edilmiştir. Türkeş (1996) 1930-1993 arasındaki dönemde Türkiye’de 1971-1974 ve 1989-1993 yılları arasında iki büyük kurak dönem olduğunu ve bu iki dönem arasında kalıcı kuru koşullar oluşarak Türkiye çapında şiddetli kuraklık olduğunu belirtmiştir. Aynı çalışmada 1973, 1984, 1989, 1990 yıllarında şiddetli ve yaygın kuraklık olaylarının meydana geldiği, meteorolojik istasyonlarda alınan verilere göre 1973 kışının son 64 yılın en kurak dönemi olduğu belirtilmiş ve Türkiye genelinde yağışların normalin altına düştüğü saptanmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde 1988-1989 yılları en kurak dönemlerden biri olmuştur. Bu dönemde Keban ve Karakaya barajlarını besleyen Fırat Nehri’nin debisi oldukça azalmıştır. Bu sebeple komşu ülkelere söz verilen nehir akışının sağlanması için depolardan su temin edilmiştir. Yine bu dönemde İstanbul’da da ciddi kurak bir dönem yaşanmıştır (Kadıoğlu, 2008).

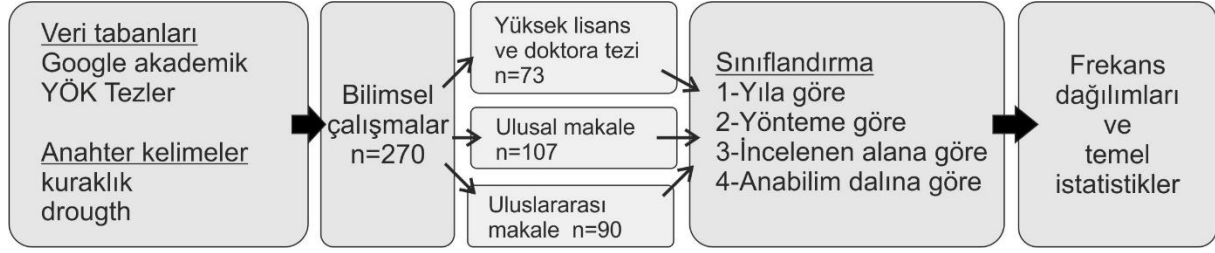
Kuraklık olayları 2000’li yıllarda da sık sık yaşanmıştır. Akbaş (2014) tarafından 2006, 2007, 2008 yılları kurak yıllar olarak tespit edilmiştir. Cebeci vd. (2019) 2000-2016 dönemini inceledikleri çalışmalarında Türkiye’de kuzeyden güneye doğru kuraklığın artış gösterdiği tespit edilmiştir. Yukarıda verilen bazı örneklerde de görüldüğü gibi Türkiye bulunduğu konum ve sahip olduğu iklimsel özelliklerden dolayı geçmiş dönemlerde kuraklıklar yaşamıştır. Küresel iklim değişikliği senaryolarına göre Türkiye gelecekte de kuraklığın şiddetli bir şekilde yaşanacağı alanlardan bir tanesidir. Bu nedenlerden Anadolu’daki kuraklık çalışmaları büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada Türkiye genelinde yapılan kuraklık analiz çalışmalarında kuraklık şiddetini saptamak için kullanılan yöntemler, çalışmaların yapıldığı yıllar, araştırmayı yapan araştırmacının ana bilim dalı ve çalışmada incelenen alanlar derlenmiştir.

2. YÖNTEM

Kuraklık, etkileri bakımından dünya genelinde sürekli bir risk olarak değerlendirilir. Bu bağlamda kuraklık ve kuraklığın etkileri konusunda birçok farklı bilim alanında araştırmalar yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Kuraklık dünya ve Türkiye genelinde geniş bir literatüre sahiptir ve kuraklıkla ilgili yapılan çalışmaların derlenmesinde farklı süreçler izlenmektedir. Örneğin; Çelik (2020) tarafından dünya genelinde yapılan araştırmaların özet, anahtar kelime ve başlık bölümlerinde “kuraklık-meteoroloji”, “kuraklık-SPI”, “kuraklık-uzaktan algılama” ve “kuraklık-NDVI” kavramlarını bir arada ele alan makalelerin bibliyometrik ağ taraması yapılmıştır. Bu çalışmada Scopus veritabanında tüm dünyadan kuraklık ile ilgili yüz binin üzerinde makaleye ulaşılmıştır.

Bu çalışmada ise, meteorolojik veriler üzerinden herhangi bir istatistiksel yöntem kullanılarak Türkiye’nin genelinde ya da bir bölgesindeki kuraklık ile ilgili yapılmış tezler, ulusal makaleler ve uluslararası makaleler derlenmiştir. Çalışmalar taranırken YÖK Tez Merkezi ve Google Akademik veri tabanları “kuraklık” ve “drought” kelimeleri kullanılarak taranmıştır. Başlığında ve anahtar kelimesinde kuraklık geçen ve kuraklığın saptanmasında herhangi bir kuraklık indisi kullanılan, yüksek lisans, doktora tezleri, ulusal ve uluslararası makaleler derlenmiştir (Şekil 1). Veriler toplanırken kuraklıkla ilgili kitaplar ve bildiriler dahil edilmemiştir. Yapılan literatür taraması sonucunda 1943-2021 dönemine ait 73 yüksek lisans ve doktora tezine, 107 ulusal makaleye ve 90 adet uluslararası makaleye ulaşılmıştır. Ulaşılan toplam 270 adet çalışma yayın yılı, kullanılan kuraklık analiz yöntemleri, ilk yazarın bilim alanı ve çalışmada incelenen yere

göre sınıflandırılarak frekans dağılımları oluşturulmuş ve temel istatistikleri hesaplanmıştır. Aşağıdaki bölümlerde sınıflandırılmış verilere göre elde edilen sonuçlar açıklanmıştır.

