

# JOURNAL OF ICIVILTECH

INNOVATIONS IN CIVIL ENGINEERING AND TECHNOLOGY

YEAR: 2021 VOLUME: 3 ISSUE: 1

EARTHQUAKE ENGINEERING

BUILDING MATERIALS ENGINEERING

STRUCTURAL ENGINEERING

CONSTRUCTION MANAGEMENT ENGINEERING

TRANSPORTATION ENGINEERING

GEOTECHNICAL ENGINEERING

e-ISSN: 2687-2129

HYDRAULIC AND WATER RESOURCES ENGINEERING

# Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology (JICIVILTECH)

2021, Volume 3, Issue 1

## The Journal Information

**Publisher:** Hüseyin AKBULUT

**Editor-in-Chief:** Hüseyin AKBULUT

**Editors:** Cahit GÜNER, Gökhan GÖRHAN, Gökhan KÜRKLÜ

**Field Editor:** Murat HİÇYILMAZ

**Secretary of Publication:** Ayfer ELMACI, Burak Enis KORKMAZ, Şule YARCI

**Access:** Open Access

**Language of Publication:** English and Turkish

**Publication Frequency:** Twice a year (in December and June)

**Type of Publication:** Peer-reviewed and periodical

**e-ISSN:** 2687-2129

**Telephone:** +90 272 2182 30 00 (2324)

**E-mail:** [j.civiltech@gmail.com](mailto:j.civiltech@gmail.com)

**Webpage:** <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jiciviltech>

**Correspondence Address:** Afyon Kocatepe University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Ahmet Necdet Sezer Campus, 03200, Afyonkarahisar, TURKEY.

## Advisory Board of the 1st Issue

**Alan WOODSIDE**, Brunel University, United Kingdom  
**Ahmet YILDIZ**, Afyon Kocatepe University, Turkey  
**Bojan ZLENDER**, University of Maribor, Slovenia  
**Erol TUTUMLUER**, University Of Illinois At Urbana-Champaign, United States  
**Hasan TOSUN**, Eskisehir Osmangazi University, Turkey  
**Hashem R. AL-MASAEID**, Jordan University of Science and Technolog, Jordan  
**Hüseyin Yılmaz ARUNTAŞ**, Gazi University, Turkey  
**Imad L. AL-QADI**, University Of Illinois At Urbana-Champaign, United States  
**İlhami DEMİR**, Kırıkkale University, Turkey  
**İsmail DEMİR**, Afyon Kocatepe University, Turkey  
**João Pedro SILVA**, Polytechnic Institute of Leiria, Portugal  
**Masayasu OHTSU**, Kyoto University, Japan  
**Mehmet SALTAN**, Süleyman Demirel University, Turkey  
**Meltem SAPLIOĞLU**, Suleyman Demirel University, Turkey  
**Meor Othman HAMZAH**, University Sains Malaysia, Malaysia  
**Mujib RAHMAN**, Brunel University, United Kingdom  
**Iqbal KHAN**, King Saud University, Saudi Arabia  
**Serdal TERZİ**, Süleyman Demirel University, Turkey  
**Dunja PERIC**, Kansas State University, United States  
**Murat KANKAL**, Uludağ University, Turkey  
**Paula FOLINO**, University of Buenos Aires, Argentina  
**Roumiana ZAHARIEVA**, University of Architecture, Bulgaria  
**Sri Atmaja P. ROSYIDI**, Muhammadiyah University of Yogyakarta, Indonesia  
**Ivanka NETINGER**, University of Osijek, Croatia  
**Veli BAŞARAN**, Afyon Kocatepe University, Turkey  
**Ahmet Raif BOĞA**, Afyon Kocatepe University, Turkey  
**Murat Vergi TACIROĞLU**, Mersin University, Turkey  
**Tamer BAYBURA**, Afyon Kocatepe University, Turkey

## Reviewer List of the 1st Issue

**Ahmet ATALAY**, Atatürk University, Turkey  
**Gökmen ÇERİBAŞI**, Sakarya University of Applied Sciences ,  
Turkey  
**Halil Ibrahim BURGAN**, Akdeniz University, Turkey  
**Kıvanç TAŞKIN**, Eskisehir Technical University, Turkey  
**Meltem SAPLIOĞLU**, Suleyman Demirel University, Turkey  
**Murat HİÇYILMAZ**, Afyon Kocatepe University, Turkey  
**Mustafa KOÇER**, Konya Technical University, Turkey  
**Murat Kilit**, Afyon Kocatepe University, Turkey  
**Polat YALINIZ**, Dumlupınar University, Turkey

# Contents / İçindekiler

Articles / Makaleler	Sayfa
<b>Emirhan Mustafa ANIK, Fatma AKÇAY, Murat KANKAL , Murat ŞAN</b> Doğu Karadeniz Havzası Yıllık Anlık Maksimum Akımların Eğilim Analizi <i>Trend Analysis of Annual Maximum Flows in the Eastern Black Sea Basin</i>	1-22
<b>Ahmet Serdar EROL, Alirıza İlker AKGÖNEN</b> Kaiser Cıvatalı Moment Birleşimlerin Avrupa Çelik Profilleri ile Tasarımı <i>Design of Kaiser Bolted Bracket Moment Connections with European Steel Profiles</i>	23-39
<b>Kemal URAY, Hatice Canan GÜNGÖR</b> Çevresel Sürdürülebilirliğin Sağlanmasında Lojistik Köylerin Önemi <i>The Importance of Logistics Villages in Providing Environmental Sustainability</i>	41-54

**Araştırma Makalesi / Research Article**

**Doğu Karadeniz Havzası Yıllık Anlık Maksimum Akımların Eğilim Analizi**

<sup>1</sup>Emirhan Mustafa ANIK, <sup>\*2</sup>Fatma AKÇAY, <sup>3</sup>Murat KANKAL, <sup>4</sup>Murat ŞAN

<sup>1</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, [emirhanik16@gmail.com](mailto:emirhanik16@gmail.com), ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9342-2242>

<sup>2</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, [fatmaakcay93@gmail.com](mailto:fatmaakcay93@gmail.com), ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8129-3009>

<sup>3</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, [mkanikal@uludag.edu.tr](mailto:mkanikal@uludag.edu.tr), ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0897-4742>

<sup>4</sup>Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, Türkiye, [muratsan@gumushane.edu.tr](mailto:muratsan@gumushane.edu.tr), ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7006-8340>

Geliş / Recieved: 25.02.2021;

Kabul / Accepted: 10.05.2021

**Öz**

Taşkın ve kuraklık gibi hidrolojik uç olaylar, insan hayatı ve ekosistem üzerinde büyük etkilere neden olmaktadır. İklim değişikliğinin önemli etkilerinden biri de bu hidrolojik uç olayların şiddeti ve sıklığında artışlar meydana getirmesidir. Su kaynaklarının yönetiminde, tasarımında ve planlanmasında; hidrolojik uç olayların değişimlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada Doğu Karadeniz Havzası'nda yer alan ve veri uzunluğu 30 yılın üzerinde olan 17 adet Akım Gözlem İstasyonu'na (AGİ) ait yıllık anlık maksimum akım (YAMA) verilerine Mann-Kendall, Yenilikçi Eğilim Analizi-Değişim Kutuları (YEA-DK) ve Şen'in Geçiş Eğilim yöntemleri kullanılarak eğilim analizi uygulanmıştır. YEA-DK yöntemi ile verilerin farklı sınıfları için analiz yapılmış ve değişim yüzdeleri belirlenmiştir. Bu şekilde taşkın oluşturma potansiyeline sahip YAMA'ların değişimi incelenmiştir. Mann-Kendall eğilim testi sonucuna göre üç istasyonun YAMA verilerinde azalan eğilim görülürken, bir istasyonda artan eğilim görülmüştür. Şen'in Geçiş Eğilim yöntemi sonucuna göre hiçbir istasyonda eğilim belirlenmemiştir. YEA-DK yönteminde ise

<sup>\*2</sup>Sorumlu yazar / Corresponding author

*Bu makaleye atıf yapmak için*

Anık, E.M., Akçay, F., Kankal, M. & Şan, M. (2021). Doğu karadeniz havzası yıllık anlık maksimum akımların eğilim analizi. *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology (JICIVILTECH)*, 3(1), 1-22.

düşük, orta ve yüksek değerler için hem artan hem de azalan yönde eğilimler ortaya çıkmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Doğu karadeniz havzası, Mann-Kendall, Şen'in geçiş eğilim yöntemi, Yenilikçi eğilim analizi, Yıllık anlık maksimum akımlar

## **Trend Analysis of Annual Maximum Flows in the Eastern Black Sea Basin**

### **Abstract**

Hydrological extreme events such as floods and droughts have great effects on human life and ecosystem. One of the important impacts of climate change is the increase in the severity and frequency of these hydrological extreme events. In the management, design and planning of water resources; determining the changes of hydrological extreme events is of great importance. In this study, trend analysis was applied using Mann-Kendall, Innovative Trend Analysis-Change Boxes (ITA-CB) and Şen's Crossing Trend methods to the annual maximum flow (AMF) data of 17 Stream Gauge Stations in the Eastern Black Sea Basin with a data length of over 30 years. Analysis was made for different classes of data using the ITA-CB method and the percentage of change was determined. In this way, the change of YAMAs that have the potential to create floods was examined. According to the Mann-Kendall trend test result, a decreasing trend was observed in the AMF data of three stations, while an increasing trend was observed in one station. According to the result of Şen's Crossing Trend method, there was no trend in any station. In the ITA-CB method, both increasing and decreasing trends have emerged for low, medium and high values.

**Keywords:** *Eastern Black Sea Basin, Mann-Kendall, Şen's Crossing Trend Method, Innovative Trend Analysis-Change Boxes, Annual instantaneous maximum flows*

## 1. Giriş

Şiddetli yağmurların sonucu olarak akarsu yataklarında meydana gelen yüksek su debilerinin, düşük kotlu bölgeleri su altında bırakması olayına taşkın denilmektedir (Büyükkaraciğın & Kahya, 2009). İklim değişikliğine bağlı şiddetli yağışların artması taşkın olaylarını tetiklemektedir. Taşkınlar hem dünyada hem ülkemizde ciddi zararlara yol açmaktadır. Taşkınlar sonucunda birçok can kaybı yaşanmakta ve taşkın zararlarının giderilmesi için önemli miktarlarda paralar harcanmaktadır. Türkiye'nin en yağışlı bölgesi olan Doğu Karadeniz Havzası topoğrafik yapısı nedeniyle sıklıkla taşkınlara maruz kalmaktadır. Bölgede yerleşim alanlarının genelde taşkın yatakları yakınında bulunmasından dolayı taşkınlar maddi ve manevi birçok kaybın meydana gelmesine neden olmaktadır. Havza özellikleri ve iklim koşulları nedeniyle Doğu Karadeniz Havzası'nda meydana gelen taşkınların maddi ve manevi boyutu diğer havzalara kıyasla fazladır (Yüksek, Kankal & Üçüncü, 2013; Anılan, Yüksek & Kankal, 2016).

Doğu Karadeniz Havzasının akımlarının incelendiği çalışmalara bakıldığında, havza genellikle Türkiye'deki bütün havzaların incelendiği çalışmaların içinde bir bölüm olarak yer almıştır. Bu çalışmalarda çoğunlukla Mann-Kendall yöntemi uygulanmış ve havza akımlarında eğilim gözlenmemiştir (Bayazıt vd., 2002; Cıgızoğlu vd., 2004; Topaloğlu, 2006; Cebe, 2007; Elmalı,

2019; Yılmaz, 2019). Ancak son yıllarda sadece havza üzerinde yapılan çalışmaların arttığı gözlenmiştir (Altınışik, 2015; Akçay, 2018; Kankal & Akçay, 2019). Altınışik (2015) Doğu Karadeniz Havzası aylık ve yıllık ortalama akım ve taşkın verileri için Mann-Kendall yöntemi ile eğilim analizi gerçekleştirmiştir. Doğu Karadeniz Havzası'ndaki istasyonlar için gözlem dönemi 1962-2013 yılları arasındadır. Yapılan çalışmada E22A002, E22A013, E22A015, E22A018, E22A028, E22A032, E22A033, E22A038, E22A045 ve E22A047 numaralı istasyonlar benzerdir. Yılmaz (2019) çalışmasında 1961-2014 yılları arasında Türkiye Akarsu Havzaları YAMA verileri için Mann-Kendall ve Sperman'ın Rho yöntemleri ile eğilim analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmayla E22A002, E22A013, E22A015, E22A018, E22A032, E22A033, E22A038, E22A045 ve E22A047 numaralı istasyonlar benzerdir. Son yıllarda yapılan eğilim analizi çalışmalarına bakıldığında Mann-Kendall yöntemine göre eğilim bulunamayan verilere Şen'in Yenilikçi Eğilim ve Yenilikçi Eğilim Analizi-Değişim Kutuları (YEA-DK) yöntemleri uygulandığında, çeşitli eğilimler gözlemlendiği bilinmektedir (Ay & Kişi, 2017; Dabanlı, Şen, Yeleğen, Şişman, Selek & Güçlü, 2016; Akçay, 2018; Kankal & Akçay, 2019).

Bu çalışmanın amacı, su potansiyeli ve yaşanan taşkınlar açısından Türkiye'nin en önemli havzalarından bir olan Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan 17 istasyona ait 1963-2019 yılları arasında değişen ve uzun süreli (>30 yıl) YAMA değerlerinin eğilim analizini gerçekleştirmektir. Bu amaç doğrultusunda Mann-Kendall, YEA-DK



ve Şen'in Geçiş Eğilim yöntemleri olmak üzere toplam üç farklı yöntem kullanılmıştır. YEA-DK yöntemi ile farklı aralıklardaki (düşük, orta ve yüksek) veri gruplarında yüzdelik değişimlerini elde ederek, özellikle taşkın oluşturma potansiyeli olan büyük debi değerlerinin değişimleri yorumlanmıştır. Ayrıca yöntem sonuçları birbiri ile karşılaştırılmıştır.

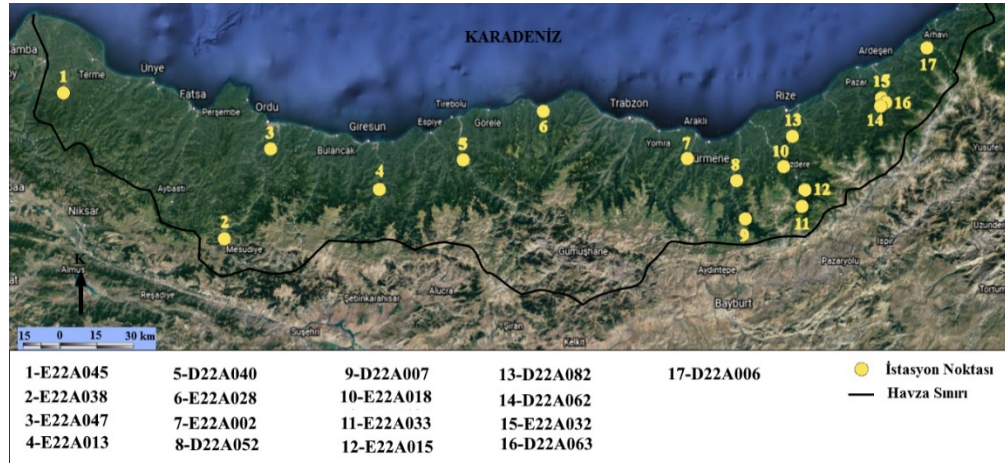
## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler

Doğu Karadeniz Havzası; Melet Çayı, Harşit Çayı, Ağasar, Galanima, Değirmendere, Karadere, Solaklı, Pazar ve Fırtına Deresi gibi birbirine paralel olarak uzanan akarsuların alt havzalarından oluşmaktadır (Satılmış 2015). Türkiye'nin en yağışlı bölgesi olan Doğu Karadeniz Havzası topoğrafik

yapısı nedeniyle sıklıkla taşkınlara uğramaktadır. Bölgede yerleşim alanları genelde taşkın yatakları yakınında bulunduğu için taşkınlar sonucu maddi ve manevi birçok kayıp meydana gelmektedir. Havza özellikleri ve iklim koşulları nedeniyle Doğu Karadeniz Havzası'nda meydana gelen taşkınların maddi ve manevi boyutu diğer havzalara kıyasla fazladır (Yüksek vd., 2013).

Bu çalışmada; Doğu Karadeniz Havzası üzerinde yer alan, Devlet Su İşleri'nden (DSİ) temin edilen 17 adet istasyona ait veriler kullanılmıştır. İstasyonlara ait verilerin aralığı 1963-2019 yılları arasında değişmektedir ve en kısa 30 en uzun 54 yıllık veri bulunmaktadır. Veri uzunluğu ortalaması 45 yıldır. Çalışma kapsamında kullanılan istasyonlara ait özellikler Tablo 1'de, istasyon yerleri ise Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan istasyonların genel görüntüsü

**Tablo 1.** Çalışma kapsamında kullanılan AGİ'lere ait bilgiler

İstasyon No	İstasyon Adı	İstasyon Koordinatları	Yükseklik (m)	Veri Aralığı	Veri Uzunluğu (yıl)
E22A002	Karadere, Ağnas	40°50'56" K- 40°00'13" D	95	1967- 2018	52
D22A006	Abuçaçlayan Deresi, Köprübaşı	41°15'01" K- 41°14'49" D	94	1967- 2018	52
D22A007	Haldizen Suyu, Şerah	40°37'29" K- 40°17'05" D	28	1971- 2018	48
E22A015	Çamlıkdere, Dereköy	40°43'41" K- 40°35'40" D	85	1965- 2018	54
E22A013	Aksu, Dereli	40°44'17" K- 38°26'50" D	127	1963- 2000	38
E22A018	Şimşirli	40°48'55" K- 40°29'18" D	167	1964- 2009	46
E22A028	Fol Deresi, Bahadırılı	41°01'37" K- 39°16'36" D	84	1964- 2013	50
E22A032	Fırtına Deresi, Topluca	41°03'56" K- 41°00'16" D	180	1964- 2015	52
E22A033	Tozköy Deresi, Tozköy	40°40'00" K- 40°34'32" D	44	1965- 2018	54
E22A038	Melet Çayı, Arıncılar	40°32'54" K- 37°40'21" D	155	1966- 2015	50
E22A045	Terme Çayı, Gökçeli	41°04'52" K- 36°49'22" D	285	1970- 2019	50
E22A047	Melet Çayı, Gocallı Köprüsü	40°53'04" K- 37°53'35" D	391	1968- 2017	50
D22A052	Solaklı Deresi, Ulucami	40°45'55" K- 40°15'09" D	94	1980- 2011	32
D22A040	Harşit Çayı, Eymür	40°50'55" K- 38°52'16" D	394	1977- 2008	32
D22A062	Hemşin Deresi, Konaklar	40°01'57" K- 40°59'49" D	115	1981- 2010	30
D22A063	Hala Deresi, Mikron Köprüsü	41°02'41" K- 41°01'29" D	118	1981- 2018	38
D22A082	Salarha Deresi, Kömürcüler	40°55'40" K- 40°32'22" D	112	1984- 2019	36

## 2.2. Eğilim Analizi Yöntemleri

### 2.2.1. Mann-Kendall Yöntemi

Mann (1945) ve Kendall (1975) tarafından geliştirilen ve parametrik olmayan bu test, eğilim analizi çalışmalarında en çok uygulanan yöntemdir. Parametrik olmayan bir test olduğundan rastgele değişkenin dağılımından bağımsızdır (Çeribaşı & Doğan, 2015).