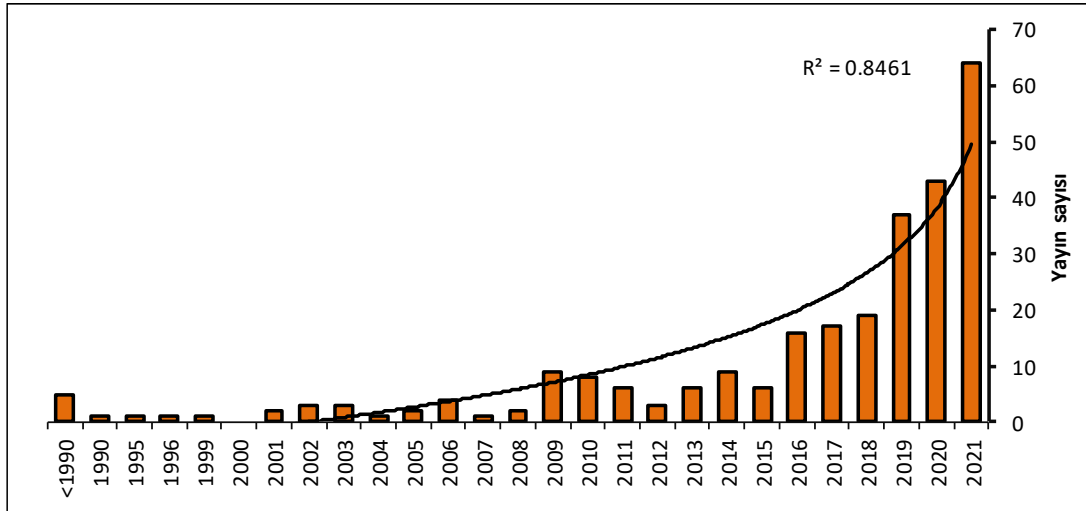


Şekil 1. Çalışmada izlenen aşamalar ait iş akış şeması

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Yayınların Yıllara Göre Dağılışı

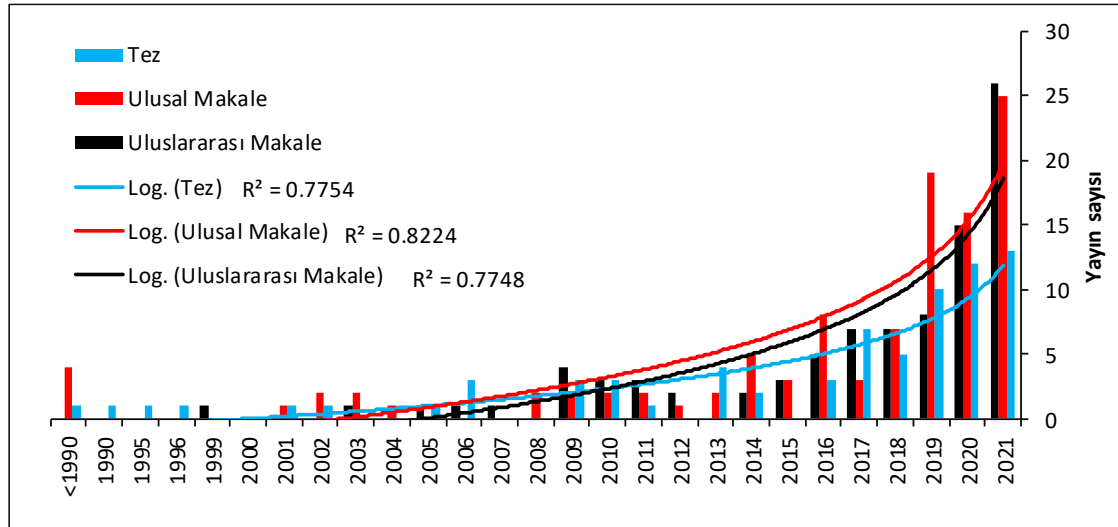
Türkiye de kuraklık ile ilgili bilinen ilk çalışmalar 1943, 1956 ve 1965 yıllarında yapılmıştır (Tanoğlu, 1943; Tümertekin, 1956a ve 1956b; Erinç, 1965). İlk çalışmalar çok eski olmakla birlikte kuraklık ile ilgili çalışmalar 2000 yılı sonrasında artış göstermeye başlamıştır. Toplam yayın sayısı 2019’da 37’ye, 2020’de 43’ ve 2021’de 64’e ulaşmıştır (Şekil 2). Son 3 yılda yapılan yayın sayısı bugüne kadar yapılan yayınların yarısına karşılık gelmektedir (%53). Son 3 yıldaki artış zamansal seride ani bir sıçramaya neden olmuş ve logaritmik bir artışın oluşmasını sağlamıştır. Yayınların türlerinde de benzer şekilde bir artış yaşanmıştır. Özellikle 2013’den sonra ulusal makale sayısında ciddi bir artış yaşanmıştır ve 2019’da 37, 2020’de 16 ve 2021’de 25 adet ulusal makale yapılmıştır.



Şekil 2. Türkiye ile ilgili yapılmış kuraklık çalışmalarının yıllara göre değişimi

Benzer şekilde uluslararası çalışma ve tez sayısında da artış yaşanmıştır. 2021 yılında 13 adet tez ve 26 adet uluslararası makale yapılmıştır (Şekil 3). Toplam yayında olduğu gibi son 3 yıldaki yayınlar tezlerin %48’ine, ulusal yayınları %56’sına ve uluslararası yayınların %54’üne karşılık gelmektedir. Bu artışların önemli nedenlerinden bir tanesi kuraklığın son yıllarda oldukça popüler bir konu haline gelmesi ve analiz için gerekli verilerin Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden ücretsiz olarak temin edilmesidir. Bu durum özellikle ulusal çalışmalarda bir ya da birkaç istasyon verisi üzerinden gerçekleştirilen küçük ölçekli çalışmaların artmasına neden

olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı yayın sayısının bundan sonraki yıllarda hızla artmaya devam edecektir.



Şekil 3. Türkiye'deki kuraklık ile ilgili yapılmış tez, ulusal makale ve uluslararası makalelerin yıllara göre dağılışı

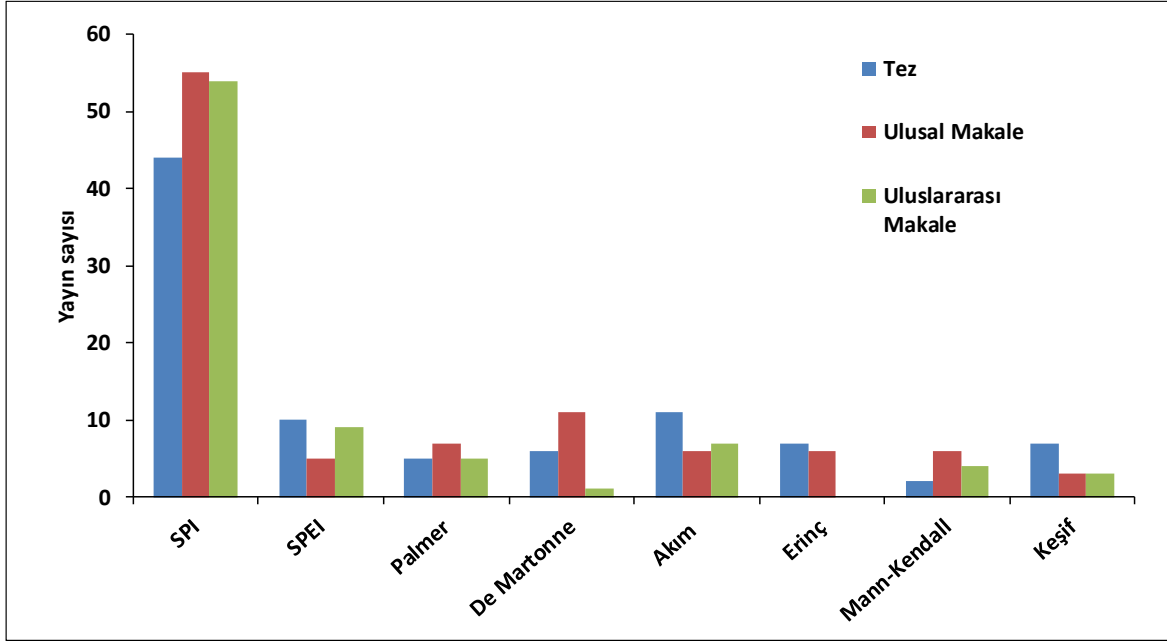
3.2. Çalışmalarda Kullanılan Analiz Yöntemlerine Göre Dağılım

Kuraklık çalışmaları temel olarak iki yönetime dayalı olarak incelenmektedir. Bunlardan ilki direkt olarak kuraklık derecesini belirlemeye yarayan kuraklık indisleridir. Diğer grup ise, iklim ve iklim değişikliği çalışmalarında yaygın olarak kullanılan ve her türlü iklim verilerine uygulanabilen trend analizleridir. Kuraklık indisleri, kuraklığın oluşum sürecini, etkilerini, denetleyicilerini, sonuçlarını incelemek ve bunlara göre bir çıkarımda bulunulmasını sağlamaktadır. Son dönemlerde araştırmacılar, kuraklığı etkileyen birçok etmeni içine alan, yağış, sıcaklık, nem vb. iklimsel parametreleri kullanan çok değişkenli indeksler geliştirmeye çalışmışlardır. Dünya meteoroloji örgütü tarafından kuraklıkları belirleyebilmek için yaygın kullanılan 50 adet indis Kuraklık Göstergeleri ve İndisleri El Kitabı'nda açıklanmıştır (Svoboda ve Fuchs, 2016). Bu indisler ile farklı veri, istatistik yöntem ve teknikler kullanılarak geçmişteki kuraklıkları ve gelecekte oluşabilecek kuraklıkları belirlemeye çalışılmaktadır (Vazifekkah, 2018).

Literatür derlemesine göre 63 farklı yönetime göre kuraklığın incelendiği tespit edilmiştir. Ancak bunların hepsi direk olarak kuraklık belirleme yöntemlerinden değildir. Örneğin Mann-Kendall trend analizi, standart sapma ve iklim tipi belirleme çalışmaları gibi daha genel yöntemler de kuraklığı belirlerken kullanılmıştır. Yöntem sayısı çok fazla olmakla birlikte bazı yöntemlerin tezlerde çok yaygın kullanıldığı görülmektedir. Tezlerde 38 farklı yöntem kullanılmıştır. 49 tezde Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI), 14 tezde Akım Kuraklık İndisi, 10 tezde Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI), 7 tezde Erinç Kuraklık indisi, 6 tezde De Martonne Kuraklık İndisi, 8 tezde Keşif Kuraklık İndisi, 5 tezde Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi, 3 tezde Mann-Kendall trend analizi, 49 tezde ise diğer yöntemler kullanılmıştır (Şekil 4). Genel olarak tez çalışmalarında birden fazla yöntem aynı anda kullanılmaktadır.

Taranan 107 ulusal makalede 47 farklı kuraklık belirleme yöntemi kullanılmıştır. Bunlardan 60 makalede Standartlaştırılmış Yağış İndisi, 8 makalede Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi, 6 makalede Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi, 11 makalede De Martonne Kuraklık İndisi, 7 makalede Akım Kuraklık İndeksi, 6 makalede Erinç Kuraklık indisi, 3 makalede Keşif Kuraklık İndisi, 8 makalede Mann-Kendall Trend analizi, 47 makalede ise diğer yöntemler kullanılmıştır (Şekil 4).