Bu yöntem ile bir zaman serisinde artan ya da azalan yönde eğilim olup olmadığına sıfır hipotezi; "H<sub>0</sub>: eğilim yok" ile bakılmaktadır. Yöntemin uygulanacağı zaman serisinde (x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>, ..., x<sub>n</sub>) x<sub>i</sub> ve x<sub>j</sub> veri çiftleri iki gruba ayrılır. i < j için x<sub>i</sub> < x<sub>j</sub> olan çiftlerin sayısı P ve i < j için x<sub>i</sub> > x<sub>j</sub> olan çiftlerin sayısı M olarak gösterilirse test istatistiği S = P - M olarak tanımlanır. Daha sonra (S) ve veri sayısına göre Kendall korelasyon katsayısı Denklem (1) ile bulunur. n ≥ 10 için S değerinin standart sapması ise Denklem (2) ile hesaplanır. Serinin standart sapması belirlendikten sonra standart normal Z değerini bulmak için Denklem (3) kullanılır.

$$\tau = \frac{S}{[n(n-1)/2]} \quad (1)$$

$$\sigma_s = \sqrt{[n(n-1)(2n+5)/18]} \quad (2)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s}, & S > 0 \text{ ise} \\ 0, & 0 \text{ ise} \\ \frac{S+1}{\sigma_s}, & S < 0 \text{ ise} \end{cases} \quad (3)$$

Z'nin mutlak değeri, seçilen α anlamlılık düzeyine (bu çalışmada 0.05 olarak

seçilmiştir) karşılık gelen normal dağılımın Z<sub>α/2</sub> (=1,96) değerinden küçükse sıfır hipotezi kabul edilmektedir. Bu da zaman serisinde artan ya da azalan yönde bir değişim olmadığını ortaya koymaktadır. Z'nin mutlak değerinin Z<sub>α/2</sub> (=1,96) değerinden büyük olması zaman serisinde bir artış ya da azalışın olduğunu göstermektedir. S değeri sıfırdan büyükse zaman serisinde artan yönde bir eğilim, sıfırdan küçükse azalan yönde bir eğilim olduğu sonucu elde edilmektedir (Doğan, Çeribaşı & Akkaya, 2016). Akım verilerine Mann-Kendall yöntemi uygulamadan önce veri serisinde içsel bağımlılığın olup olmadığı tespit edilmelidir. Bunun için otokorelasyon analizi kullanarak içsel bağımlılık belirlenmeli ve içsel bağımlılık giderilmelidir. Bu işlemlerden sonra Mann-Kendall yöntemi uygulanmalıdır.

İçsel bağımlılık zaman serilerinin birbirini etkileme durumunu temsil etmektedir. İçsel bağımlılığın bulunması, zaman serilerinin eğilim analizi sonucunun daha gerçeğe daha yakın çıkmasını sağlamaktadır. Bu yüzden içsel bağımlılığın tespit edilmesi önem arz etmektedir.

Zaman serisinin içsel bağımlılığını belirlemek için otokorelasyon analizi yapılmaktadır. Bir zaman serisinde, ardışık değerler arasındaki içsel bağımlılığın bir ölçüsü olan (k) zaman aralıklı otokorelasyon katsayısı Denklem (4) ile hesaplanır (Şen, 2017). Denklem (4)'de; x<sub>i</sub>: seri değerleri;  $\bar{x}$ : serinin ortalaması; n: veri uzunluğudur, k ise öteleme sayısı olup 1 alınır. Bulunan 1 aralıklı otokorelasyon sayısının anlamlılığı Douglas, Vogel & Kroll

(2000) tarafından önerilen belli bir anlamlılık düzeyinde Denklem (5) ile sınılanır.

$$r_k = \frac{\frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x})}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

$$|r_1| > \frac{Z_{\alpha/2}}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Denklem (5) koşulunun sağlanması durumunda seride içsel bağımlılık vardır ve etkisi giderilmelidir. Burada n veri sayısı ve  $Z_{\alpha/2}$  seçilen  $\alpha$  anlamlılık düzeyine karşılık gelen normal dağılımın kritik değeridir. İçsel bağımlılık tespitinde  $\alpha=0,05$  alınmaktadır. Anlamlılık düzeyine göre  $Z_{\alpha/2}$  değeri 1,96 olarak belirlenmiştir.

Bağımsız değişkenlerin her bir verisi, o değişkenin diğer bütün ölçülen verilerinden bağımsızdır. Bu durum hidrometeorolojik zaman serilerinin analizinde dikkate alınmalıdır. Eğer zaman serisinde pozitif serisel korelasyon tespit edilirse Mann Kendall testinin, önemli bir eğilim belirleme ihtimalini artıracaktır. Bu durum eğilimin olmadığını söyleyen  $H_0$  hipotezinin reddedilmesine yol açacaktır aslında  $H_0$  hipotezi doğrudur (Von Storch, 1995). Zaman serisinde belirlenen içsel bağımlılığı gidermek için geçmiş çalışmalarda kullanılan bazı yöntemler vardır. Bunlardan birisi de Yue, Pilon, Phinney & Cavadias (2002) tarafından önerilen Trend Free Pre Whitening (TFPW) dir. Bu çalışmada analiz edilen verilerden serisel korelasyonu arındırmak için otokorelasyonun belirlendiği verilere TFPW yaklaşımı uygulanmıştır. Verilerde içsel bağımlılığı belirlemek

için kullanılan formül ve TFPW yaklaşımı aşağıda tanımlanmıştır.

Sen (1968) tarafından önerilen yöntemle eğilimin eğimi Q bulunur. Eğer eğim sifıra eşit ise o zaman eğilim analizini yapmaya gerek yoktur. Eğer sıfırdan farklı ise eğilimin lineer olduğu kabul edilir ve zaman serisinin verilerinden eğim Denklem (6) ile arındırılır (Yılmaz, 2019).

$$X^l_t = X_t - T_t = X_t - Q_t \quad (6)$$

Arındırılmış  $X^l_t$  serisinin lag-1 serisel korelasyon katsayısı  $r_1$  Denklem (4) kullanılarak hesaplanır ve sonra AR(1),  $X^l_t$  'den Denklem (7) ile arındırılır. Belirlenen eğilim  $T_t$  ve kalan seri  $Y_t$  Denklem (8)'de görüldüğü gibi toplanır. Artık  $Y_t$  serisi otokorelasyondan etkilenmez ve elde edilen  $Y_t$  serisine Mann-Kendall yöntemi uygulanır.

$$Y^l_t = X^l_t - r_1 X^l_{t-1} \quad (7)$$

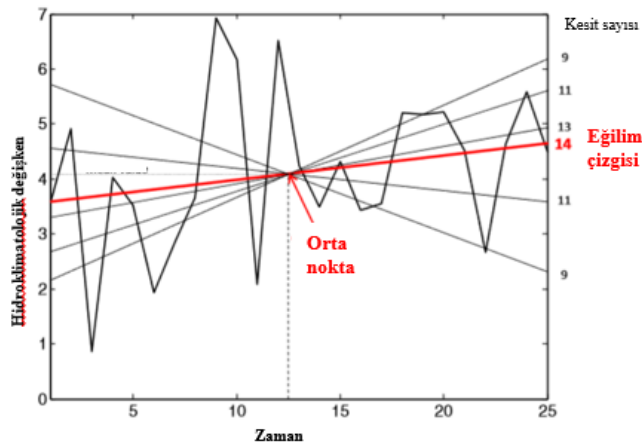
$$Y_t = Y^l_t + T_t \quad (8)$$

Bu çalışmada analizi yapılan YAMA verilerine Mann-Kendall yönteminden önce içsel bağımlılığı ölçmek için otokorelasyon analizleri yapılmış,  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyinde anlamlı bulunan içsel bağımlılık için veri setlerine Yue vd. (2002) tarafından önerilen TFPW yöntemi uygulanmıştır. Uygulamadan sonra elde edilen yeni verilere Mann-Kendall yöntemi uygulanarak eğilim analizleri gerçekleştirilmiştir.

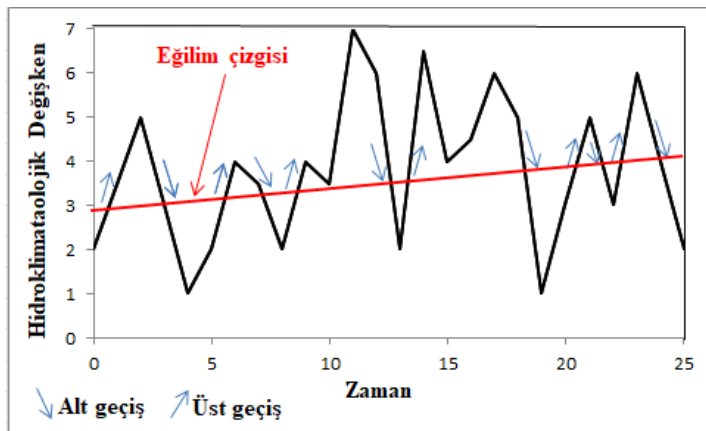
### 2.2.2. Şen'in Geçiş (Crossing) Eğilim Yöntemi

Şen (2018) tarafından geliştirilen Geçiş (Crossing) Eğilim yöntemi en yeni eğilim analizi yöntemlerinden biridir. Bu yöntem, zaman serisinin geçiş özelliklerine bağlıdır. Bu yöntemde, Şen (2012) tarafından ortaya atılan Yenilikçi Eğilim yöntemi gibi serinin bağımlı ya da bağımsız olması önemli değildir. Yöntemde ilk başta grafik üzerinde, x ekseninde zaman değerleri, y ekseninde gözlem değerleri olmak üzere zaman serisi çizilir. Çizilen grafikte gözlem değerlerinin ortalaması ve ortanca yıl

işaretlenerek zaman serisinin orta noktası bulunur (Şekil 2). Bulunan orta noktadan geçmek şartı ile artı ve eksi yönlü birden çok eğim çizgisi çizilir. Bu yöneme göre en uygun eğilim çizgisi, grafik üzerinde çizilen zaman serisinin merkezinden geçen ve grafiği en fazla noktada kesen eğim çizgisidir. Seçilen eğilim çizgisinin zaman serisini kestiği üst geçiş ve alt geçiş sayısı bulunur (Şekil 3). Test istatistiği olan C katsayısı alt ve üst geçişlerin ortalamasıdır.



Şekil 2. Zaman serisinin orta noktasının bulunması ve eğilim çizgisi (Şen, 2018)



Şekil 3. Şen'in Geçiş Eğilim yönteminde alt ve üst geçişlerin bulunması

C geçiş sayısının güven sınırlarını bulmak için önce geçiş sayısının ortalamasını ve varyansını bulmak gerekir. Şen (1991) tarafından önerilen yaklaşıma göre ortalama Denklem (9) ile bulunur. Denklem (9)'da n gözlem sayısı ve p geçiş seviyesidir ve en büyük geçiş sayısı için p= 0,5 alınır ve Denklem (10) elde edilir.

$$E(N_u) = np(1 - p) \quad (9)$$

$$E(N_u) = n * 0,5 * (1 - 0,5) = 0,25n \quad (10)$$

Geçiş sayısının varyansı ise Denklem (11) ile hesaplanır. Yine p=0,5 ve E(Nu) yerine konulursa Denklem (12) elde edilir. C sayısının güven sınırlarını bulmak içinse normal dağılımdaki standart normal değişken formülü Denklem (13) kullanılır. Burada x standart normal dağılıma sahip değişken,  $\bar{x}$  ortalama,  $S_x$  standart sapma ve Z de standart normal değişken değeridir.  $S_x = \sqrt{Var_x}$  olduğu bilinmektedir. Buradan güven sınırları Denklem (14) yardımıyla bulunur. C geçiş sayısı alt ve üst sınırların arasında kalırsa bu seride eğilim olmadığı, aksi takdirde eğilim olduğu kabul edilir. Eğilimin yönü ile ilgili olarak ise eğilim çizgisinin eğim değeri pozitif ise artan yönde, negatif ise azalan yönde eğilim vardır denir. Bu çalışmada havzanın YAMA verileri Şen'in Geçiş Eğilim yöntemi ile analiz edilmiştir.

$$V(N_u) = E(N_u)(1 - 3p + 3p^2) \quad (11)$$

$$V(N_u) = 0,25n * (1 - 3 * 0,5 + 3 * 0,5^2) = 0,0625n \quad (12)$$

$$Z = \frac{x - \bar{x}}{S_x} \quad (13)$$

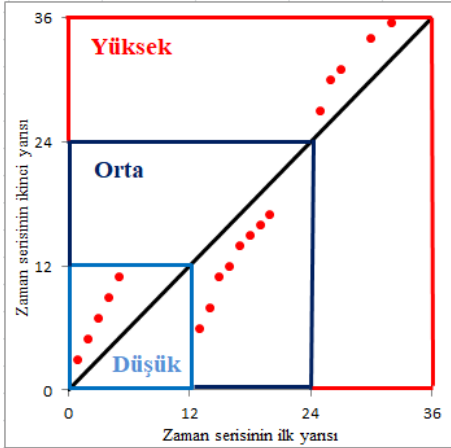
$$\pm Z = \frac{X - E(N_u)}{\sqrt{V(N_u)}} = \frac{x - 0,25n}{\sqrt{0,0625n}} \quad (14)$$

### 2.2.3. Yenilikçi Eğilim Analizi Değişim Kutuları (YEA-DK) Yöntemi

Şen tarafından 2012 yılında iklimsel yönelimleri değerlendirmek için YEA yöntemi ortaya konulmuştur (Şen, 2012). Bu yöntem, ardışık zaman grupları arasındaki değişimleri incelemeyi sağlayan bir yöntemdir. YEA yönteminde veriler ilk veriden itibaren eşit miktarda uzunlukta olacak şekilde iki ayrı veri grubuna ayrılarak, sıralı hale getirilmektedir. Daha sonra veriler ilk seri yatay ekseninde ikinci seri düşey ekseninde olacak şekilde çizilmektedir. Daha sonra 45° doğrusu çizilmekte ve işaretlenen veriler ile kıyaslama yapılmaktadır. Benzer zaman serileri yatay ve düşey eksenlere yerleştirildiğinde 1:1 (45°) doğrusu üzerine yerleşeceklerdir. Dolayısıyla ilk ve ikinci seri çiziminde veriler 1:1 (45°) doğrusu üzerinde dağılıyorsa incelenen seride herhangi bir yönelimin olmadığı anlaşılmaktadır. Bunun yanında dağılım 1:1 (45°) doğrusu üstünde dağılıyorsa artan yönde, altında dağılıyorsa azalan yönde bir yönelim söz konusu olmaktadır (Alaşan, Toprak & Şen, 2015).

YEA yöntemi'nin bir üstünlüğü de analiz edilen verileri düşükten yükseğe doğru farklı sınıflara

ayırabilmesidir (Şekil 4). Bu şekilde yapılan bir inceleme ile örneğin taşkın için önemli olan yüksek değerlerdeki veya kuraklık için önemli olan düşük değerlerdeki eğilimleri gözlemleme imkânı bulunmaktadır. İncelenen verilerin kaç farklı grupta değerlendirileceğini belirlemek için öncelikle ilk ve ikinci veri gruplarının ayrılıp saçılma diyagramlarını elde etmek ve daha sonra saçılım biçimlerine bağlı olarak bir sonuca varmak daha basit olmaktadır (Dabanlı, 2017).

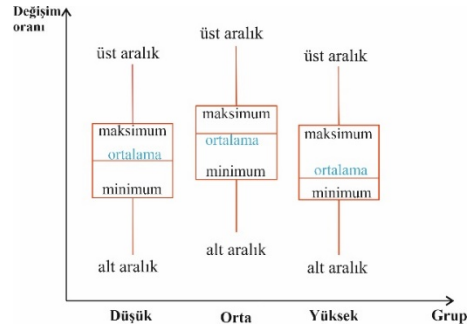


Şekil 4. YEA yönteminde verilerin sınıflandırılması

Farklı sınıflara ayrılmış verilerin eğilimindeki sayısal değişimleri göstermek amaçlı Alashan (2018) YEA-DK yöntemini önermiştir. Yöntemde düşük, orta ve yüksek değerli gruplar uzman görüşüne göre düzenlenir veya zaman içindeki değişim; düşük, orta ve yüksek değer aralıklarının belirlenmesine yardımcı olan ilk yarı zamanlı  $X$  serisi, ortalama  $\bar{X}$  ve standart sapma  $S_X$  olmak üzere üç nesnel durum ele alınır. Bu

durumlar  $X < \bar{X} - S_X$ ,  $\bar{X} - S_X < X < \bar{X} + S_X$  ve  $X > \bar{X} + S_X$  olarak sırasıyla düşük, orta ve yüksek değer aralıklarının belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Alashan, 2018).

Yöntemde YEA yöntemindeki ilk veri seti  $x$ , ikinci veri seti  $y$  olarak tanımlanırsa, yüzdelik değişimler  $((y_i - x_i)/x_i * 100)$  ile her grup için hesaplanır. Her grubun yüzdelik değişimleri hesaplandıktan sonra minimum, ortalama ve maksimum yüzdelik değişim değerleri her grup için kutu grafiğine aktarılır (Şekil 5). Bu çalışmada havzanın YAMA verileri YEA-DK ile analiz edilmiştir.