Taranan 90 uluslararası makalede kuraklık belirlemede 29 farklı yöntem kullanılmıştır. Kullanılan bu yöntemlerin 63’ü Standartlaştırılmış Yağış İndisi, 12’si Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi, 8’si Akım Kuraklık İndeksi, 7’si Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi, 5’i Keşif Kuraklık İndisi, 4’ü Mann-Kendall Trend analizi, 42’si ise diğer yöntemler olarak belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Kuraklık analizlerinden yaygın kullanılan yöntemlerin yayın türlerine göre dağılışı

Sonuç olarak tezlerde, ulusal ve uluslararası makalelerde kuraklığın tespiti ile kuraklığın alansal ve zamansal değişiminin belirlenmesinde 63 farklı yöntem kullanılmıştır. Yöntemlerin bu kadar fazla olmasının birçok nedeni bulunmaktadır. Bu nedenleri maddeler halinde açıklamak gerekirse;

(1) *Sonucun geçerliliği ve popülerliği:* Bu açıdan birçok kurum tarafından da kabul edilmiş olan ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün de aylık olarak hesaplayıp internet sitesine eklediği Standartlaştırılmış Yağış İndisi ve Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi dünyada en yaygın kullanılan indisler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında derlenen yayınlarda kullanılan yöntemlerin %56’lık kesimi SPI analizi oluşturmaktadır (Şekil 4). Çelik (2020)’nin Scopus veri tabanında yer alan dergilerde yayınlanan kuraklıkla ilgili araştırmaları taradığı çalışmada Türkiye’de yapılan kuraklık ile ilgili çalışmalarda SPI metodu ön plana çıktığı ve son dönemlerde de Palmer Kuraklık indisi kullanılarak yapılan çalışmaların yoğunluk kazandığı saptanmıştır.

(2) *Verilerin çeşitliliği:* Kuraklık temel olarak su noksanlığı olarak tanımlanmakla birlikte birçok nedene bağlı olarak gerçekleşmekte ve farklı sonuçları olmaktadır. Bundan dolayı kuraklık indisleri birkaç meteorolojik parametre ile hesaplanabildiği gibi parametre sayısının fazla olduğu yöntemlerde bulunmaktadır. Örneğin 1965 yılında geliştirilmiş olan Palmer Kuraklık İndisinde yağış, sıcaklık, toprak nemi parametreleri kullanılırken (Palmer, 1965), De Martonne Kuraklık İndisi’nde yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık kullanılır. Nalbantis (2008) tarafından geliştirilmiş Akım Kuraklık İndisi su kaynaklarının aylık akım verileri kullanarak hesaplanır ve bir bölgedeki hidrolojik kuraklığın saptanmasında kullanılır. Meteorolojik ve hidrolojik verilerin yanı sıra son yıllarda ise uydu verilerinin kullanılmaya başlanması yöntemleri çeşitlendirmektedir. Ancak uydu verilerine dayalı kuraklık çalışmaları çok yeni olduğundan dolayı bu yöntemin kullanıldığı çalışma sayısı çok azdır.

(3) *Yöntemlerin gelişmeye devam etmesi:* Kuraklık her geçen gün daha fazla önem kazanan bir konu olmasından dolayı yöntemler gelişmeye devam etmektedir. Örneğin Standartlaştırılmış Yağış İndisi Mckee vd. (1993) tarafından geliştirilmiş, geniş bir zaman aralığında yağış eksikliğinden kaynaklı kuraklığın tespiti için kullanılan bir indistir. Meteorolojik verilerin izlenmesi ve öngörülmesi için kullanılan bu indiste sadece yağış değişkeni kullanılır. Ancak Standartlaştırılmış Yağış İndisi'nde olan eksiklikleri gidermek amacıyla Vicente-Serrano vd. (2010) tarafından Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi geliştirilmiştir. Yöntem, SPI'da kullanılan yağış değişkenine ek olarak, iklimdeki ısınma etkilerini hesaplayabilmek için meteorolojik değişkenleri de hesaba katmaktadır. Benzer şekilde De Martonne kuraklık indisi zaman içerisinde gelişmiştir ve De Martonne ile ilgili iki formülü bulunmaktadır. Bunlardan ilki 1923 yılında geliştirilen yıllık yağış miktarları (mm) ile sıcaklık (°C) kullanılarak, ikincisi ise 1942 yılında Gottmann ile birlikte ilk formüle ek olarak, en kurak ayın sıcaklığı ve yağış miktarını kullanarak hesaplanmaktadır (İrcan 2020).

(4) *Doğruluğunun denetlenmesi:* Kuraklık analizi konusunda elde edilen bulguların doğruluğunun denetlenmesi amacıyla birçok çalışmada birden fazla yöntem birlikte kullanılmaktadır. Bu durum yaygın olan yöntemlerin yanı sıra daha az kullanılan yöntemlerinde kullanılmasına ve yöntem çeşitliliğinin oluşmasına neden olmaktadır.

(5) *Zamansal değişimin ve eğilimlerin ortaya konulması:* Meteorolojik ve iklimsel çalışmaların en önemli problemlerinden bir tanesi ele alınan olgunun zaman içerisinde nasıl değiştiğinin belirlenmesidir. Bu durum direk kuraklık ile ilgili olmayan zaman serisi yöntemlerinin de kuraklık çalışmalarında kullanılmasına neden olmaktadır. Örneğin tau istatistiği olarak da bilinen Mann-Kendall Trend Analizi hidro-meteorolojik zaman serilerinin trendlerinin (yönü ve şiddetinin) belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Yue vd., 2002).

(6) *Farklı bilim alanlarını ilgilendirmesi:* Kuraklık bir sonraki bölümde de açıklandığı gibi birçok bilim alanını ilgilendirmektedir. Bu durum kuraklığın farklı bilim alanlarına özgü yöntemlerle incelenmesine ve yöntemin çeşitlenmesine neden olmaktadır.

(7) *İndislerin bölgesel olarak farklılık göstermesi:* Kuraklığı inceleyen bilim insanlarının bilgisine göre bölgesel koşulların tespiti için geliştirilmiş yöntemler bulunmaktadır. Örneğin yıllık toplam yağış, maksimum sıcaklık verileri kullanarak hesaplanan ve iklim bölgelerinin belirlenmesinde de kullanılan Erinç Kuraklık İndisi, Coğrafyacı Sırrı Erinç tarafından Türkiye koşullarının yansıtması açısından geliştirilmiş bir indistir (Erinç, 1965). Bundan dolayı bu yöntemin uluslararası çalışmalarında kullanımı çok sınırlıdır. Yöntem maksimum sıcaklığın bir sonucu olarak buharlaşma yoluyla yitirilen suyun miktarı ve yağış miktarı ile arasındaki oran dikkate alınarak hesaplanır. Keşif Kuraklık İndisi ise, kurak ve yarı kurak bölgelerde daha çok kullanılan meteorolojik bir indistir ve daha çok Akdeniz bölgeleri için önerilmektedir. Keşif Kuraklık İndisi'nde aylık yağışın etkilerine ek olarak potansiyel evapotranspirasyonun da etkilerini içermektedir (Tsakiris ve Vangelis, 2005).

(8) *Kuraklık indisleri ve verinin ulaşılabilirliği:* Kuraklık ile ilgili tüm yöntemler veriye dayandığı için verinin ulaşılabilirliği kullanılacak olan yöntem üzerinde etkili olmaktadır. SPI analizinin bu kadar çok yaygın olmasının en büyük nedenlerinden bir tanesi aylık yağış verisinin Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından kamu kurumlarına ücretsiz olarak verilmesidir. Bu yöntemin yaygın olmasının diğer bir nedeni ise basit bir formül ile sadece aylık yağış değerlerine göre hesaplanmasıdır. Ancak kuraklık indislerinde kullanılan parametre sayısı arttıkça formülün kullanımı azalmaktadır. Parametre sayısının fazla olduğu formüllerin yanı sıra akım verilerine dayalı formüller çok az kullanılmaktadır. Bunun en büyük nedeni akım verilerinin ücret karşılığında verilmesi ve nehirler üzerine yapılan barajlar nedeniyle akım verilerinde bozulmaların yaşanmasıdır.

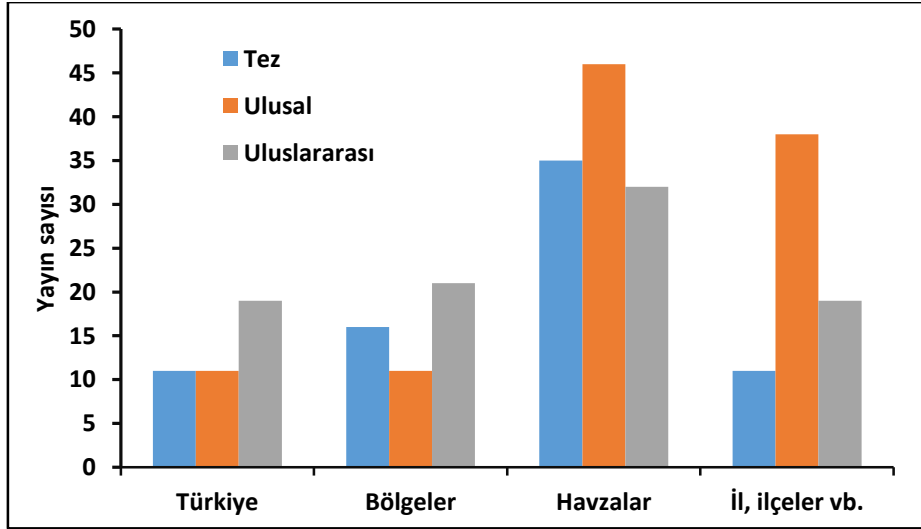
3.3. Çalışmalarda İncelenen Alanlar

Türkiye’de yapılan kuraklık çalışmalarında incelenen alanlar (1) Türkiye geneli, (2) bölgeler, (3) havzalar ve (4) il ve ilçe çalışmaları olarak 4 kategoride sınıflandırılmıştır.

Tez çalışması olarak Türkiye geneli 11, bölgeler bazında 16, havzalar olarak 36, il ve ilçeleri inceleyen 11 tez çalışması bulunmaktadır (Şekil 5). Bölgeler bazında yapılan çalışmaların 4’ü Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ni, 5’i Ege Bölgesi’ni, 2’si İç Anadolu Bölgesi’ni, 2’si Akdeniz Bölgesi’ni geri kalan 2 tanesi ise diğer bölgeleri ele almışlardır. Havzalar olarak yapılan çalışmalarda 5 tane tez Konya Havzası’nı, 5 tane tez Seyhan Havzası’nı, 3 tane tez Fırat Havzası’nı geri kalan 23 tanesi ise diğer havzaları çalışmışlardır.

Taranan ulusal makalelerde Türkiye genelini ele alan 11, bölgeleri ele alan 11, havzaları ele alan 46, il ve ilçeleri ele alan 38 çalışma tespit edilmiştir (Şekil 5). Bölgeler bazında yapılan çalışmaların 4’er tanesi Güneydoğu Anadolu ve Ege bölgelerini, 3 tanesinde ise diğer bölgeleri ele almışlardır. Havzalar olarak 4’ü Seyhan Havzası’nı, 5’i Van Gölü havzasını, geriye kalan 37 çalışma ise diğer havzaları ele almıştır. İl, ilçe vb. bazında yapılan çalışmalarda ise 3 tanesi Muğla, 3 tanesi Antalya, 3 tanesi Şanlıurfa, 3 tanesi Konya’da yapılmıştır.