Şekil 5. Yüzdelik değişimlerin kutu grafiği

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. İçsel Bağımlılığının Tespiti ve Otokorelasyon Analizlerinin Bulguları

Bu kısımda, Tablo 2'de gösterildiği gibi istasyonların YAMA verileri için otokorelasyon katsayıları hesaplanmış olup %95 güven seviyesinde bağımlılık tespit edilen verilerin içsel bağımlılığını gidermek için önceki bölümde anlatılan TFPW yöntemi uygulanmış ve daha sonrasında

Mann-Kendall yönteminin uygulamasına geçilmiştir. Tablo 2'ye göre içsel bağımlılık sadece D22A007

istasyonundan elde edilmiştir ve bu istasyon ait verilerdeki içsel bağımlılık TFPW yöntemi ile giderilmiştir.

**Tablo 2.** AGİ'lere ait YAMA değerleri için otokorelasyon katsayıları

İstasyon No	Parametre	Veri Sayısı	$(1,96)/(\sqrt{N})$	Otokorelasyon Katsayısı ( $r_{1\alpha}$ )	İçsel Bağımlılık (Var/Yok)
E22A002		52	0,2718	-0,0273	Yok
D22A006		52	0,2718	-0,0153	Yok
D22A007		48	0,2829	0,3879	<b>Var</b>
E22A015		54	0,2667	-0,0546	Yok
E22A013		38	0,3180	-0,0882	Yok
E22A018		46	0,2890	0,1041	Yok
E22A028		50	0,2772	-0,1149	Yok
E22A032	Yıllık Anlık	52	0,2718	-0,0670	Yok
E22A033	Maksimum	54	0,2667	0,0331	Yok
E22A038	Akım	50	0,2772	-0,0338	Yok
E22A045		50	0,2772	0,0181	Yok
E22A047		50	0,2772	-0,0406	Yok
D22A052		32	0,3465	0,0049	Yok
D22A040		32	0,3465	-0,0950	Yok
D22A062		30	0,3578	0,2888	Yok
D22A063		38	0,3180	-0,0631	Yok
D22A082		36	0,3267	0,0389	Yok

### 3.2. Eğilim Analizlerine Ait Bulgular

#### 3.2.1. Mann-Kendall Yöntemine Ait Bulgular

YAMA değerleri için Mann-Kendall yöntemine ait bulgular Tablo 3'te verilmektedir. Tablo incelendiğinde, dört istasyon haricinde tüm istasyonlarda hesaplanan Z değerinin mutlak değeri %95 güven seviyesi için kritik değer olan 1,96'dan küçük olduğu için H0 hipotezi kabul edilmiş ve bu istasyonlarda eğilime rastlanılmamıştır. Diğer dört istasyonda ise H0 hipotezi

reddedilmiş, yani eğilim tespit edilmiştir. Bu eğilimler E22A028, D22A040, D22A062 istasyonlarında artan yönde iken E22A018 istasyonunda da azalan yönde olduğu görülmüştür.

#### 3.2.2. Yenilikçi Eğilim Analizi-Değişim Kutuları Yöntemine Ait Bulgular

Bu yöntemde YEA ile verilerin önce saçılma grafikleri çizilmiş daha sonra veriler düşük, orta ve yüksek değerler



**Tablo 3.** Mann-Kendall yöntemine ait bulgular

İstasyon No	Parametre	Mann-Kendall Test İstatistiği	Hesaplanan Z değeri	H <sub>0</sub>	Eğilim ve yönü
E22A002		37	0,2841	Kabul	Eğilim yok
D22A006		231	1,8155	Kabul	Eğilim yok
D22A007		9	0,0734	Kabul	Eğilim yok
E22A015		-203	-1,5074	Kabul	Eğilim yok
E22A013		-83	-1,0319	Kabul	Eğilim yok
E22A018		-305	-2,8801	Ret	<b>Azalan yönde eğilim</b>
E22A028		315	2,6267	Ret	<b>Artan yönde eğilim</b>
E22A032	Yıllık	137	1,0737	Kabul	Eğilim yok
E22A033	Anlık	-34	-0,2463	Kabul	Eğilim yok
E22A038	Maksimum Akım	-74	-0,6108	Kabul	Eğilim yok
E22A045		-42	-0,3430	Kabul	Eğilim yok
E22A047		-137	-1,1376	Kabul	Eğilim yok
D22A052		-113	-1,8170	Kabul	Eğilim yok
D22A040		179	2,8877	Ret	<b>Artan yönde eğilim</b>
D22A062		203	3,6050	Ret	<b>Artan yönde eğilim</b>
D22A063		144	1,7983	Kabul	Eğilim yok
D22A082		-22	-0,2861	Kabul	Eğilim yok

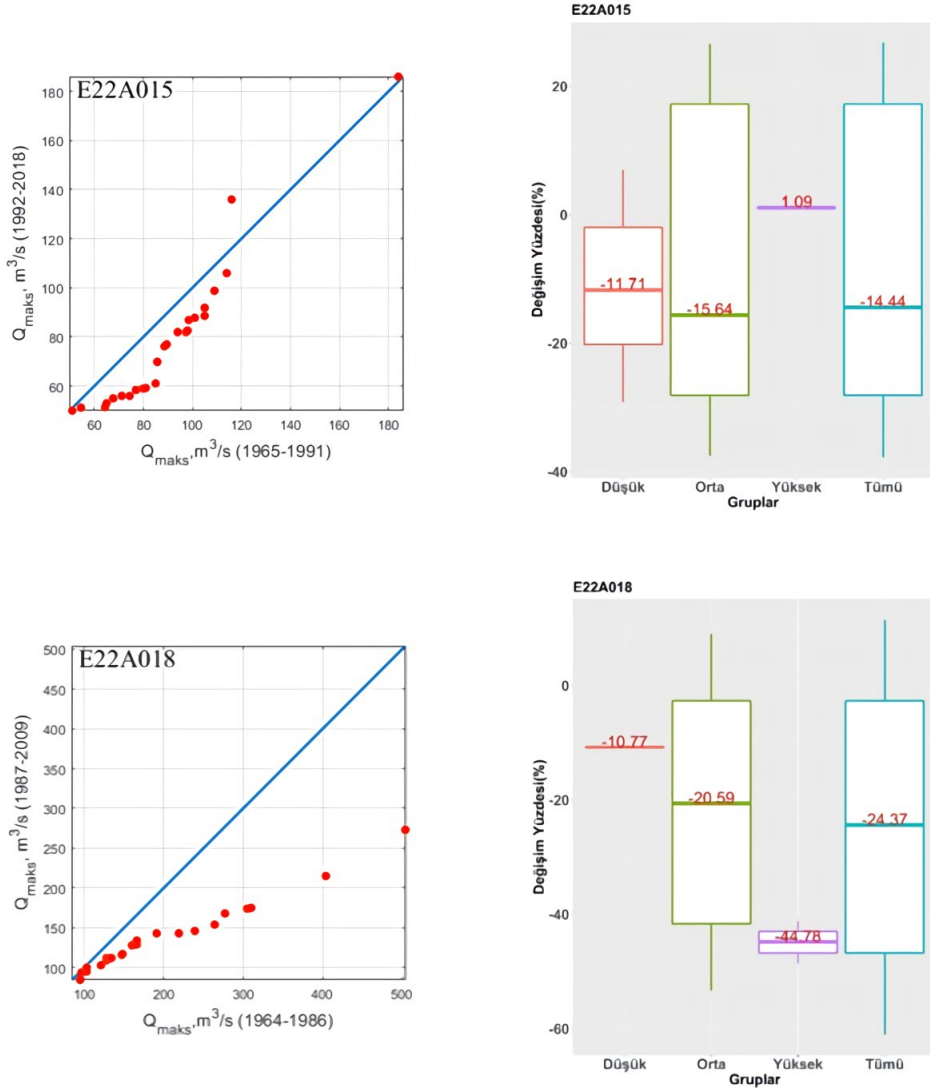
olarak her bir veri seti için sınıflandırılmıştır. Şekillerdeki yatay ve düşey eksenler sınıflandırmaya uygun olacak biçimde üç kısım şeklinde ayarlanmıştır. Daha sonra YEA-DK yöntemi ile farklı sınıflara ayrılmış verilerin eğilimindeki sayısal değişimleri göstermek için yüzdelik değişimler her grup için hesaplanmış ardından minimum, ortalama ve maksimum yüzdelik değişim değerleri her grup için kutu grafiğine aktarılmıştır. Örnek olarak E22A015 ve

E22A018 istasyonları için YEA-DK grafikleri Şekil 6'da gösterilmektedir. YAMA değerleri eğilim durumlarının verilerin düşük, orta ve yüksek olarak sınıflandırıldığı ve yüzdelik değişimlerinin belirlendiği bulgular Tablo 4'te görülmektedir. Düşük değerlerde istasyonların %41,18'inde artış ve %58,82'sinde azalış eğilimi görülmektedir. Orta değerlerde ise istasyonların %35,29'unda artış ve %64,71'inde azalış eğilimi görülmektedir. Son olarak yüksek değerlerde istasyonların %35,29'unda

artış ve %64,71’inde azalış eğilimi görülmüştür.

Tablo 4’e bakıldığında tüm istasyonlardaki düşük, orta ve yüksek değerler birlikte değerlendirildiğinde %63 oranında bir azalma, %37 oranında ise artış eğilimi ortaya çıkmıştır. Tüm istasyonların değişim

oranlarına bakıldığında; düşük değerler için en büyük azalma değeri %49 iken en büyük artış değeri %113, orta değerler için en büyük azalma değeri %26 iken en büyük artış değeri %68, yüksek değerler için en büyük azalma değeri %72 iken en büyük artış değeri %68 olarak gözlenmiştir.



Şekil 6. E22A015 ve E22A018 istasyonları için YEA-DK grafikleri

**Tablo 4.** YEA-DK yöntemine göre YAMA değerlerinin sınıflandırılması ve yüzdelik değişim değerleri

İstasyon	Veri Aralığı	Değişim Oranı (%)			Eğilim
		Min	Orta	Maks	
E22A002	Düşük	-48,97	-48,97	-48,97	▼
	Orta	-35,36	-2,68	10,98	▼
	Yüksek	9,89	10,63	33,85	▲
D22A006	Düşük	23,46	23,46	23,46	▲
	Orta	15,96	33,50	64,75	▲
	Yüksek	-57,43	-57,43	-57,43	▼
D22A007	Düşük	4,38	14,76	23,08	▲
	Orta	-15,48	-7,02	4,76	▼
	Yüksek	-31,80	-28,15	-24,95	▼
E22A015	Düşük	-20,19	-11,71	-1,96	▼
	Orta	-28,12	-15,64	17,24	▼
	Yüksek	1,09	1,09	1,09	▲
E22A013	Düşük	-3,49	6,07	15,64	▲
	Orta	-36,59	-12,35	24,57	▼
	Yüksek	-56,25	-47,83	-42,70	▼
E22A018	Düşük	-10,77	-10,77	-10,77	▼
	Orta	-41,67	-20,59	-2,70	▼
	Yüksek	-46,78	-44,78	-42,95	▼
E22A028	Düşük	82,67	113,43	129,55	▲
	Orta	33,14	61,25	134,63	▲
	Yüksek	23,20	67,74	165,81	▲
E22A032	Düşük	5,71	5,71	5,71	▲
	Orta	-5,09	3,75	14,02	▲
	Yüksek	-54,29	-48,19	-42,09	▼
E22A033	Düşük	-22,62	-3,81	5,56	▼
	Orta	-7,76	-1,80	7,83	▼
	Yüksek	-3,03	2,70	11,76	▲
E22A038	Düşük	-70,66	-30,47	-10,68	▲
	Orta	-20,21	-3,80	27,00	▼
	Yüksek	-26,96	-24,52	-20,89	▼
E22A045	Düşük	-42,57	-23,46	-8,32	▼
	Orta	-20,47	-8,87	29,74	▼
	Yüksek	2,19	25,14	65,55	▲
E22A047	Düşük	-24,21	-19,30	-12,41	▼
	Orta	-43,88	-25,51	-9,18	▼
	Yüksek	-39,30	-37,60	-34,90	▼

Tablo 4. Devamı

İstasyon	Veri Aralığı	Değişim Oranı (%)			Eğilim
		Min	Orta	Maks	
D22A052	Düşük	-21,74	-15,21	-10,57	▼
	Orta	-21,19	-17,49	-6,12	▼
	Yüksek	-20,00	-4,70	23,61	▼
D22A040	Düşük	-42,05	-7,69	26,67	▼
	Orta	49,72	67,95	96,92	▲
	Yüksek	-71,56	-71,56	-71,56	▼
D22A062	Düşük	35,45	35,45	35,45	▲
	Orta	32,17	37,53	45,45	▲
	Yüksek	41,91	48,10	59,52	▲
D22A063	Düşük	58,00	58,00	58,00	▲
	Orta	-11,11	9,12	22,71	▲
	Yüksek	-42,73	-36,36	-30,00	▼
D22A082	Düşük	-23,15	-23,15	-23,15	▼
	Orta	-23,11	2,07	29,19	▲
	Yüksek	-60,70	-60,70	-60,70	▼

▲ : Artan yönde eğilim  
▼ : Azalan yönde eğilim

### 3.2.3. Şen'in Geçiş Eğilim Yöntemine Ait Bulgular

Şen'in Geçiş Eğilim yöntemine göre C geçiş sayıları ve eğilim durumları Tablo 5'te sunulmaktadır. Tablo incelendiğinde tüm istasyonlarda C geçiş sayıları güven sınırlarının arasında kaldığı için hiçbir istasyonda eğilime rastlanılmadığı görülmektedir.

### 3.3. Eğilim Yöntemleri Bulgularının Karşılaştırılması

Mann-Kendall, YEA-DK ve Şen'in Geçiş Eğilim yöntemlerine ait YAMA değerlerinin eğilim analizi sonuçları bir arada Tablo 6'da verilmiştir. Tablo 6 incelendiğinde üç yöntemin

genellikle birbirinden farklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Mann-Kendall yöntemine göre eğilim bulunan dört istasyonun sonuçları YEA-DK yönteminde sınıflandırma yapılmadan elde edilen sonuçlarla uyum göstermiştir. Ayrıca E22A032 numaralı istasyonda YEA-DK yönteminde yine sınıflandırma yapılmadan verilerin tümü analiz edildiğinde ortalama değişim yüzdesi 1'den küçük olduğundan eğilime rastlanmamıştır bu sebeple bu istasyon için üç yöntem de aynı sonucu vermiştir. Mann-Kendall ve Şen'in Geçiş Eğilim yöntemlerinin YEA-DK yöntemine göre eğilim tespit etme oranları çok düşük çıkmıştır.

**Tablo 5.** YAMA değerlerinin C geçiş sayıları, %95 güven seviyesi için sınır değerler ve eğilim durumları

İstasyon No	Parametre	Veri Aralığı	Alt Limit	C	Üst Limit	Eğilim
E22A002		52	9,4666	13	16,5334	<b>Eğilim Yok</b>
D22A006		52	9,4666	11,5	16,5334	<b>Eğilim Yok</b>
D22A007		48	8,6052	13	15,3948	<b>Eğilim Yok</b>
E22A015		54	9,8993	13	17,1007	<b>Eğilim Yok</b>
E22A013	Yıllık	38	6,4794	10,5	12,5206	<b>Eğilim Yok</b>
E22A018	Maksimum	46	8,1767	11	14,8233	<b>Eğilim Yok</b>
E22A028	Akım	50	9,0352	13,5	15,9648	<b>Eğilim Yok</b>
E22A032		52	9,4666	10,5	16,5334	<b>Eğilim Yok</b>
E22A033		54	9,8993	12	17,1007	<b>Eğilim Yok</b>
E22A038		50	9,0352	13	15,9648	<b>Eğilim Yok</b>
E22A045		50	9,0352	14,5	15,9648	<b>Eğilim Yok</b>
E22A047		50	9,0352	14,5	15,9648	<b>Eğilim Yok</b>
D22A052	Yıllık	32	5,2281	10	10,7719	<b>Eğilim Yok</b>
D22A040	Maksimum	32	5,2281	6,5	10,7719	<b>Eğilim Yok</b>
D22A062	Akım	30	4,8162	7,5	10,1838	<b>Eğilim Yok</b>
D22A063		38	6,4794	10,5	12,5206	<b>Eğilim Yok</b>
D22A082		36	6,0600	9	11,9400	<b>Eğilim Yok</b>

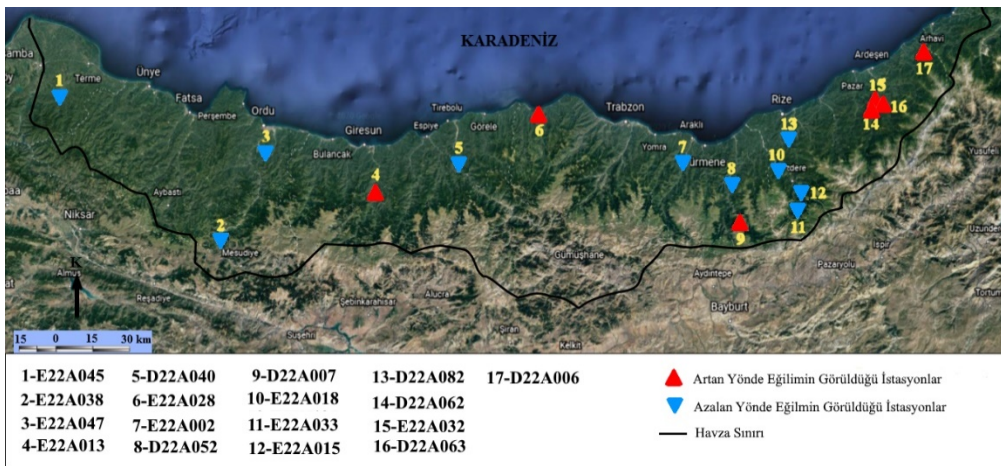
Mann-Kendall ve Şen'in Geçiş Eğilim yöntemleri ile elde edilen bulgular bu bölgede daha önceki çalışmaların bulguları ile çoğu istasyon için aynı sonucu vermektedir. Cıgızoğlu vd. (2004) tarafından parametrik olmayan Mann-Kendall ve parametrik t yöntemleri ile YAMA verilerine sahip istasyonlara yapılan eğilim analiz çalışmasında bu çalışmayla ortak olan E22A015 numaralı istasyonda azalan yönde eğilim, E22A028 numaralı istasyonda artan yönde eğilim görülürken E22A018 numaralı istasyonda eğilim gözlenmemiştir. Topaloğlu (2006) tarafından Mann-Kendall yöntemi ile YAMA verilerine sahip istasyonlara yapılan eğilim analiz çalışmasında bu çalışmayla

ortak olan E22A013, E22A018 ve E22A032 numaralı istasyonlarda azalan yönde eğilim gözlenirken E22A002, E22A033 ve E22A038 numaralı istasyonlarda artan yönde eğilim gözlenmiştir. Altınışık (2015) tarafından Mann-Kendall yöntemi ile yaklaşık 50 YAMA verilerine sahip istasyonlara yapılan eğilim analiz çalışmasında bu çalışmayla ortak olan E22A013, E22A015 ve E22A028 numaralı istasyonlarda eğilim gözlenirken, E22A002, E22A018, E22A032, E22A033, E22A038, E22A045 ve E22A047 numaralı istasyonlarda eğilim gözlenmemiştir. Yılmaz (2019) tarafından Mann-Kendall ve Sperman'ın Rho yöntemleri ile genel olarak 2014 yılından geriye doğru 42-

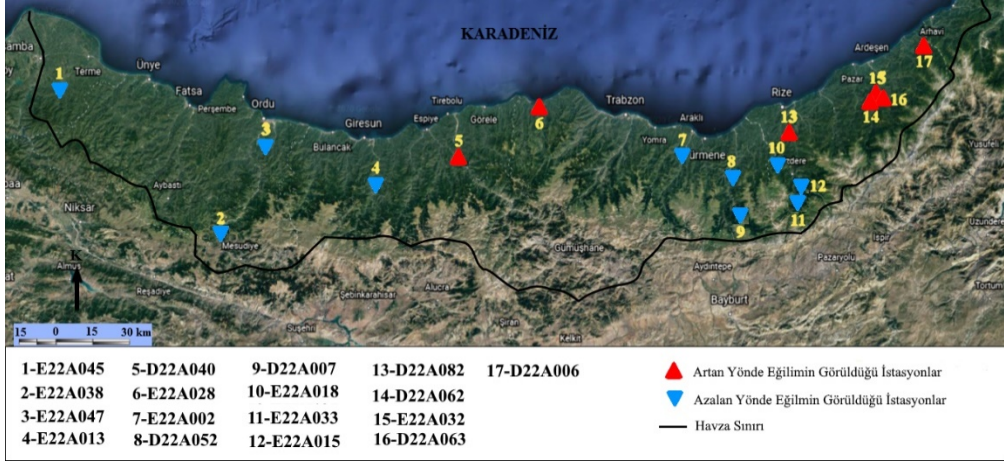
50 yıllık YAMA verilerine sahip istasyonlara yapılan eğilim analiz çalışmasında bu çalışmayla ortak olan E22A018 ve E22A047 numaralı istasyonlarda azalan yönde eğilim görülürken E22A002, E22A013, E22A015, E22A032, E22A033, E22A038 ve E22A045 numaralı istasyonlarda eğilim gözlenmemiştir.

Bu çalışma ve daha önce bu bölgede yapılan dört çalışma karşılaştırıldığında eğilimler benzer tespit edilmiştir. Bazı istasyonlar için tespit edilen eğilimler uyum göstermemektedir. Bunun nedeninin çalışılan verilerin uzunluğu ve aralığının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. YEA-DK yöntemlerinin eğilim yönleri bölgenin değişik bölgelerindeki eğilim farklılıklarını tespit etmek için Şekil 7-9'da farklı veri sınıfları için harita üzerinde gösterilmiştir. YEA-DK yöntemine göre farklı sınıflar için değişik eğilimlerin ortaya çıktığı Tablo 6'dan ve Şekil 7-9'dan net bir şekilde görülmektedir. YEA-DK yönteminin

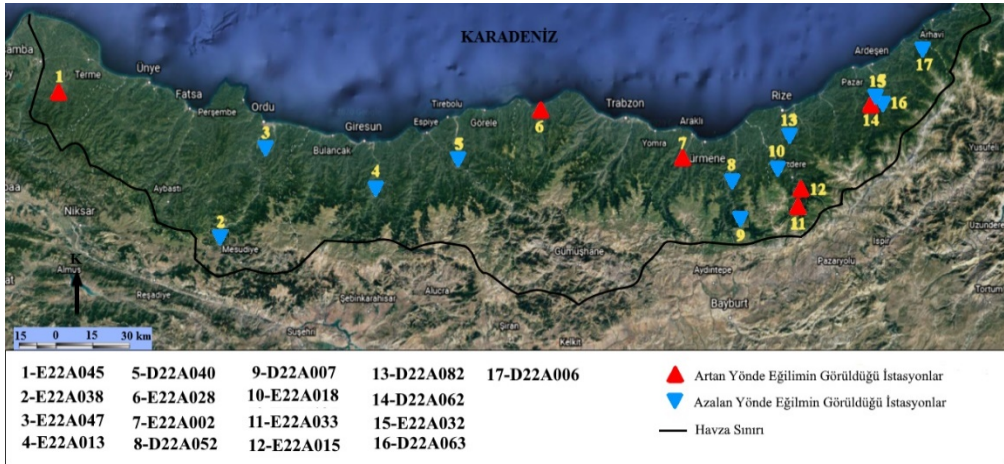
düşük ve orta değerlerinde Rize il merkezinin doğusunda (Türkiye'nin en fazla yağış alan bölgesi) bulunan istasyonlardaki değerlerde artış eğilimi görülürken, Trabzon ve Rize il merkezleri arasında bulunan hattaki istasyonlara ait değerlerde azalma eğilimi görülmüştür. YEA-DK yönteminde YAMA'ya ait yüksek sınıftaki değerlerin büyük taşkın olaylarına yol açabileceği düşünüldüğünde, bu değerler değişimi büyük önem arz etmektedir. Akım istasyonlarının YEA-DK yönteminin yüksek değerlerine göre eğilim yönlerinin verildiği Şekil 9 detaylı bir şekilde incelendiğinde, havzada 11 istasyonda yüksek değerlerde azalma eğilimi görülürken 6 istasyonda artma eğilimi görülmüştür. Düşük ve orta değerlerde Rize'nin doğusunda bulunan istasyonlara ait değerlerdeki artış eğilimi, yüksek değerlerde azalma eğilimi şeklinde ortaya çıkmıştır.



Şekil 7. Akım istasyonlarının YEA-DK yönteminin düşük değerlerine göre eğilimin yönleri



Şekil 8. Akım istasyonlarının YEA-DK yönteminin orta değerlerine göre eğilimin yönleri



Şekil 9. Akım istasyonlarının YEA-DK yönteminin yüksek değerlerine göre eğilimin yönleri




#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada veri uzunluğu 30 yılın üzerinde olan ve Doğu Karadeniz Havzası'nda yer alan 17 adet Akım Gözlem İstasyonuna ait YAMA verilerine Mann-Kendall, Yenilikçi Eğilim Analizi-Değişim Kutuları (YEA-DK) ve Şen'in Geçiş Eğilimi yöntemleri kullanılarak eğilim analizi uygulanmıştır. Mann-Kendall

yöntemini uygulamadan önce verilerdeki içsel bağımlılık ölçülmüş ve içsel bağımlılık bulunan veriler TFPW yöntemi ile arındırılmıştır. Mann-Kendall eğilim testi sonucuna göre 3 istasyonun YAMA verilerinde istatistiksel olarak azalan yönde eğilim görülürken, 1 istasyonda artan yönde eğilim görülmektedir.

**Tablo 6.** Mann-Kendall, Şen'in Geçiş Eğilimi ve YEA-DK yöntemlerine ait eğilim sonuçları

İstasyon No	Mann-Kendall	Şen'in Geçiş Eğilimi	YEA-DK			Tümü
			Düşük	Orta	Yüksek	
E22A002	—	—	▼	▼	▲	▼
D22A006	—	—	▲	▲	▼	▲
D22A007	—	—	▲	▼	▼	▼
E22A015	—	—	▼	▼	▲	▼
E22A013	—	—	▲	▼	▼	▼
E22A018	▼	—	▼	▼	▼	▼
E22A028	▲	—	▲	▲	▲	▲
E22A032	—	—	▲	▲	▼	—
E22A033	—	—	▼	▼	▲	▼
E22A038	—	—	▼	▼	▼	▼
E22A045	—	—	▼	▼	▲	▼
E22A047	—	—	▼	▼	▼	▼
D22A052	—	—	▼	▼	▼	▼
D22A040	▲	—	▼	▲	▼	▲
D22A062	▲	—	▲	▲	▲	▲
D22A063	—	—	▲	▲	▼	▲
D22A082	—	—	▼	▲	▼	▼

 : Artan yönde eğilim  
 : Azalan yönde eğilim  
 : Eğilim yok

Şen'in Geçiş Eğilimi testi sonucuna göre ise hiçbir istasyonda eğilim görülmemektedir. Bu sonuçların bu bölgede yapılan eski çalışmalar ile çoğu istasyon için uyumlu olduğu görülmüştür. YEA-DK yönteminde ortalama değişim yüzdeleri dikkate alındığında düşük ve orta değerler için istasyonların %41'inde artan, %59'unda ise azalan eğilimler tespit edilmiştir. Yüksek değerlerde ise artan ve azalan eğilim bulunan istasyon yüzdeleri sırasıyla %35 ve %65'tir. Rize il merkezinin doğusunda bulunan istasyonlarda yüksek değerler dışında artış eğilimi ortaya çıkmıştır. Bunun yanında Trabzon il

merkezi ile Rize il merkezinin bulunduğu hatta tüm veri sınıfları için genellikle azalma eğilimi görülmüştür. Bu çalışmadan elde edilen çıktılardan önceki çalışmalardan alınan sonuçlarla tam olarak uyuşmama sebebinin veri aralıklarının farklı olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bu çalışma neticesinde Şen'in Geçiş Eğilim yöntemi, havzada analizi yapılan istasyonların hiç birinde eğilim tespit etmeyen tek yöntem olmuştur. YEA-DK yönteminden elde edilen sonuçlar dikkate alındığında ise yöntemin eğilim tespit etme duyarlılığının diğer iki yönteme göre çok daha yüksek



olduğu görülmektedir. Bu yöntemin farklı veri sınıfları için analiz yapıyor olması özellikle maksimum akımlarda taşkınlar gibi önemli olaylar konusunda bilgi sahibi olma imkanı sunmuştur. Bu sebeple özellikle iklim değişikliğine hassas bölgelerde hidrometeorolojik parametrelerin farklı sınıflar için analiz imkanı sunan yöntemlerle incelenmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir. Maksimum akımlarda artma eğilimi görülen bölgelerde iklim değişiminin ortaya konması adına ileriye dönük yağış tahminlerinin yapılp daha sonra gelişmiş havza modelleri ile akımların tahmin edilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

## 5. Kaynaklar

- Akçay, F. (2018). *Doğu Karadeniz havzası aylık ve yıllık ortalama akımlarının eğilim (trend) analizi*. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.
- Alaşan, S., Toprak Z.F. & Şen, Z. (2015). İklim değişikliğinin Murat Nehri su gücü potansiyeline etkisi. 4. Su Yapıları Sempozyumu Bildirileri. Antalya, Türkiye.
- Alaşan, S. (2018). An improved version of innovative trend analyses, *Arabian Journal of Geosciences*, 11(3), 50. doi: 10.1007/s12517-018-3393-x
- Altınışık, U. (2015). *Doğu Karadeniz havzası akımlarının incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Anılan, T., Yüksek, Ö. & Kankal, M. (2016). Doğu Karadeniz Havzası'nın L-momentlere dayalı taşkın frekans analizi, *İMO Teknik Dergi*, 27(2), 7403-7427.
- Ay, M. & Kişi, Ö. (2017). Kızılırmak nehrinde bazı istasyonlardaki akımların trend analizi, *İMO Teknik Dergi*, 28(2), 7779-7794.
- Bayazıt, M., Cıgızoğlu K. & Önöz, B. (2002). Türkiye akarsularında trend analizi, *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 420-422, 8-10. doi: 10.1175/JHM412.1
- Büyükkaraciğan, N. & Kahya, E. (2009). Konya Havzası akarsuları yıllık pik akım serilerinin taşkın frekans analizi, *Selçuk-Teknik Dergisi*, 8(3), 246-261.
- Cebe, E. N. (2007). *Türkiye akarsularında mevsimsel trend analizi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Cıgızoğlu H. K., Bayazıt, M. & Önöz, B. (2004). Trends in the maximum, mean and low flows of turkish rivers, *Journal of Hydrometeorology*, 6(3), 280-290. doi: 10.1175/JHM412.1
- Çeribaşı, G. & Doğan, E. (2015). Karadeniz ve Sakarya Havzalarında yıllık ortalama yağışların trend analizi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 7(1), 1-7.
- Dabanlı, İ., Şen, Z., Yeleşen, M. Ö., Şişman, E., Selek, B. & Güçlü, Y. S. (2016). Trend assessment by the innovative-Şen method, *Water Resources Management*, 30(14), 5193-5203. doi: 10.1007/s11269-016-1478-4
- Dabanlı, İ. (2017). *Türkiye'de iklim değişikliğinin yağış-sıcaklığa etkisi ve kuraklık analizi: Akarçay örneği*. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Doğan, E., Çeribaşı, G. & Akkaya, U. (2016). Barajların nehir akımı rejimine olan etkilerinin trend analizi yöntemi ile araştırılması: Sakarya Nehri örneği, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(1), 50-55.
- Douglas, E. M., Vogel, R. M. & Kroll, C. N. (2000). Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation, *Journal of Hydrology*, 240(1-2), 90-105. doi: 10.1016/S0022-1694(00)00336-X

- Elmalı M. (2019). *Türkiye akarsu havzalarındaki yıllık ortalama akımların trend analizi*. Yüksek Lisans Tezi. Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye.
- Kankal, M. & Akçay, F. (2019). Trabzon ili yağışlarının eğilim analizi, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 318-331.
- Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods*. London: Griffin.
- Mann, H. B. (1945). Non-parametric tests against trend, *The Econometric Society*, 13(3), 245-259. doi: 10.2307/1907187
- Satılmış, U. (2015). *Değirmendere havzası (Trabzon) yerüstü su kalitesinin mekana ve zamana bağlı değişiminin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.
- Sen, P.K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau, *Journal of American Statistical Association*, 39, 1379-1389. doi: 10.2307/2285891
- Şen, Z. (1991). Probabilistic modelling of crossing in small samples and application of runs to hydrology, *Journal of Hydrology*, 124(3-4), 345-362. doi: 10.1016/0022-1694(91)90023-B
- Şen, Z. (2012). Innovative trend analysis methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042-1046. doi: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000556
- Şen, Z. (2017). *Innovative trend methodologies in science and engineering*. Berlin: Springer International Publishing.
- Şen, Z. (2018). Crossing trend analysis methodology and application for Turkish rainfall records, *Theoretical and Applied Climatology*, 131, 285-293. doi: 10.1007/s00704-016-1980-x
- Topaloğlu, F. (2006). Trend detection of streamflow variables in Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, 15(7), 644-653.
- Von Storch, H. & Navarra, A. (1995). *Analysis of climate variability*. New York: Springer.
- Yılmaz M. (2019). *Türkiye akarsu havzalarındaki yıllık anlık maksimum akımların trend analizi*. Yüksek Lisans Tezi. Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye.
- Yue, S., Pilon, P., Phinney, B. & Cavadias, G. (2002). The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series, *Hydrological Processes*, 16, 1807-1829. doi: 10.1002/hyp.1095
- Yüksek, Ö., Kankal, M. & Üçüncü, O. (2013). Assessment of big floods in the Eastern Black Sea Basin of Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(1), 797-814. doi: 10.1007/s10661-012-2592-2

**Araştırma Makalesi / Research Article**

**Kaiser Cıvatalı Moment Birleşimlerin Avrupa Çelik  
Profilleri ile Tasarımı**

\*<sup>1</sup>Ahmet Serdar EROL, <sup>2</sup>Alırıza İlker AKGÖNEN

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye,  
erol.serdar2746@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-5291-7628>

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye,  
ilkerakgonen@ksu.edu.tr, ORCID ID <http://orcid.org/0000-0001-7384-8764>

Geliş / Recieved: 19.04.2021;

Kabul / Accepted: 14.06.2021

**Öz**

Kaiser Cıvatalı Moment birleşimler yüksek sünek çelik çerçeveler için Amerika Birleşik Devletleri'nde yaygın olarak kullanılmakta ve deneysel çalışmalar ile performans yeterliği kanıtlanmış birleşimler arasında AISC358-16'da yer almaktadır. Ancak Kaiser cıvatalı moment birleşimlerine TBDY-2018'de yer verilmemiştir. Bu çalışmada Türk ve Avrupalı inşaat mühendislerinin istifadelerine sunmak amacı ile deprem yükleri altında yüksek performansa sahip olan Kaiser Cıvatalı Moment birleşimleri tasarım adımlarında Avrupa profili ve çelik kalitesi ile çalışılmıştır. Kolon ve kiriş bölgesi için gerekli tüm kontroller açıklanmış ve sayısal bir örnek sunulmuştur. Tasarım parametrelerinin tüm tasarım üzerine etkisini incelemek amacıyla bir hesap algoritması ve bir excel programı oluşturulmuştur. Kiriş kesitinin ve braketin geometrik özelliklerinin birleşim davranışı üzerine etkisi incelenmiş ve bu etkiler grafikler ile sunulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Kaiser cıvatalı birleşim, Moment birleşimleri, Avrupa çelik profilleri, Birleşim tasarımı

\*<sup>1</sup>Sorumlu yazar / Corresponding author

*Bu makaleye atıf yapmak için*

Erol, A. S., & Akgonen, A. İ. (2021). Kaiser Cıvatalı Moment Birleşimlerin Avrupa Çelik Profilleri ile Tasarımı. *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology (JICIVILTECH)*, 1(1), 23-39.