Uluslararası yapılan makalelerde Türkiye genelini ele alan 19, bölgeleri ele alan 21, havzaları ele alan 32, il, ilçe vb. alanları ele alan 19 makale tespit edilmiştir. Bölgeler bazında yapılan makalelerin 6’sı Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ni, 4’ü Akdeniz Bölgesi’ni, 4’si İç Anadolu Bölgesi’ni geri kalan 7’si ise diğer bölgeleri incelemiştir. Havzalarda ise 4 makale Konya Havzası’nı, 6 makale Seyhan ve Ceyhan Havzası’nı incelemiştir. İl ilçe vb. çalışmalarda ise 5 makale Ankara’yı incelemiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Çalışmalarda incelen bölgelere göre yayın sayısı

Yapılan çalışmalara göre ülkemizin önemli tarım alanları olan Ege Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi, İç Anadolu Bölgesi, Seyhan ve Ceyhan havzaları, Konya Havzası’nda daha çok araştırma yapıldığı ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda meteorolojik kuraklıktan sonra gelişen tarımsal kuraklık için bu bölge ve havzalarda kuraklık çalışmalarının fazla olduğu saptanmıştır. Derlenen 270 adet çalışmanın %42’lik kesimi havzalar üzerinedir. Daha küçük alanları kapsayan ve genelde bir ya da birkaç meteoroloji istasyonu verilerine dayanan il, ilçe vb. çalışmalarda ise ulusal makaleler büyük çoğunluğu oluşturmaktadır. Ulusal çalışmaların %64’lük kesimi il, ilçe gibi küçük alanlar ile ilgilidir. En az çalışma Türkiye ölçeğinde yapılan çalışmalardır. Bunun en temel nedeni Türkiye çalışmalarında yüzlerce istasyonu kapsayan geniş bir veri setinin değerlendirilmesidir. Türkiye çalışmalarının az olmasının bir diğer nedeni ise aynı veri

setlerinin kullanılıyor olmasıdır. Bu nedenle son yıllarda Türkiye'nin tamamını kapsayan kuraklık çalışmalarında ya kuraklık çok değişkenli istatistiksel yöntemlerle analiz edilmekte, ya kuraklığın genel atmosfer dolaşımı ile olan ilişkisi incelenmekte ya da gelecek iklim değişikliği senaryolarına göre kuraklığın olası etkilerinin tespit edilmesi üzerine gerçekleştirilmektedir.

3.4. Çalışmaların Bilim Dallarına Göre Dağılımı

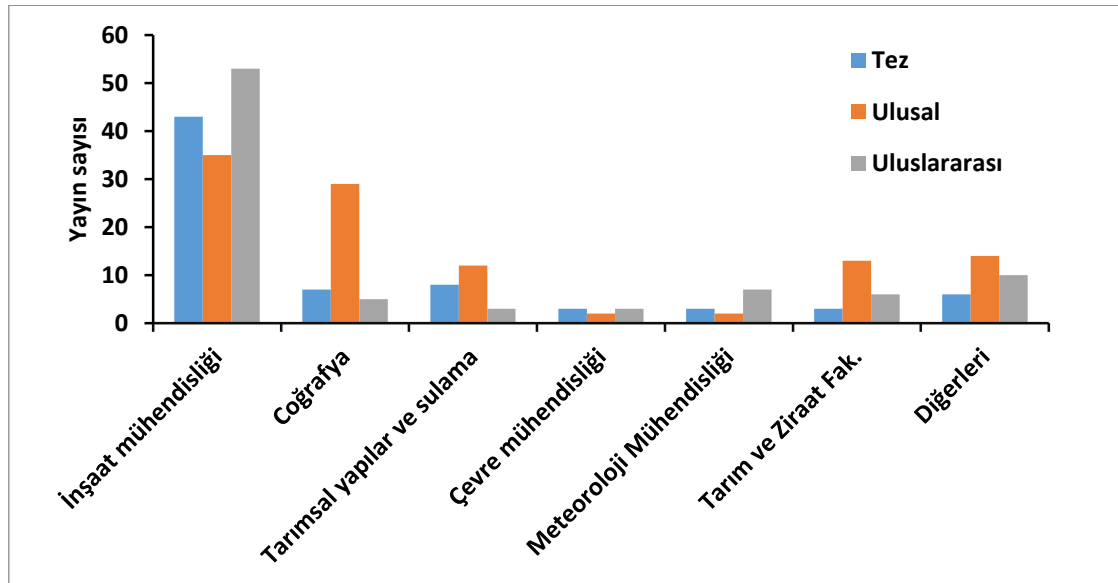
Kuraklıkla ilgili yapılan tez, ulusal makale ve uluslararası makale taramasında, yapılan çalışmaların ilk yazarlarının ana bilim dallarına göre sınıflandırma yapıldığında bütün çalışma türlerinde İnşaat Mühendisliği'nin en fazla kuraklık çalışması yaptığı görülmektedir. Yapılan 270 kuraklık çalışmasında 131 tanesi İnşaat Mühendisliği Bölümü tarafından, 41 tanesi Coğrafya Bölümü tarafından, 23 tanesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 12 tanesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 22 tanesi Tarım ve Ziraat Bölümü, 8 tanesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 30 tanesi de diğer bölümler tarafından yapılmıştır (Şekil 6).

Ayrı ayrı değerlendirilecek olursa Türkiye'de yapılan kuraklık çalışması ile ilgili tezlerde 43 tez İnşaat Mühendisliği Bölümü tarafından, 8 tez Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü tarafından, 7 tez Coğrafya Bölümü tarafından, geriye kalan 15 tez ise Çevre Mühendisliği, Meteoroloji Mühendisliği, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri gibi çeşitli bölümler tarafından çalışılmıştır.