## Design of Kaiser Bolted Bracket Moment Connections with European Steel Profiles

### Abstract

Kaiser Bolted Bracket (KBB) Moment Connections are widely used for Special Moment Frames in USA and these connections are accepted as pre-qualified moment a connection which means satisfactory performance capacity was proved with experimental studies under earthquake load and take place in AISC358-16. However, this connection type does not take place in Turkish Building Design Code (TBDY-2018) as recommended moment connection for Special Moment Frames. In this study, it was aimed to illustrate design steps of high-performance KBB Moment Connections were studied with European steel shapes and steel quality for utilization of Turkish and European structural engineers. All designed steps for both column side and beam side were explained and a numerical example was presented. A calculation algorithm and an excel design program were developed to investigate the effect of design parameters on whole design process. The effect of beam size and bracket geometry on design process were determined and presented as graphical illustration.

**Keywords:** *Kaiser bolted bracket, Moment connection, European steel profiles, Connection design*

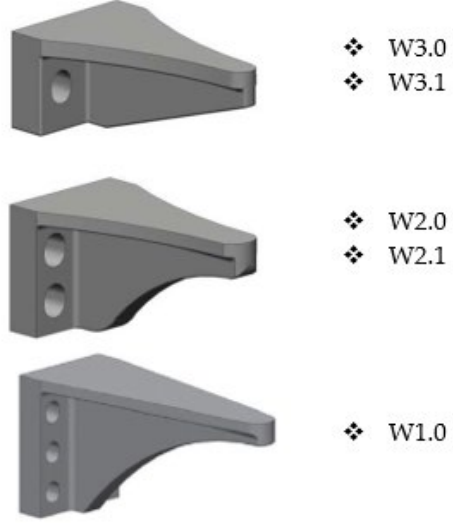
## 1. Giriş

Amerika Birleşik Devletleri'nde depremin meydana gelme olasılığının fazla olduğu bölgelerde kullanılan kaynaklı çelik çerçevesi moment birleşimleri, Los Angeles'taki 1994 Northridge depreminde beklenen sünek davranışı sergileyememiştir. Northridge depreminden sonra, moment aktaran çelik çerçevesi birleşimlerin sismik performansını iyileştirmek için çeşitli çalışmalar yapılmış ve çeşitli birçok birleşim elemanı önerilmiştir (Shahidi, 2013). Bu moment aktaran çelik çerçevesi birleşimlerden birisi de Kaiser Cıvatalı Moment Birleşimidir. Kaiser Cıvatalı Moment birleşimi, kiriş alt ve üst başlığına kaynakla veya cıvata ile sabitlenen braketlerin kolon başlığına cıvatalar kullanılarak sabitlenmesi ile elde edilen moment birleşimleridir. Bu birleşimler çelik çerçevesi moment birleşimlerde saha (alan) kaynağını ortadan kaldırmakta ve çerçeve montajını kolaylaştırmaktadır (AISC 358-16). Kolon-kiriş birleşim bölgesinde bulunan çelik braketler birleşimin bütünlüğünü bozmadan plastik mafsall oluşumunun kolon yüzünden uzakta kirişte (braketin ucunda) meydana gelmesi sağlanmaktadır.



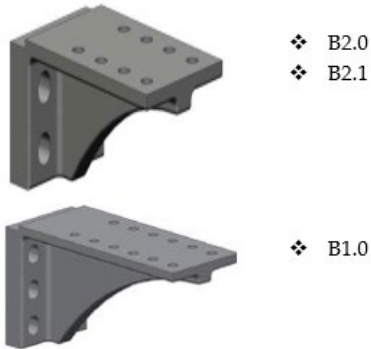
Şekil 1. Kaiser cıvatalı moment birleşim (Steel Cast Connection LLC, 2015).

İki farklı türde Kaiser Cıvatalı Moment Birleşimi kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi 'W' (kaynaklı) braket birleşim tipidir. Hazır bir şekilde kirişe bir köşe kaynak ile kaynaklanan ve şantiyede kolona cıvatalanan birleşim elemanıdır.



Şekil 2. 'W' kaynaklı braket tipleri (AISC 358-16).

İkincisi ise 'B' (cıvatalı) braket birleşim tipidir. Kaynak yapmaya ihtiyaç duyulmadan uygun koşullarda hem kolona hem de kirişe cıvatalanabilen birleşim elemanıdır.



Şekil 3. 'B' cıvatalı braket tipleri (AISC 358-16).

Kaiser Cıvatalı Moment birleşimleri ile ilgili geçmiş yıllarda yapılmış birçok deneysel ve teorik çalışmalar bulunmaktadır.

Kasai ve diğerleri (1998), iki farklı deney gerçekleştirmiştir. Deney 1 de, W16\*40 kiriş ve W12\*65 kolon boyutları, Deney 2 de ise W36\*150 kiriş ve W14\*426 kolon boyutları kullanılmıştır. Deneylerde süreklilik levhaları ve kolon gövdesi takviye levhası kullanılmıştır. Standart süreklilik plakaları hem kolon başlığına hem de kolon gövdesine kaynaklanmıştır. Sonuç olarak cıvatalı braketlerin, hasarlı moment birleşimlerinin onarılması için alternatif bir birleşim elemanı olabileceği görülmüştür. Kaynaklı birleşimin aksine, cıvatalı birleşimin özel bir işçilik gerektirmeden yapılabileceği ifade edilmiştir. Cıvatalı birleşimin davranışı, kaynaklı birleşimlere kıyasla daha fazla güvenilir olduğu gözlenmiştir. Dikkatli detaylandırma, hassas kurulum prosedürleri ve birleşimin orantılı tasarımı ile kiriş başlığı net alanında meydana gelebilecek kesit kırılması önlenmiştir (Kasai vd., 1998).

Shahidi ve diğerleri (2013), bir tanesi W-tipi kaynaklı birleşim ve diğeri B-tipi cıvatalı birleşim olmak üzere iki adet sayısal model oluşturmuş ve deneysel çalışma ile bu sayısal modelleri doğrulamıştır. KCMB'nin deprem anındaki davranışı, ATC ve FEMA kodlarına göre standart deprem yükleri altında incelenmiştir. Sayısal modeller için sonlu elemanlar yazılımı, ABAQUS programından yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda KCMB'nin moment aktaran yüksek sünek çelik çerçeveler için uygun

bir birleşim tipi olduğu belirtilmiştir. Ayrıca B-serisi birleşimin deprem performansı ve enerji tüketiminin W-serisinden daha iyi olduğu tespit edilmiştir. B-serisindeki sürtünme kat sayısı arttıkça, toplam enerji dağılımının da artmakta olduğu gözlenmiştir. KCMB'nin W-serisindeki sürtünme katsayısının enerji dağıtımını üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Yüksek enerji tüketimi için kirişin plastikleşmesi durumunda braketin elastik davranış göstermesi gerektiği belirtilmiştir (Shahidi, 2013).

Sheet I.S. ve diğerleri (2013), Çelik kirişler ve beton dolgulu kolonlar ile yapılmış dört adet 1/2 ölçekli birleşimin, kontrollü yük altında deplasmanı test edilmiştir. İki farklı (kaynaklı ve cıvatalı) birleşim tipinde kare ve yuvarlak kolonlar kullanılmıştır. Beton dolgulu kolonun içerisinden geçen çelik çubuklar, braketleri birbirine bağlayarak birleşimin daha güvenli hale gelmesini sağlamıştır. Sonuç olarak; beton dolgulu dairesel ve dikdörtgen kolona bağlanmış düz ve eğimli uzatılmış alın levhalı birleşimlerin, kolon yüzünden uzakta (kirişte) plastik mafsallı oluşumu nedeniyle %5'ten fazla sürüklenme açısına ulaştığı gözlemlenmiştir. Çubuklar, kolon boyunca doğrudan bir yükleme yolu sağlayarak, yalnızca kolonun dışında basınç bölgesi oluşturmuştur. Bu testlerde, kiriş başlıklarında  $Akma / Kopma [(Ag \times Fy) / (A_{net} \times Fu)]$  oranının açılan cıvata deliklerinden dolayı 0,86 olduğu ve bu oranın daha da düşmesi durumunda kiriş başlığında meydana gelebilecek erken göçme durumu sebebiyle %5

dönme oranlarına ulaşamayabileceği belirtilmiştir (Sheet vd., 2013).

ANSI/AISC 358-16 (2016), şartnamede KCMB'nin şantiye kaynağını ortadan kaldırmak ve çerçeve montajını kolaylaştırmak için tasarlandığı belirtilmiştir. İmalat tercihinine bağlı olarak Kaiser birleşimler kirişe kaynaklanmış (W serisi) veya cıvatalanmış (B serisi) olarak kullanılabilir. Braket tasarımının Steel Cast Connection LLC firması tarafından 6.073.405 sayılı ABD patent numarası ile koruma altına alındığı belirtilmiştir. Yapılan çalışmalarda KCMB'nin yüksek sünek ve normal sünek moment çerçeveleri için ön yeterlilik şartını karşıladığı görülmüştür. En hafif kiriş boyutu literatürde bildirilen W16\*400, en ağır kiriş boyutu ise W36\*210 olarak belirlenmiştir. W36\*210 yapılan test sürecinde, kiriş numunesi beklenen performansı karşılamıştır. Ancak daha sonra braketi kolona bağlayan cıvatalarda, sünek olmayan bir şekilde göçme meydana gelmiştir. Bu yüzden en ağır kiriş boyutları W33\*130 ve W36\*150 olarak belirlenmiştir. Yapılan testlerde geniş başlıklı kolon boyutları W12\*65 ve W27\*281 arasında değişiklik göstermiştir. Braket tasarımında limit durumlar; kolon başlığı lokal burkulma, kaldırma kuvveti etkisi, etki eden eksenel ve moment yükleri, kesme ve ek olarak cıvatalı model için cıvata ezilme ve blok kırılma durumları dikkate alınmıştır (AISC 358-16).

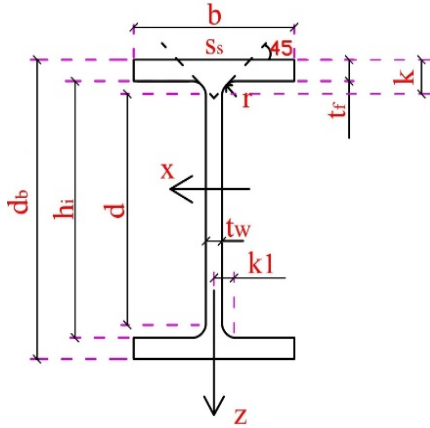
C.M. Johnson (2017), tez çalışmasında 4 katlı bir ofis binası için çalışma gerçekleştirmiştir. İki farklı SMF

birleşimi olan zayıflatılmış kiriş enkesitli birleşim (RBS) ve Kaiser Cıvatalı Moment Birleşimi (KCMB) karşılaştırılarak parametrik çalışmanın sonuçları incelenmiştir. Üç farklı deprem kategorisi (B, C, D) ve sabit ve ankastre mesnet olmak üzere iki farklı temel bağlantısı kullanılmıştır. Yapılan çalışmada eleman boyutları, eleman iç kuvvetleri ve kat ötelenmesi RBS ve KCMB birleşimleri için karşılaştırılmıştır. Eleman kuvvetlerinin, deprem tasarım kategorisi kategori D'de en yüksek seviyede, kategori C'de orta seviyede ve kategori B'de ise en düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak RBS ve KCMB birleşim tiplerinin, deprem kuvvetleri altında performanslarının birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. RBS tasarımcıya moment çerçevesinde kullanılmak üzere fazla sayıda, farklı boyutlarda profil seçenekleri sunarken, KCMB ise sınırlı sayıda profil seçeneği sunmaktadır (Johnson, 2017).

## **2. Tasarım Esasları**

Literatür çalışmaları incelendiğinde KCM birleşimlerin Amerikan yönetmeliklerine göre tasarımına yönelik SI birim sistemine uygun, Avrupa profilleri ve çelik kalitesi kullanılarak incelenmiş herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bölümde KCM birleşimlerin ANSI/AISC 358-16 şartnamesinde yer alan tasarım adımları dikkate alınarak, Avrupa profilleri ve çelik kalitesi kullanılarak hazırlanmış sayısal örnek sunulmuştur. Avrupa profiller için Şekil 4'de kolon ve kiriş kesit detayları ve Tablo 1'de değerleri verilmiştir. Kolon-kiriş birleşim

bölgesinde braket tipi olarak AISC 358-16 Bölüm 9.9 Tablo 9.1-2 verilen W2.1 braketini kullanılmış Şekil 5’de W2.1 braket tipinin geometrik özellikleri gösterilmiştir. Şekil 6’da ise W2.1 kaynaklı braket tipinin birleşim bölgesindeki kullanımı gösterilmiştir. Ayrıca hesap adımlarının rahat anlaşılabilmesi için bir hesap algoritması oluşturulmuştur. Hesap algoritması Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 4. Kolon-kiriş profil detayı gösterimi (Ermeydan & Akgönen, 2019).

Tablo 1. ‘W’ Kaynaklı birleşim modeli için kiriş, kolon ve braket değerleri

Kiriş Bilgileri	Kolon Bilgileri
HE 320 A	HE 600 M
$d_b = h = 310$ mm	$d_c = h = 620$ mm
$b_{bf} = 300$ mm	$b_{cf} = 305$ mm
$t_{bf} = 15,5$ mm	$t_{cf} = 40$ mm
$t_{bw} = 9$ mm	$t_{cw} = 21$ mm
$h_i = 279$ mm	$h_i = 540$ mm

### Adım 1

Plastik mafsalin bulunduğu yerde olası maksimum momentin hesaplanması;

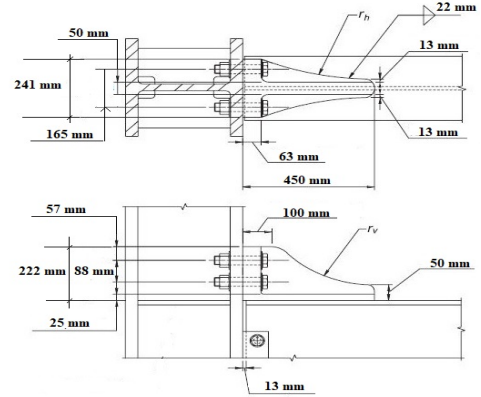
$$C_{pr} = \frac{F_y + F_u}{2 * F_y} \leq 1,20$$

$$C_{pr} = \frac{355 + 510}{2 * 355} \cong 1,20 \leq 1,20$$

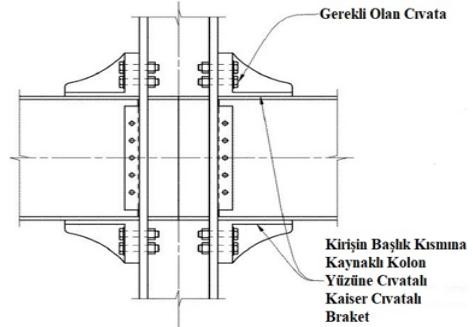
$$M_{pr} = C_{pr} * R_y * F_{yb} * Z_e$$

$$M_{pr} = 1,2 * 1,1 * 355 * 1628000 = 762.880.800,00 \text{ Nmm}$$

$d = 225$ mm	$d = 486$ mm
$A_{gb} = 12440$ mm <sup>2</sup>	$A_{gc} = 36370$ mm <sup>2</sup>
$W_{ply} = Z_e = 1628000$	$W_{ply}=Z_e= 8772000$
$F_{yb} = 355$ N/mm <sup>2</sup>	$F_{yc} = 355$ N/mm <sup>2</sup>
$F_{ub} = 510$ N/mm <sup>2</sup>	$F_{uc} = 510$ N/mm <sup>2</sup>



Şekil 5. W2.1 kaynaklı birleşim detayı (AISC 358-16).



Şekil 6. ‘W-serisi’ Kaynaklı Birleşim Gösterimi (Adan & Gibb, 2008).



$M_{pr}$ = Plastik mafsalda oluşabilecek maksimum moment  
 $C_{pr}$ = AISC 358-16 yönetmeliğinde belirlenen bir katsayı  
 $R_y$ = ANSI/AISC 341-16 belirlenen bir katsayı  
 $F_{yb}$ = Yapısal çelik kirişin akma gerilmesi  
 $Z_e=W_{ply}$ = Kiriş profilinin plastik mukavemet momenti

## **Adım 2**

Kiriş-Kolon birleşimi için bir deneme braketi seçilir;

**Tablo 2.** Kaiser cıvatalı braket özellikleri

	$L_{bb}$	$h_{bb}$	$b_{bb}$		$g$	$b_{dia}$
Braket	in(mm)	in(mm)	in(mm)	$n_{cb}$	in(mm)	in(mm)
W3.0	16 (400)	5½ (140)	9 (229)	2	5½ (140)	1¾ (35)
W3.1	16 (400)	5½ (140)	9 (229)	2	5½ (140)	1½ (38)
W2.0	16 (400)	8¾ (222)	9½ (241)	4	6 (152)	1¾ (35)
W2.1	18 (450)	8¾ (222)	9½ (241)	4	6½ (165)	1½ (38)
W1.0	25½ (648)	12 (305)	9½ (241)	6	6½ (165)	1½ (38)
B2.1	18 (450)	8¾ (222)	10 (250)	4	6½ (165)	1½ (38)
B1.0	25½ (648)	12 (305)	10 (250)	6	6½ (165)	1½ (38)

**Tablo 3.** W-Serisi Braket Tasarım Özellikleri

	$d_e$	$p_b$	$t_s$	$r_v$	$r_n$	$w$
Braket	in(mm)	in(mm)	in(mm)	in(mm)	in(mm)	in(mm)
W3.0	2½ (64)	n.a.	1 (25)	n.a.	28 (711)	1/2 (13)
W3.1	2½ (64)	n.a.	1 (25)	n.a.	28 (711)	5/8 (16)
W2.0	2¼ (57)	3½ (88)	2 (50)	12 (300)	28 (711)	3/4 (19)
W2.1	2¼ (57)	3½ (88)	2 (50)	16 (400)	38 (965)	7/8 (22)
W1.0	2 (50)	3½ (88)	2 (50)	28 (711)	n.a.	7/8 (22)

**Tablo 4.** B-Serisi Braket Tasarım Özellikleri

Braket	$d_e$ in(mm)	$p_b$ in(mm)	$t_s$ in(mm)	$r_v$ in(mm)	$n_{bb}$	$b_{dia}$ in(mm)
B2.1	2 (50)	$3^{1/2}$ (88)	2 (50)	16 (400)	8 veya 10	$1^{1/8}$ (28)
B1.0	2 (50)	$3^{1/2}$ (88)	2 (50)	28 (711)	12	$1^{1/8}$ (28)

**Adım 3**

Plastik mafsalda meydana gelecek kesme kuvveti hesaplanır;

Kaiser cıvatalı moment birleşiminde oluşacak iki plastik mafsalin arasındaki mesafenin bulunması;

$$L' = L_0 - (2 * S_h) - d_c$$

$$L' = 5000 - (2 * 450) - 620 = 3480mm$$

$$u = 1,2(G) + 1,6(Q) + 0,2(S)$$

$$V_h = u * \frac{L'}{2} = 7 * \frac{3480}{2}$$

$$u = 1,2 * 3,5 + 1,6 * 1,75 + 0,2 * 0 = 7 N/mm \quad V_h = 12.180N$$

$L'$ : Bir kiriş üzerindeki merkezleri arasındaki mesafe

$L_0$ : İki kolon merkezi arasındaki mesafe

$V_h$ : Plastik mafsalda oluşabilecek maksimum momentten dolayı oluşan kesme kuvveti

$S_h$ : Plastik mafsalin merkezinden kolon yüzüne olan mesafe

$d_c$ : Kolon profil enkesit yüksekliği

G: Sabit yük

Q: Hareketli yük

S: Kar yükü

**Adım 4**

Kolon yüzünde oluşabilecek maksimum moment hesaplanır:

$$M_f = M_{pr} + (V_h * S_h) \Rightarrow S_h = L_{bb}$$

$$M_f = 762.880.800,00 + (12.180 * 450) = 768.361.800,00 Nmm$$

$M_f$ : Kolon yüzünde oluşabilecek maksimum moment

$M_{pr}$ : Plastik mafsalda oluşabilecek maksimum moment

$V_h$ : Plastik mafsalda maksimum momentten dolayı oluşan kesme kuvveti

$S_h$ : Plastik mafsalin merkezinden kolon yüzüne olan mesafe

**Adım 5**

Efektif kiriş derinliği hesaplanır:

$$d_{eff} = d_b + 2 * (h_{bb} - d_e)$$

$$d_{eff} = 310 + 2 * (222 - 57) = 640mm$$

$d_{eff}$ : Efektif kiriş derinliği

$d_b$ : Kiriş profili enkesit yüksekliği

$h_{bb}$ : Braket yüksekliği

$d_e$ : Kolon cıvata kenar mesafesi

### **Adım 6**

Braketi kolona bağlayan cıvatanın çekme dayanımı kontrol edilir:

$$r_{ut} = \frac{M_f}{d_{eff} * n_{cb}} \leq \Phi_n * F_{nt} * A_b$$
$$\frac{768.361.800,00}{640 * 4} \leq 0,75 * 800 * (\pi * \frac{38^2}{4})$$
$$300.141N \leq 680.468N$$

$r_{ut}$ : Kolon yüzündeki her bir cıvata için çekme kuvveti

$M_f$ : Kolon yüzünde oluşabilecek maksimum moment

$d_{eff}$ : Efektif kiriş derinliği

$n_{cb}$ : Kolon cıvata sayısı

$\Phi_n$ : Plastik mukavemet dayanım katsayısı

$F_{nt}$ : Cıvatanın karakteristik çekme gerilmesi dayanımı

$A_b$ : Dış açılmamış bulon gövdesi karakteristik enkesit alanı

### **Adım 7**

Çekme kopmasını önlemek için minimum kolon başlık genişliği kontrol edilir:

$$b_{cf} \geq \frac{2 * (b_{dia} + 3mm)}{(1 - (\frac{R_y * F_{yf}}{R_t * F_{uf}}))}$$
$$305 \geq \frac{2 * (38 + 3)}{(1 - (\frac{1,1 * 355}{1,2 * 510}))} = 226,56mm$$

$b_{cf}$ : Kolon başlık genişliği

$b_{dia}$ : Kolon cıvata çapı

$R_y$ : AISC Seismic Provisions (ANSI/AISC 341, 2016) belirlenen bir katsayı

$R_t$ : AISC Seismic Provisions (ANSI/AISC 341, 2016) belirlenen bir katsayı

$F_{yf}$ : Yapısal çelik akma gerilmesi

$F_{uf}$ : Yapısal çelik çekme gerilmesi

### **Adım 8**

Kaldırma kuvveti etkisini ortadan kaldırmak için kolon başlık kalınlığı kontrol edilir:

$$b' = 0,5 * (g - k_1 - (0,5 * t_{cw}) - b_{dia})$$
$$b' = 0,5 * (165 - 37,5 - (0,5 * 21) * 38) = 39,5mm$$

$$t_{cf} \geq \sqrt{\frac{4,44 * r_{ut} * b'}{\Phi_d * p * F_y}}$$
$$40 \geq \sqrt{\frac{4,44 * 300.141 * 39,5}{0,9 * 125 * 355}} = 36,30mm$$

$g$ : Kolon cıvata ölçüsü

$k_1$ : Profil başlığının üst kısmından gövdenin temiz yüksekliğinin başlangıcı arasındaki mesafe

$p$ : Cıvata başına dikey uzunluk (W1.0 ve B1.0 braketleri için 88mm, diğer braketler için 125mm)

$b_{dia}$ : Kolon cıvata çapı

$t_{cw}$ : Kolon gövde kalınlığı

$t_{cf}$ : Kolon başlık kalınlığı

$\Phi_d$ : Plastik mukavemet dayanım katsayısı

$r_{ut}$ : Kolon yüzündeki her bir cıvata için çekme kuvveti

$F_y$ : Yapısal çelik akma gerilmesi

### **Adım 9**

Süreklilik plakasını ortadan kaldırmak için kolon başlık kalınlığı kontrol edilir:

$$t_{cf} \geq \sqrt{\frac{M_f}{\Phi_d * Y_m * F_{yf} * d_{eff}}}$$

$$40 \geq \sqrt{\frac{768.361.800,00}{0,9 * 6,5 * 355 * 640}} = 24,04mm$$

$t_{cf}$ : Kolon başlık kalınlığı

$M_f$ : Kolon yüzünde oluşabilecek maksimum moment

$\Phi_d$ : Plastik mukavemet dayanım katsayısı

$Y_m$ : AISC 358-16 yönetmeliğinde belirlenen bir katsayı (W1.0 ve B1.0 braketleri için 7,5 diğer braketler için 6,5)

$F_y$ : Yapısal çelik akma gerilmesi

$d_{eff}$ : Efektif giriş derinliği

### **Adım 10**

Çekme kopmasını önlemek için minimum giriş başlığı genişliği kontrol edilir:

$$b_{bf} \geq \frac{2 * (b_{dia} + 3mm)}{\left(1 - \left(\frac{R_y * F_{yf}}{R_t * F_{uf}}\right)\right)}$$

$$300 \geq \frac{2 * (38 + 3)}{\left(1 - \left(\frac{1,1 * 355}{1,2 * 510}\right)\right)} = 5,53mm$$

$b_{bf}$ : Giriş başlık genişliği

$b_{dia}$ : Kolon cıvata çapı

$R_y$ : AISC Seismic Provisions (ANSI/AISC 341, 2016) belirlenen bir katsayı

$R_t$ : AISC Seismic Provisions (ANSI/AISC 341, 2016) belirlenen bir katsayı

$F_{yf}$ : Yapısal çelik akma gerilmesi

$F_{uf}$ : Yapısal çelik çekme gerilmesi

### **Adım 11**

Köşe kaynak kontrolü yapılır:

➤ Eğer  $bbf \geq bbb$ , ise  $I=0$

➤ Eğer  $bbf < bbb$ , ise  $I=5'$ dir.

➤  $I_w = 2 * (L_{bb} - 64mm - I) \Rightarrow I_w = 2 * (450 - 64 - 0) = 772mm$

➤  $\frac{M_f}{\Phi_n * 0,6 * F_{exx} * I_w * d_{eff} * 0,707 * w} < 1 \Rightarrow \frac{768.361.800,00}{0,75 * 0,6 * 482 * 772 * 1080 * 0,707 * 22} < 1$

- $0,4 < 1$

### Adım 12

Gerekli kesme dayanımı kontrolü yapılır:

- $L_h = L - (2 * L_{bb})$   $V_u = ((2 * M_{pr})/L_h) + V_h$
- $L_h = 5000 - (2 * 450) = 4.1mm$   $V_u = \left(2 * \frac{762.880.800}{4.100}\right) + 12.180 = 384.316,9N$
- Eğer  $\frac{310}{8.5} \leq 1,10 * \sqrt{5 * \frac{200000}{355}}$  ise  $C_v=1$  alınır.
- $34,44 < 58,38$  ; ise  $C_v = 1$
- $\Phi_{Vn} = \Phi * 0,6 * F_y * (t_w * d_b) * C_v$
- $\Phi_{Vn} = 1 * 0,6 * 355 * 8,5 * 310 * 1$
- $\Phi_{Vn} = 594.270,00 N > 384.316,98N$

### Adım 13

Kiriş-Kolon birleşim hesabı yapılır:

Birleşimin gösterimi kesme dayanımı:

- $\Phi_v * V_n = \Phi_v * F_{nt} * A_b * n$
- $0,563 * 0,75 * 800 * 452,38 * 3$
- $\Phi_v * V_n = 458.451,49 N$
- $> 384.316N$

Kesme yırtığı kontrolü yapılır:

- $A_n = (L_p - n * (b_{dia})) * t_p$
- $A_n = (208 - 3 * (24)) * 13$
- $A_n = 1.768 mm^2$
- $\Phi_v * V_n = \Phi_v * 0,6 * F_{up} * A_n$
- $\Phi_v * V_n = 0,75 * 0,6 * 510 * 1768$
- $\Phi_v * V_n = 405.756N$
- $\geq 384.316N$

Kesmede akma kontrolü yapılır:

- $\Phi_v * V_n = \Phi_v * 0,6 * F_y * (t_p * L_p)$
- $\Phi_v * V_n = 1 * 0,6 * 355 * 13 * 208$
- $\Phi_v * V_n = 575.952 N \geq 384.316N$

Blok kırılma kontrolü yapılır:

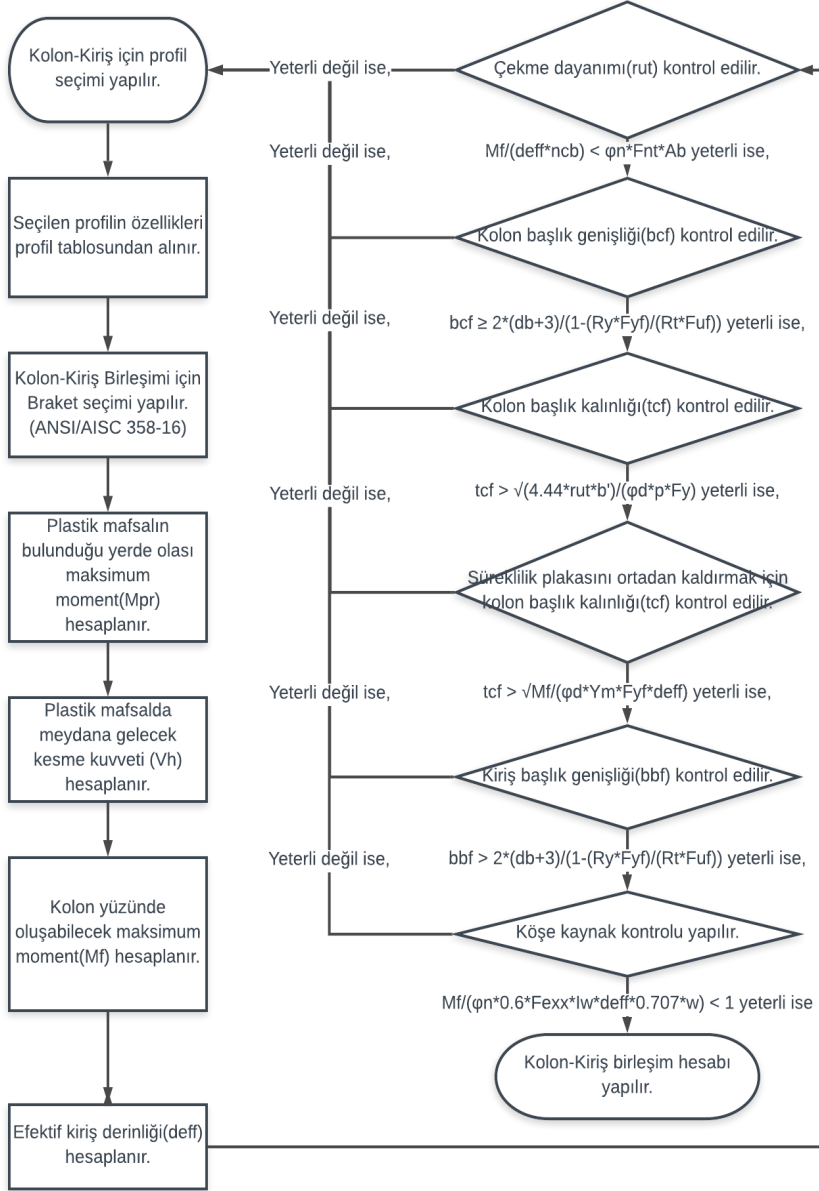
- $A_{nv} = (L_p - L_{eh} - (n - 0,5) * (b_{dia})) * t_p$
- $A_{nv} = (208 - 32 - (3 - 0,5) * (24)) * 13$
- $A_{nv} = 1.508 mm^2$
- $A_{gv} = t_p * L_p$
- $A_{gv} = 13 * 208$
- $A_{gv} = 2.704 mm^2$
- $A_{nt} = (L_{eh} - 0,5 * (b_{dia})) * t_p$
- $A_{nt} = (32 - 0,5 * (24)) * 13$
- $A_{nt} = 260 mm^2$
- $R_n = (0,6 * F_u * A_{nv}) + (U_{bs} * F_u * A_{nt}) \leq (0,6 * F_y * A_{gv}) + (U_{bs} * F_u * A_{nt})$
- $R_n = (0,6 * 510 * 1508) + (1 * 510 * 260) \leq (0,6 * 510 * 2704) + (1 * 510 * 240,5)$
- $594.048N \leq 708.552N$

**Adım 14**

Kolon panel bölgesi kontrol edilir:

Çerçeve kararlılığı göz önünde bulundurulur:

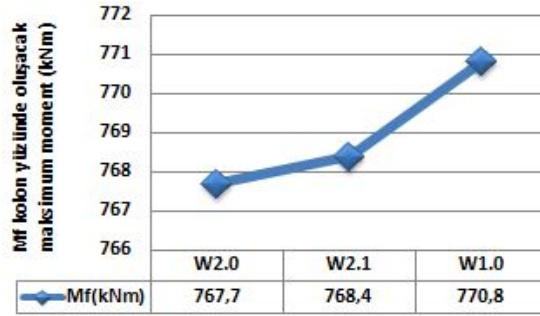
- $\Phi_{Rn} = \Phi * 0.6 * F_y * d_c * t_{cw} * \left(1 + \frac{3*b_{cf}*t_{cf}^2}{d_b*d_c*t_{cw}}\right)$
  - $0,9 * 0,6 * 355 * 620 * 21 * \left(1 + \frac{3*305*40^2}{310*620*21}\right)$
- $\Phi_{Rn} = 3.401.252 N > rut = 300.141N$



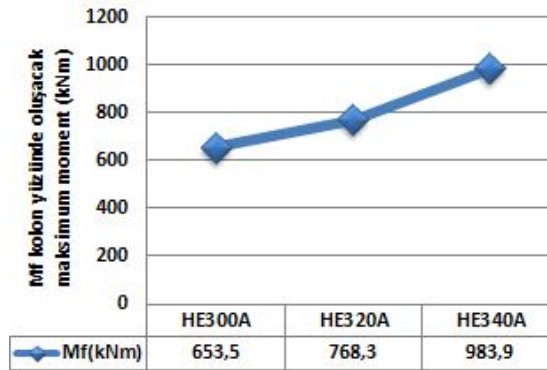
**Şekil 7.** Kaiser cıvatalı moment birleşim için hesap algoritması

### 3. Değerlendirme

Kaiser cıvatalı moment birleşiminde W1.0, W2.1, W2.0 braketlerinin ve HE300A, HE320A, HE340A kiriş profillerinin birleşim tasarımı üzerindeki etkisi incelenmiş, bu etkiler Şekil 9-14'de gösterilmiştir.