Ulusal makalelerde ise 35 çalışma İnşaat Mühendisliği Bölümü, 29 çalışma Coğrafya Bölümü, 12 çalışma Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 13 çalışma Tarım ve Ziraat Bölümü, geri kalan 18 çalışma ise, Meteoroloji Mühendisliği, Çevre Mühendisliği, Su ve Çevre Kaynakları Araştırma Merkezi, Orman Mühendisliği, İstatistik, Matematik, Mimarlık Mühendislik gibi çeşitli bölümler tarafından çalışılmıştır.

Uluslararası makalelerde ise 53 çalışma İnşaat Mühendisliği Bölümü, 7 çalışma Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 5 çalışma Coğrafya Bölümü, 6 çalışma Tarım ve Ziraat Bölümü, 16 çalışma ise Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Çevre Mühendisliği, Su ve Çevre Kaynakları Araştırma Merkezi, Orman Mühendisliği, İstatistik, Enerji Mühendisliği gibi çeşitli bölümler tarafından çalışılmıştır.

Kuraklık ile ilgili farklı bilim alanlarının çalışmalar gerçekleştiriyor olması kuraklığın farklı zaman ölçeklerinde değişiklik göstermesi ve bu değişikliğin farklı bilim alanlarının çalışma konularını etkilemesinden kaynaklanır. Kuraklık her şeyden önce meteorolojik ve klimatolojik bir olgu olduğundan dolayı kuraklığın doğası, alansal ve zamansal ölçekte gösterdiği farklılıkların belirlenmesi Coğrafya ve Meteoroloji Mühendislikleri bölümleri tarafından incelenmektedir. Kuraklığın tarım ve su kaynakları üzerindeki etkilerinin incelenmesi ise Tarım ve Ziraat ile ilgili bölümler ile İnşaat mühendisliklerinin konusu içerisinde girmektedir. Özellikle inşaat mühendisliği hidrolik anabilim dalının akışkanlar mekaniği içerisinde su kaynaklarının incelenmesi, hidroloji konusunda tesislerin yapımıyla ilgilenmesinden dolayı kuraklık çalışmalarıyla yakından ilgilenmektedir. Kuraklık analizleri yoğun veri analizi gerektirdiğinden dolayı özellikle İstatistik ile iç içedir ve istatistiksel analizler kuraklık çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. İstatistik çalışmalarının yanı sıra uydu teknolojilerinden gelişmeler sayesinde uydu tabanlı kuraklık çalışmaları yapılmaktadır. Bu durum son yıllarda Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri gibi anabilim dallarında da kuraklık çalışmalarının yapılmasına imkân sağlamaktadır.



Şekil 6. Çalışmaların yapıldığı Anabilim Dallarına göre yayın sayısı

4. SONUÇ

Kuraklık tarihsel dönemde Anadolu’da etkili olmuş önemli afetlerden bir tanesidir. Bulunduğu konum ve sahip olduğu coğrafi özelliklerinin bir sonucu olarak Anadolu’nun 4’te 1’i kurak ve yarı kurak iklim karakterine sahiptir. Bununla birlikte küresel iklim değişikliğine bağlı olarak gelecekte yaşanan kuraklıklardan en fazla etkilenecek alanların içerisinde Doğu Akdeniz ve Türkiye bulunmaktadır. Bu nedenlerden dolayı Türkiye’de yapılan kuraklık çalışmaları 2000 yılından sonra artış göstermeye başlamıştır. Özellikle kuraklığın günümüzde oldukça popüler bir konu haline gelmesinden dolayı bu artış son yıllarda hızlanmıştır. 2019-2021 döneminde yapılan yayın sayısı bugüne kadar yapılan yayınların yarısına karşılık gelmektedir (%53). Hem yayın sayısının artması hem de kuraklığın birçok bilim alanını ilgilendirmesinden dolayı kuraklık analiz yöntemlerinde büyük bir çeşitlilik bulunmaktadır. Derlenen çalışmalarda 63 farklı yöntem ile kuraklığın incelendiği tespit edilmiştir. Yöntemin bu kadar fazla olmasında kuraklık analizlerinde kullanılan verinin çeşitliliği, analiz yöntemlerinin gelişmeye devam etmesi, birden fazla yöntemin aynı anda uygulanarak analiz sonuçlarının denetlenmesi, farklı bilim dallarının kendine has yöntemler ile kuraklığı incelemesi, geçmiş verilere göre kuraklığın zamansal değişiminin incelenmesi ile gelecekte yaşanabilecek koşulların tahmini gibi nedenler bu çeşitliliğin oluşmasında etkili olan nedenlerdir. Her ne kadar yöntem sayısı çok olsa da yöntemler arasında, çalışmalarda kullanılan yöntemlerin %56’lık kesimini Standartlaştırılmış Yağış İndisi oluşturmaktadır. Kuraklık çalışmalarının yaygın olarak İnşaat Mühendisliği tarafından su ile ilgili mühendislik problemlerinin çözümü, sulama, iklim değişikliği ve taşkın çalışmaları için kullanılmıştır. Çalışmalarda Coğrafya, Tarımsal Yapılar ve Sulama, Çevre mühendisliği, Meteoroloji Mühendisliği, Tarım ve Ziraat bölümleri ön plana çıkmaktadır. Kuraklık tarım ilişkisinden dolayı üç yayın türünde de havza bazında araştırmaların daha fazla yapılmıştır. Tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu Ege Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve İç Anadolu bölgeleri kuraklık çalışmalarının fazla yapıldığı bölgeler olarak saptanmıştır. Farklı alanlardaki bilim insanlarının birçok farklı yöntem kullanarak yaptığı tüm çalışmalarda, havza, bölge ve Türkiye ölçeğinde kuraklığın geçmişten günümüze doğru salınımlar halinde, tüm alanlarda yaşandığını, gelecek iklim senaryolarında da kuraklığın etkisinin kuvvetlenebileceğini belirtmektedirler. Bundan dolayı hem tarım hem de kalkınma konusundaki gelecek planlarında kuraklık dikkate alınması gereken en önemli konuların başında gelmektedir.