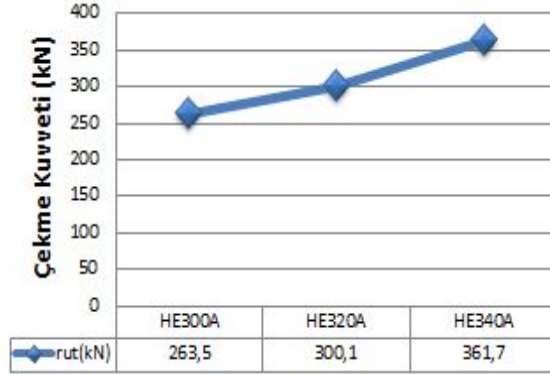
Şekil 9. Kolon ve kiriş sabit olup, değişken braketler ile kolon yüzünde elde edilen maksimum momentin ( $M_f$ ) ilişkisi



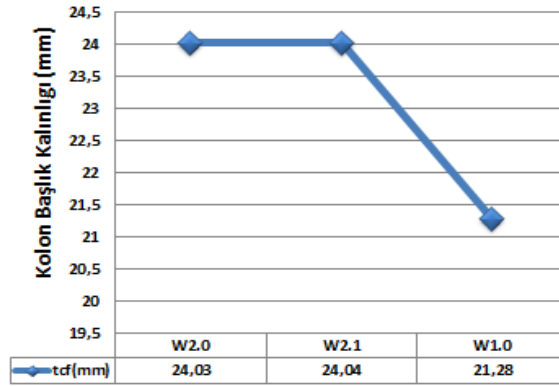
Şekil 10. Kolon ve braket sabit olup, değişken kirişler ile kolon yüzünde elde edilen maksimum momentin ( $M_f$ ) ilişkisi



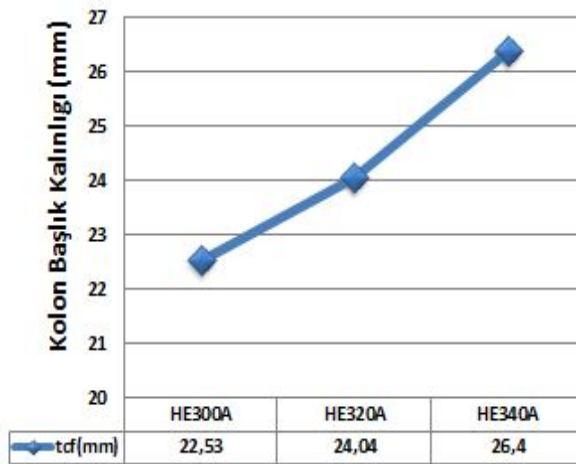
Şekil 11. Kolon ve kiriş sabit olup, değişken braketler ile cıvata çekme kuvveti ( $r_{ut}$ ) ilişkisi



Şekil 12. Kolon ve braket sabit olup, değişken kiriş profili ile civatarının çekme kuvveti ( $r_{ut}$ ) ilişkisi



Şekil 13. Kolon ve kiriş sabit olup, değişken braketler ile gerekli asgari kolon başlık kalınlığının ( $t_{cf}$ ) ilişkisi



Şekil 14. Kolon ve braket sabit olup, değişken kirişler ile gerekli asgari kolon başlık kalınlığının ( $t_{cf}$ ) ilişkisi



- Şekil 9'da görüldüğü gibi birleşim bölgesine yerleştirilen kiriş profili (HE320A) sabit olup, değişken braketler (W1.0, W2.1, W2.0) ile kolon yüzünde meydana gelecek maksimum moment ( $M_i$ ) incelenmiştir. Braket boyutunun kolon yüzünde oluşan momente etkisinin göz ardı edilebileceği görülmüştür.
- Şekil 10'da görüldüğü gibi birleşim bölgesine yerleştirilen Kaiser braketi (W2.1) sabit olup, değişken kiriş profilleri (HE300A, HE320A, HE340A) ile kolon yüzünde meydana gelecek maksimum moment ( $M_i$ ) incelenmiştir. Kiriş profil boyutları arttıkça kolon yüzünde meydana gelen maksimum moment %50,55 oranında artış gözlemlenmiştir. Gereksiz büyüklükte kiriş kullanımı ile birleşim ve kolon maliyetinin ciddi ölçüde artacağı tespit edilmiştir.
- Şekil 11'de görüldüğü üzere kiriş profili (HE320A) sabit olup, değişken braketler (W1.0, W2.1, W2.0) ile kolon yüzünde oluşması beklenen maksimum momentin oluşturduğu çekme kuvveti ( $r_{ut}$ ) etkisi incelenmiştir. Braket boyutu arttıkça çekme kuvveti etkisinin %91,5 azaldığı gözlemlenmiştir. Braketi kolona bağlayan cıvatalara etkiyen çekme kuvvetini azaltmak için, mümkün ölçüde büyük braket seçilmesi tavsiye edilmektedir.
- Şekil 12'de görüldüğü üzere Kaiser braketi (W2.1) sabit olup, değişken kiriş profilleri (HE300A, HE320A, HE340A) ile kolon yüzünde oluşması beklenen maksimum momentin oluşturduğu çekme kuvveti etkisi ( $r_{ut}$ ) incelenmiştir. Kiriş profil boyutları arttıkça çekme kuvveti etkisinin %37,26 arttığı gözlemlenmiştir. Braketi kolona bağlayan cıvatalara etkiyen çekme kuvvetini azaltmak için, mümkün ölçüde küçük kiriş ebadı seçilmesi tavsiye edilmektedir.
- Şekil 13'de görüldüğü üzere kiriş profili (HE320A) sabit olup, değişken braketler (W1.0, W2.1, W2.0) ile süreklilik plakasını ortadan kaldırmak için gerekli kolon başlık kalınlığı ( $t_{cf}$ ) hesap edilmiştir. Braket boyutu azaldıkça gerekli kolon başlık kalınlığının da %12,94 oranında artmakta olduğu gözlemlenmiştir. Büyük braket kullanımı ile gerekli başlık kalınlığı azalmaktadır.
- Şekil 14'de görüldüğü üzere Kaiser Braketi (W2.1) sabit olup, değişken kiriş kesiti (HE300A, HE320A, HE340A) ile süreklilik plakasını ortadan kaldırmak için gerekli kolon başlık kalınlığı ( $t_{cf}$ ) hesap edilmiştir. Kiriş profil boyutları arttıkça gerekli kolon başlık kalınlığı %17,17 arttığı gözlemlenmiştir. Kiriş kesiti arttıkça gerekli kolon başlık kalınlığı da artmaktadır.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)'de yer almayan ancak ANSI/AISC 358-16 şartnamesinde yer alan ve ABD'de yaygın olarak kullanılan Kaiser Cıvatalı Moment (KCM) birleşimlerinin hesap adımları detaylı olarak anlatılmıştır. Tasarım hesabı için bir hesap algoritması sunulmuş ve hesap adımları kullanılarak Excel programı geliştirilmiştir. Değişken kiriş kesitlerinin ve braketin geometrik özelliklerinin birleşim iç kuvvetleri ve birleşim tasarımı üzerine etkisi incelenmiş ve bu etkiler grafikler ile sunulmuştur. Çalışmadan elde edilen başlıca sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- ✓ İhtiyaç duyulan asgari kiriş boyutundan daha büyük bir kiriş tercih edilmesi durumunda, kapasite tasarımı ilkesine göre birleşim bölgesinin kirişten daha kuvvetli tasarlanması gerekeceği için, daha büyük braket kullanımı ve daha büyük kolon profili kullanımı gerekecektir. Gereksiz büyük kiriş kullanımı ile braket ve kolon ebatları önemli ölçüde artış gösterecektir. Kolon ölçüsünün değiştirilmemesi ve süreklilik levhası ve/veya gövde takviye levhası kullanılması durumunda ise işçilik maliyeti artış gösterecektir.
- ✓ Kolon ve kiriş kesitleri sabit olup farklı braketler kullanılması durumunda kolon-kiriş bölgesinde meydana gelen iç kuvvetler değişiklik göstermektedir. Mümkün olduğu ölçüde büyük

braket kullanımı ile kolona ve birleşim bölgesine etkiyen iç kuvvetler azaltılabilir. Bu sayede daha ekonomik kolon boyutları kullanılabilir veya yüksek maliyetli süreklilik levhası-gövde takviye levhası kullanılmasının önüne geçilebilir.

#### 5. Kaynaklar

- Adan, S. M., & Gibb, W. (2008). Inelastic cyclic testing of the Kaiser bolted bracket moment connection, In Structures Congress 2008: Crossing Borders.
- AISC, A. (2016). AISC 358-16. Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames For Seismic Applications
- Ermeydan, İ., & Akgönen, A. İ. (2019). Zayıflatılmış kiriş enkesitli moment birleşimlerin Avrupa çelik profiller ile tasarımı. International Symposium on Advanced Engineering Technologies, ISADET. Kahramanmaraş, Türkiye.
- Johnson, C. M. (2017). *A comparison of reduced beam section moment connection and kaiser bolted bracket® moment connections in steel special moment frames*. Doctoral dissertation. Kansas State University, Manhattan, United States
- Kasai, K., Hodgson, I., & Bleiman, D. (1998). Rigid-bolted repair method for damaged moment connections. *Engineering Structures*, 20(4-6), 521-532.
- Shahidi, F., Nateghi, A., & Razzaghi, M. S. (2013). Influential factor in improving the seismic performance of the kaiser bolted bracket moment connection. *International Journal of Engineering-Transactions B: Applications*, 26(2), 163-170.
- Sheet, I. S., Gunasekaran, U., & MacRae, G. A. (2013). Experimental investigation of CFT column to steel beam connections under cyclic loading. *Journal of Constructional Steel Research*, 86, 167-182.

Steel Cast Connection LLC (2015). *Kaiser Bolted Bracket Features, Design and Installation Guide.*



**İnceleme Makalesi / Review Article**

**Çevresel Sürdürülebilirliğin Sağlanmasında Lojistik Köylerin Önemi**

<sup>1</sup>Kemal URAY, <sup>\*2</sup>Hatice Canan GÜNGÖR

<sup>1</sup> Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları, Konya, Türkiye, [kemaluray@tcdd.gov.tr](mailto:kemaluray@tcdd.gov.tr), <https://orcid.org/0000-0003-1973-7865>

<sup>2</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram Meslek Yüksekokulu Mülkiyet Koruma ve Güvenlik, Konya, Türkiye, [cgungor@erbakan.edu.tr](mailto:cgungor@erbakan.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0002-5563-9552>

Geliş / Recieved: 02.04.2021;

Kabul / Accepted: 24.06.2021

**Öz**

Dünya ekonomileri küreselleşmeyle birlikte ticari faaliyetlerini çok geniş bir coğrafyada yaygın hale getirmiştir. Dünya ticaret hacmi ve ürün çeşidindeki artışla birlikte ürünlerin dağıtımını da ön plana çıkarmıştır. Ürün dağıtımını, ulaşımın pek çok modunu içine almaktadır. Ulaşım modlarının çevresel etkileri gelişmiş ülkelerde, sürdürülebilir çevre için doğru planlamayı öncelikli kılmaktadır. Bu öncelikle ortaya çıkan kavramlardan biri de lojistik köylerdir. Lojistik köyler, birçok ulaşım modunu içerisinde barındırarak, hızlı, ekonomik ve güvenli aktarmaya imkân sağlamaktadır. Lojistik köylerin kurulması ve demiryolu, denizyolu, havayolu gibi ulaşım modlarının taşımacılığa dahil edilmesiyle, yük taşımacılığının genel olarak ve çoğu fosil yakıtların kullanıldığı karayolu taşımacılığından kaynaklı çevresel kirliliğin azaltılması ümit ve tespit edilen bir durumdur. Bu çalışma kapsamında, lojistik köylerin dünyadaki ve ülkemizdeki gelişimi, yük taşımacılığının geçmişten günümüze dünyadaki değişimi ve özellikle küresel ısınmanın sonuçlarını yaşadığımız günümüz dünyasında çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması için lojistik köylerin kurulmasının önemini altı çizilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ulaşım, Lojistik Köy, Sürdürülebilir Çevre, Planlama.

<sup>\*2</sup>Sorumlu yazar / Hatice Canan GÜNGÖR

*Bu makaleye atıf yapmak için*

Uray, K., GÜNGÖR, H.C., (2021). Lojistik Köylerin Ulaştırımda Çevresel Etkilerinin İrdelenmesi. *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology (JICIVILTECH)*, 3(1), 41-54.

## The Importance of Logistics Villages in Providing Environmental Sustainability

### Abstract

---

World economies have spread their commercial activities in wide geography with globalization. With the increase in world trade volume and product variety, the distribution of products has also come to the fore. Product distribution includes many modes of transport. The environmental impact of transport modes makes proper planning for a sustainable environment a priority in developed countries. This is primarily, one of the emerging concepts is logistics villages. Logistic villages allow fast, economical and safe transfer by hosting many transportation modes. With the establishment of logistics villages, transportation modes such as railway, seaway and airway will be included in transportation. As a result, it is hoped and determined to reduce the environmental pollution caused by road transport, which is mostly preferred in freight transportation and where fossil fuels are used intensively. Within the scope of the study, the development of logistics villages in the world and in our country, the change of freight transportation in the world from the past to the present are examined. Especially in today's world where we live the consequences of global warming, the importance of establishing logistics villages has been underlined in order to ensure environmental sustainability.

**Keywords:** *Transportation, Logistic village, Sustainable Environment, Planning.*

## 1. Giriş

Ekonomilerin küreselleşmeyle tüm dünyaya yayıldığı günümüzde farklı coğrafyalarda, yük dağıtım tarih boyunca hiç olmadığı kadar daha önemli hale gelmiştir. Özellikle 80 ve 90'lı yıllarda dünyada liberalleşme önemli ölçüde etkisini arttırmıştır. Bu dönemde küreselleşme yolunda önemli adım atan ülkeler ekonomik açıdan hızlı bir şekilde büyüme göstermiştir (Aydemir & Çubuk, 2019). Bu dönemi incelediğimizde Dünya'daki ticari faaliyetler 1990 yılında 4 trilyon \$ iken 2017 yılına gelindiğinde yaklaşık olarak 80 trilyon \$'ı bulmuştur (Dünya Bankası, 2018). Çin ekonomisinin dünyaya tam anlamıyla entegrasyonu ile birlikte dünya pazarlarında dolaşan ürün çeşidinde ve miktarında önemli artışlar meydana gelmiştir. Bundan dolayı yük taşımacılığı günümüzde büyük kentlerin önemli problemlerinden biri olmuştur. Erişim kolaylığı ve değişik yük hacimlerinin taşınmasında kolaylık sağladığından karayolu yük taşımacılığı lojistik sektöründe ilk sıradadır. Fakat, trafik yükünü ve çevre kirliliğini çok büyük oranda artıran karayolu yük taşımacılığı tüm ülkelerin çözüm bulmaya çalıştığı konuların başında gelmektedir. Dünya otoritelerince yük taşımacılığının modlara eşit oranda bölünmesi çözüm yolu olarak öne sürülmektedir. Bu bölünme yapılırken maliyet ve çevre zararının minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Lojistik köyler bir kavram olarak ele alındığında, bilindik, alışılmış faaliyetlerden olan elleçleme, depolama ve saklama hizmetlerine ilave olarak montaj, yarı üretim, etiketleme ve uyarlama gibi ek

hizmetlerin sunulduğu komplike yerler için kullanılmaktadır. Lojistik köyler lojistik ve taşımacılığa yönelik hizmet sunan işletmelerin faaliyetlerini bir bütün olarak kentsel koşullar, trafik ve çevresel etkiler ile enerji kullanımını da içine alan bir yapıya yönelik en iyi çözüm yollarını ortaya koymaya çalışan çabalar şeklinde ifade edilebilir (Yücel & Yılmaz, 2019). Tüm bu amaçlara uygun olarak düşünülen ve dünyanın diğer gelişmiş ülkelerinde de mutlak kabul gören, içerisinde birçok ulaşım mod entegrasyonunu barındıran lojistik köyler ülkemiz için de benimsenen ve bu kapsamda ülkemizin birçok noktasında yapılan, yapımı planlanan ve tamamlanan lojistik köy sahaları bulunmaktadır. Dünyada ve buna paralel olarak ülkemizde kurulan lojistik köyler ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği amaçlamaktadır. Mevcut ulaşım modları yenilenebilir enerji kaynaklarını tam olarak desteklememekte ve hala fosil yakıtlara bağımlı durumdadır. Bu yüzden çevresel sürdürülebilirlik ve atık oranını minimize etmek için ulaştırma ve lojistik faaliyetlerinde, az yakıt kullanımı, alternatif yakıt kullanımı ve kirleticileri azaltmak amaçlanmaktadır (Aydemir & Çubuk, 2019). Bu makale çalışmasında her anlamda küreselleşen dünyada lojistik köylerin ulaştırma planlamasında önemi ve gerekliliğine değinilmiştir.

## 2. Lojistiğin Dünyadaki Durumu

Günümüz ticaretinde devletler kısa ve verimli üretim aşamalarını, küreselleşme, hizmet ve ürün

türlerindeki değişimlerden dolayı önemli bir konu olarak ele almaktadır. Yaygınlaşan e-ticaret ile birlikte daha büyük hale gelen küresel ekonomide, rekabet etme gücünü kaybetmek istemeyen kuruluşlar etkin ticaret ağları ve tedarik zinciri oluşturarak konumlarını korumak zorundadırlar.

Lojistik sektörü, günümüz koşullarında ülkelerin ekonomik olarak ilerlemesinde lokomotif olarak düşünülmektedir. Buna bağlı olarak dünyada harcanan her 1 doların 25 senti lojistik faaliyetlere ayrılmaktadır (Öcal, 2019). Dünya lojistik sektörü piyasa hacmi olarak değerlendirildiğinde sektöre yön verenler; Avrupa Birliği ülkeleri, Birleşik Devletler, Asya ülkeleri, Kanada ve diğer ülkeler olarak gruplandırılabilir. ABD ve Avrupa ülkeleri Dünya lojistik pazarının yaklaşık olarak %50'sini oluşturmaktadır. Bu ülkeler dışında

Hong Kong ve Dubai gibi hızlı şekilde gelişen şehirler lojistik merkez olma noktasında hızla yol almaktadır. Önümüzdeki dönemlerde ise Rusya, Asya-Pasifik ve Ortadoğu bölgelerinin lojistik merkez olarak öneminin artacağı düşünülmektedir. Ulaştırma ve lojistik sektöründen kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonunun çevresel etkilerini azaltmak için Avrupa Komisyonu 2003-2006 yılları arasında ilk Marco Polo programı dönemini başlatmıştır. İlk Marco Polo programında temel hedef, uluslararası karayolu taşımacılığını deniz kıyısına, demiryoluna ve iç suyollarına kaydırmak için ticari odaklı hizmetleri finanse etmektir. Marco Polo programı ile taşımacılık kamyonlarla daha az yapılacağından ve bu sayede de daha az trafik yoğunluğu ve daha az CO<sub>2</sub> emisyonu olacağından kirlilik azalacaktır (Dereli & Aytaç, 2019).