KAYNAKLAR

- Akbaş A. (2014). Türkiye üzerindeki önemli kurak yıllar. Coğrafi Bilimler Dergisi, 12(2), 101-118. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000155
- Aydın, S., Şimşek, M., Çetinkaya, G., Öztürk, M.Z. (2019). Erinç yağış etkinlik indisi'ne göre belirlenen türkiye iklim bölgelerinin rejim karakteristikleri. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi Bildiri Kitabı, sayfa 752-760, İstanbul. DOI: 10.26650/PB/PS12.2019.002.074
- Cebeci, İ., Demirkıran, O., Doğan, O., Sezer, K. K., Öztürk, Ö., Elbaşı, F. (2019). Türkiye'nin iller bazında kuraklık değerlendirmesi. Toprak Su Dergisi, 169-176. <https://doi.org/10.21657/topraksu.655613>
- Çelik, M. A. (2020). Kuraklık araştırmalarında yeni eğilimler, kullanılan teknikler ve kavramlar üzerine bibliyometrik ağ analizi. International Journal of Geography and Geography Education, (42), 602-630. <https://doi.org/10.32003/igge.721487>
- Cookson, E., Hill, D. J., Lawrence, D. (2019). Impacts of long term climate change during the collapse of the Akkadian Empire. Journal of Archaeological Science, 106, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2019.03.009>
- Erinç, S. (1965). Yağış müessiriyeti üzerine bir deneme ve yeni bir indis. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları, No:41.
- Erlor, M.Y. (1997). Ankara ve Konya vilayetlerinde kuraklık ve kıtlık (1845 ve 1874 yılları). Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Hoerling, M., Eischeid, J., Perlwitz, J., Quan, X., Zhang, T., Pegion, P. (2012). On the increased frequency of Mediterranean drought Journal of Climate, 25(6), 2146-2161. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00296.1>
- İrcan, M.R. (2020). Şanlıurfa'nın iklim özellikleri ve kuraklık analizi. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı.
- Jalilzadnezamabad, A. (2019). Forecasting palmer drought severity index using hybrid wavelet heuristic models. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Kadioğlu, M. (2008). Kuraklık kırımları risk yönetimi. Ed: Kadioğlu, M. ve Özdamar, E., "Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri"; s. 277-300, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology (Vol. 17, No. 22, pp. 179-183).
- Nalbantis, I. (2008). Evaluation of a hydrological drought index. European Water. 23(24), 67-77.
- Nicault, A., Alleaume, S., Brewer, S., Carrer, M., Nola, P., Guiot, J.J.C.D. (2008). Mediterranean drought fluctuation during the last 500 years based on tree-ring data. Climate Dynamics, 31(2), 227-245. <https://doi.org/10.1007/s00382-007-0349-3>
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., Ay, S. (2017). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. Coğrafya Dergisi, (35), 17-27. <https://doi.org/10.26650/IGEOG295515>
- Palmer, W. C. (1965). Meteorological drought (Vol. 30). US Department of Commerce, Weather Bureau.
- Sönmez, F. K., Kömüscü, A. U., Erkan, A., Turgu, E. (2005). An analysis of spatial and temporal dimension of drought vulnerability in Turkey using the standardized precipitation index. Natural Hazards, 35(2), 243-264. <https://doi.org/10.1007/s11069-004-5704-7>

Spinoni, J., Barbosa, P., Buchignani, E., Cassano, J., Cavazos, T., Christensen, J.H., Dosio, A. (2020). Future global meteorological drought hot spots: a study based on CORDEX data. *Journal of Climate*, 33(9), 3635-3661. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0084.1>

Svoboda, M., Fuchs, B. (2016). *Handbook of drought indicators and indices*.

Tanoğlu, A. (1943). Türkiye'nin kuraklık indisleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (1), 36-41.

Tramblay, Y., Koutroulis, A., Samaniego, L., Vicente-Serrano, S. M., Volaire, F., Boone, A., Le Page, M., Llasat, M. C., Albergel, C., Burak, S., Cailleret, M., Kalin, K. C., Davi, H., Dupuy, J., Greve, P., Grillakis, M., Hanich, L., Jarlan, L., & Polcher, J. (2020). Challenges for drought assessment in the Mediterranean region under future climate scenarios. *Earth-Science Reviews*, 210, 103348. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103348>

Tümertekin, E. (1956a). Türkiye’de kuraklık süresinin coğrafi dağılışı. *Türk Coğrafya Dergisi*, 0 (15 16), 145-150.

Tümertekin, E. (1956b). Türkiye’de kurak mevsimler. *Türk Coğrafya Dergisi*, 0 (15-16), 193-197.

Türkeş, M. (1990). Türkiye’de kurak bölgeler ve önemli kurak yıllar. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Türkeş, M. (1996). Meteorological drought in Turkey: a historical perspective, 1930–93. *Drought Network News* (1994–2001), 84.

Tsakiris, G., Vangelis, H.J.E.W. (2005). Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *European water*, 9 (10), 3-11.

Yue, S., Pilon, P., & Cavadias, G. (2002). Power of the Mann–Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of hydrology*, 259(1-4), 254-271. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00594-7](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00594-7)

Vazıfkehkah, S. (2018). Catchment scaled drought analysis: integrated climate and hydrological perspectives. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul teknik Üniversitesi, İstanbul.

Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., López-Moreno, J. I. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of climate*, 23(7), 1696-1718. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>

Wilhite DA, Buchanan-Smith M. 2005. Drought as hazard: understanding the natural and social context. In: Wilhite DA (ed) *Drought and water crises: science, technology, and management issues*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Florida, 3–29.

Wilhite, D. ve Pulwarty, R. S. (2017). *Drought and water crises: Integrating science, management, and policy*. CRC Press.