**Tablo 1.** Lojistik Performans Endeksi (Dünya Bankası, 2018)

Sıra No	Ülke	LPI Skor	Sıra No	Ülke	LPI Skor	Sıra No	Ülke	LPI Skor
1	Almanya	4,19	17	Kanada	3,78	33	Tayland	3,36
2	Hollanda	4,07	18	İspanya	3,78	34	Malezya	3,34
3	İsveç	4,07	19	Avusturalya	3,77	35	Estonya	3,30
4	Belçika	4,05	20	Norveç	3,74	36	Türkiye	3,29
5	Singapur	4,05	21	İtalya	3,73	37	İzlanda	3,29
6	İngiltere	4,01	22	Y. Zelanda	3,68	38	Slovenya	3,29
7	Japonya	3,99	23	Güney Kore	3,65	39	Şili	3,28
8	Avusturya	3,99	24	İrlanda	3,63	40	Panama	3,29
9	Hong Kong	3,96	25	Çekya	3,62	41	Hindistan	3,22
10	ABD	3,92	26	Çin	3,60	42	Litvanya	3,20
11	Danimarka	3,92	27	Portekiz	3,56	43	Yunanistan	3,19
12	Finlandiya	3,92	28	Güney Afrika	3,51	44	Vietnam	3,16
13	İsviçre	3,91	29	Katar	3,50	45	Umman	3,16
14	BAE	3,89	30	Polonya	3,50	46	Slovakya	3,14
15	Fransa	3,84	31	Macaristan	3,41	47	Hırvatistan	3,12
16	Lüksemburg	3,81	32	İsrail	3,39	48	Kıbrıs	3,10



Ülkelerin lojistik sektöründe performanslarının takip edildiği ve Dünya Bankası tarafından belirli aralıklarla yayımlanan, Tablo 1'de gösterilen lojistik performans indeksi (LPI) en güncel haliyle 2018 yılında yayımlanmıştır. 2018 yılı sonuçlarına lojistik performans indeksi (LPI) incelendiğinde ilk 10 ülkeden 5'inin Avrupa Birliği üyesi olduğu görülmektedir. En iyi performans gösteren Avrupa ülkeleri Almanya, Hollanda ve İsveç olurken; performansı en düşük olan ülkelerin ise Slovakya ve Hırvatistan olduğu görülmektedir (Dereli & Ayaç, 2019). Bu endeks belirlenirken gümrükleme, elleçleme, ulaşım altyapısı, yüklemelerin izlenebilirliği, lojistik yetkinlik ve zamanlama önemli olmaktadır.

### 3. Kentsel Yük Taşımacılığı ve Lojistik Köyler

Nüfusun artmasıyla yük taşımacılığı kentsel bölgelerde önemli bir problem teşkil etmektedir. Kentlerdeki lojistik faaliyetler beraberinde birçok sorunu da yanında getirmektedir. Bu sorunlardan birincisi trafik diğerleri ise emisyon problemleri ve artan maliyetlerdir. Trafik artmasıyla zamanda ve iş gücünde kayıpların olması kamusal yatırımları trafik problemlerini çözmeye yönlendirmiş ve lojistik alanında araştırmalar yapılmıştır (Aksoy, 2017). Kentsel planlamayı daha iyi bir hale getirmek için yapılan bu araştırmalar lojistik tesis yer seçiminin çok önemli olduğunu ve trafik aksaklıklarını azaltmadaki etkinliğini göstermiştir. Ancak, yapılan çalışmalarda lojistik

merkezlerinin şehir merkezlerine olan uzaklığının önemi vurgulanmaktadır. Kentsel yük taşımacılığına duyulan ihtiyacın son yıllarda artması, kentsel alanlardaki insan yaşamını ve doğal çevreyi etkilemektedir. Bunun sonucu olarak, kamu yerel yönetimleri; trafik aksamalarının fiyatlandırması, belirli amaçlara tahsis edilmiş teslimat alanları ya da saat kısıtlamaları gibi birtakım kısıtlama ve düzenleme yollarına gitmektedir. Lojistik işletmecilerini yeni zorluklarla karşı karşıya bırakan yük taşımacılığı sorununu iki türlü ele almak mümkündür. Öncelikle, lojistik merkezler şehir merkezine yaklaştıkça kent merkezindeki trafik tıkanıklığı artmaktadır. Ancak, dağıtım merkezleri müşterilerinden uzaklaştıkça, işletmeciler çok yüksek taşıma maliyetlerine maruz kalmaktadırlar (Aksoy, 2017). Sonuç olarak, bu ikilem lojistik merkezleri için maliyeti minimuma verimi ise maksimuma çıkaran bir yer bulunması problemini beraberinde getirmektedir. Yer seçimi çok yönlü olarak düşünülmelidir. Bunlar uygun arazi ve altyapı, erişilebilirlik, güvenlik, intermodal taşımacılık olanakları, sosyal yapı, yakın çevrenin ekonomik gelişimi, maliyetler, çevresel etkiler, müşteriye ve tedarikçiye yakınlık, kaynak kullanılabilirliği, sürdürülebilir taşımacılık kurallarına uygunluk, genişleme imkânı ve hizmet kalitesidir. Tüm dünyada lojistiğin artması dolaylı olarak multimodal taşımacılık, depo stok envanter yönetimi, gümrük ve sigorta yönetimi gibi alanları meydana getirmiş ve bu

hizmetlerin en kaliteli, en kapsamlı, en az maliyetli ve çevreye en az zarar veren bir kümelenmenin oluşturulması gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Tüm bunlar lojistik köylerin oluşturulmasına zemin hazırlamıştır. Lojistik köyler nakliye işlemlerinin, lojistik hizmetlerinin ve ürün dağılım işlemlerinin işletmeler tarafından yapıldığı belirli bölgelerin adıdır. Lojistik köylerin oluşturulmasındaki genel mantık, merkezi iş alanlarına, sınai bölgelere, limanlara ve tüm taşımacılık imkanlarına yakın olacak ancak Şehir trafiğine açıkça yk getirmeyecek bir yer

seçimi esasına dayanır. Buna göre Konya lojistik köyü evre karayolu ana ulaşım ağına yakınlığı, Konya havaalanına yakınlığı, Şehrin kuzey-kuzey doğusuna konumlandırılmış sanayi ve üretim tesislerine yakınlığı ve aynı zamanda Şehirlerarası karayolu yk taşımacılığını azaltarak Şehir içi trafik yoğunluğu ve kazaların da önüne geçeceğinden, tüm bu sebepler dolayısı ile Konya (Kayacık) lojistik merkezi önemli ve uygun bir örnek oluşturmaktadır. Şekil 1’de yakın tarihte işletmeye aılacak olan Konya (Kayacık) lojistik merkezi yerleşimi gösterilmektedir (Ceran, 2010).



Şekil 1. Konya Lojistik Köy Yerleşim Planı.

#### **4. Ülkemizde Lojistik Köyler**

Kavramsal olarak lojistik köyleri açıklamak için pek çok tanımlama yapılmıştır. Bu tanımlamalardan en geçerlilerinden birini ülkemizde lojistik köylerin kurulmasına öncülük eden Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demir Yolları (TCDD) yapmıştır. TCDD tarafından 2010 yılında yapılan tanıma göre lojistik köyler; tüm taşımacılık şirketleri ile resmî kurumları içerisinde barındıran, tüm ulaşım modlarına entegre olmayı hedefleyen, depolama, bakım-onarım, yükleme-boşaltma, elleçleme, tartı, yükleri bölme, birleştirme, paketleme gibi faaliyetleri gerçekleştirme imkânları olan ve taşıma modları arasında hızlı, düşük maliyetli ve güvenli aktarma imkânı sağlayan bölgelerdir (Bay & Erol, 2016). Türkiye, jeopolitik olarak stratejik konumda bir ülkedir. Tarih boyunca önemli ticaret yollarına ev sahipliği yapmıştır. Bugün hâlihazırda Avrupa ile Asya kıtaları arasında köprü olması, geliştirilen güçlü karayolu ağları, sahip olduğu denizyolu bağlantıları ve gelişen havacılık altyapısıyla birlikte ülkemiz, dünyada önemli lojistik üslerinden biri olma potansiyeline sahiptir. Ayrıca ekonomik olarak gelişimi, farklı alanlardaki üretim yeteneğinin artması, nüfusun genç ve dinamik olması da sahip olduğu potansiyeli desteklemektedir.

Türkiye'nin lojistik üssü olarak ulaşabileceği alana bakacak olursak Türkiye'den 52 ülkeye 3,5 saatlik bir uçuşla ulaşılabilir. Bu da yaklaşık 4 saatlik bir uçuş ile Türkiye'nin herhangi bir yerindeki bir

ürünün 1,5 milyar insana ulaştırılabilmesi demektir. Bu durum Türkiye'nin önemli lojistik üslerinden biri olması hususunun altını çizmektedir. TCDD çatısı altında başlayan Türkiye'de lojistik köylerle ilgili girişimler neticesinde 2007 yılında Samsun Gelemen'de ilk lojistik köyü işletmeye açılmıştır.

Lojistik köy projeleri oluşturulurken belirlenen konumlara göre farklı hedef ve amaçlar içermektedir. Bunlardan bazılarını örnek verecek olursak Balıkesir/Gökköy lojistik köy projesi, Tekirdağ-Bandırma Tren-Feri projesi ve Bakü-Kars-Tiflis demiryolu projesi ile birlikte değerlendirilmek üzere planlanmıştır. Buna göre bölge Avrupa ve Kafkaslar arasında bir lojistik üs olacaktır. Türkiye'nin yapılan lojistik köylerden ilki olan Samsun/Gelemen lojistik köyü ile Bafra ve Çarşamba ilçelerinin sanayi imkânlarından ve Samsun'un Karadeniz'in en önemli liman şehri olması özelliğinden yararlanması amaçlanmıştır. İstanbul/Halkalı lojistik köyünün kurulmasında karayolu ve demiryolu ile taşınan uluslararası yüklerin yarından fazlasının TCDD Halkalı tesislerinden ve gümrüğünden geçmesi etkili olmuştur. Halkalı lojistik köyü ile şehrin trafik sorularının azaltılması ve ulaştırma hizmetlerinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Eskişehir/Hasanbey, lojistik köyünün kurulmasında; Eskişehir'in karayolu ve demiryolundaki stratejik konumu, başkent Ankara'ya olan yakınlığı,

şehrin trafik sorununun azaltılması ve büyük sanayi kapasitesi etkili olmuştur. Konya/Kayacık lojistik köyü karayolu, demiryolu ve havayolu ulaşım ağlarının kesiştiği bir bölgededir. Önümüzdeki yıllarda gerçekleştirilmesi planlanan Konya-Mersin demiryolu projesi ile lojistik köyün Mersin limanı ile bağlantısı kurulmuş olacaktır. İzmit/Köseköy lojistik köyü ile ağır sanayi tesisleri ve liman işletmeleri nedeniyle dar sayılabilecek bir bölge

üzerinde arazinin daha verimli kullanılması amaçlanmıştır. (Baki, 2018). Şekil 2'de konumları verilen TCDD'nin planladığı ve yapımını üstlendiği tüm lojistik köyler tamamlandığında Türkiye'de 21 adet lojistik köy hizmet verecektir. Tüm lojistik köyler işletmeye açıldıktan sonra bu önemli merkezlerin 40 milyon dolarlık bir ekonomik katkı sağlaması, taşımacılık hacmini 26 milyon ton arttırması beklenilmektedir.



**Şekil 2.** Türkiye'de İşletmeye Alınan, Yapılması Planlanan ve Devam Eden Lojistik Köy Alanları

Lojistik köy sahaları şehir merkezlerinden uzak fakat taşımacılık faaliyetleri açısından kritik yerlere konumlandırıldıklarından şehirlerde trafik problemlerinin çözümünde de önemli rol oynamaktadırlar. Özellikle şehir merkezlerinde karayolu araçlarının azalmasından dolayı hava kirliliğinin azaltılması noktasında da önemli katkılar sağlamaktadır. Ayrıca

planlaması iyi yapılmış bir lojistik köyün başka üstünlükleri de vardır. Bunlar yük taşımacılığına ilişkin tüm operasyonların bir araya toplanması, faaliyetlerin tamamı için güvenli bir alanın oluşturulması, merkezden yönetimin ve planlamanın kolaylaştırılması, maliyet konusunda düşüş sağlanması, buna bağlı olarak cirolarda artış yaşanması ve fosil yakıt

kaynaklı karbon salınım miktarlarının azaltılması olarak söylenebilir (Ceran, 2010). Böylece, çevresel sürdürülebilirliğe büyük etken olarak benimsenmektedir. Türkiye’de işletilmekte olan lojistik köylerin sahip oldukları bağlantıları

değerlendirdiğimizde karayolu ve demiryolu bağlantılarına ağırlık verildiği görülmektedir. Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4’te Türkiye’de yapımı tamamlanmış, devam eden ve planlanan lojistik köylerin ulaşım modları bağlantıları verilmiştir.

**Tablo 2.** Türkiye’de Lojistik Köylerin Ulaşım Modları ile İlişkisi (TCDD S. R., 2018)

İşletmeye Açılan Lojistik Merkezler	Kapasite (1000 t)	Toplam Alan (1000 m <sup>2</sup> )	İltisak Hattı (km)	Karayolu (km)	En Yakın Liman (km)	En Yakın H. Limanı (km)
Samsun	1.156	258	3	2	Yeşilyurt (5)	Çarşamba
Köseköy (İzmit)	2.000	694	Yanında	Yanında	Derince (15)	Cengiz Topel (12)
Uşak	246	140	Yanında	Yanında	İzmir (215)	Uşak (7,5)
Halkalı (İstanbul)	2.000	220	Yanında	Yanında	Ambarlı (10)	Atatürk (19)
Eskişehir (Hasanbey)	1.400	541	Yanında	3	Derince (237)	Eskişehir (10)
Balıkesir (Gökköy)	1.000	211	Yanında	Yanında	İzmir (187)	Balıkesir (17)
Denizli (Kaklık)	500	125	Yanında	Yanında	İzmir (250)	Çardak (30)
K. Maraş (Türkoğlu)	1.900	805	Yanında	Yanında	İskenderun (156)	K.Maraş (30)
Erzurum (Palandöken)	437	350	Yanında	2	Trabzon (232)	Erzurum (16)
TOPLAM	10.639	3.344	-	-	-	-

**Tablo 3.** Türkiye’de Lojistik Köylerin Ulaşım Modları ile İlişkisi (TCDD S. R., 2018)

Açılışa Hazır Lojistik Merkezler	Kapasite (1000 t)	Toplam Alan (1000 m <sup>2</sup> )	İltisak Hattı (km)	Karayolu (km)	En Yakın Liman (km)	En Yakın H. Limanı (km)
Mersin (Yenice)	896	416	Yanında	1	Mersin (42)	Şakirpaşa (23)
Konya (Kayacak)	1.700	1.000	Yanında	Yanında	Mersin (366)	Konya (3)
TOPLAM	2.596	1.416	-	-	-	-

Türkiye’deki işletmeye alınan, yapılması planlanan ve devam eden lojistik köy alanlarındaki hava kalitesinin izlenmesi ve eğer iyileşme

görülebiliyorsa çevresel sürdürülebilirlik için Lojistik köylerin gerekliliğinin ispatı niteliğinde olacaktır.

**Tablo 4.** Türkiye’de Lojistik Köylerin Ulaşım Modları ile İlişkisi (TCDD S. R., 2018)

Yapımı Devam Eden Lojistik Merkezler	Kapasite (1000 t)	Toplam Alan (1000 m <sup>2</sup> )	İltisak Hattı (km)	Karayolu (km)	En Yakın Liman (km)	En Yakın H. Limanı (km)
Kars	412	300	5,5	Yanında	Hopa (277)	Kars (12)
Bilecik (Bozüyük)	1.900	654	8	Yanında	Gemlik (152)	Eskişehir (46)
Karaman	1.000	364	3,2	Yanında	Mersin (160)	Konya (127)
Kayseri	1.800	620	Yanında	Yanında	Mersin (312)	Kayseri (15)
Sivas	1.000	500	Yanında	1	Samsun (320)	Sivas (42)
Bitlis (Tatvan)	1.000	660	Yanında	Yanında	Tatvan Fer. (17)	Muş (72)
İzmir (Kemalpaşa)	4.000	3.000	27	Yanında	İzmir (30,5)	A.Menderes (49)

### 5. Çevresel Sürdürülebilirlik

Herhangi bir şeyin varlığındaki sürekliliğin devam etmesi sürdürülebilirlik olarak tanımlanmaktadır. 1987 yılında yayımlanan Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu Raporuna göre kalkınmanın sürdürülebilir olması ancak mevcut neslin ihtiyaçlarının karşılanarak, aynı zamanda gelecek nesillerin ihtiyaçlarına da imkân verilerek sağlanabilir (Çevik & Gülcan, 2011). Bu yüzden son zamanlarda birçok ülke çevresel sürdürülebilirliğe önem vermekte ve buna göre kararlar almaktadır. Ekonomik faaliyetlerin çoğunda olduğu gibi, lojistik sektörü de sürdürülebilirlik kapsamındadır. Lojistik, üreticiden tüketiciye kadar olan zincirdeki taşıma, depolama, ambalajlama ve dağıtım gibi süreçlerin tamamını içerisinde barındırmaktadır. Bu sebeple, ekonomik faaliyetlerin sürekliliğinde kilit rol almaktadır. Lojistik faaliyetlerden biri olan taşımacılık, çevre üzerine ciddi etkileri

olan süreçleri içermektedir. 1990’lı yıllar itibariyle küreselleşmeyle artan ticaret hacmine endekslilik olarak taşımacılığın artması, küreselleşen dünyada fosil yakıt kullanımı ve enerji verimliliği düşük olan araçların tercih edilmesi çevreyi olumsuz etkilemektedir (Şahan, 2017). Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı’nın belirlediği sekiz Milenyum Kalkınma Hedefi (MKH)’nden yedincisi olan “Amaç 7: Çevresel Sürdürülebilirliğin Sağlanması” alınan bu kararların küresel ölçekte en önemlilerinden biridir. Tablo 5’e göre lojistik sektörünün doğrudan çevreye etkisi 7.2 Karbondioksit emisyon miktarıdır. Taşıma faaliyetleri esnasında fosil yakıtların kullanılmasıyla organik yakıtlar sera gazı etkisine sebep olarak önemli çevresel problemlere yol açmaktadır. TÜİK 2017 sera gazı salınım raporunda sera gazı salınımı 1990 yılına göre %140 artış göstermiştir. 2016 yılında yayımlanan Kocaeli ili sera gazı envanteri raporuna göre ulaşım sektörünün salınım oranındaki

etkisinde karayolu, demiryolu, su yolu ve havayolu salınım değerleri göz önünde bulundurulmuştur. Buna göre tüm salınımların %15,0'ini ulaşımdan kaynaklanan salınımlar oluşturmaktadır. Ulaşım sektörünün kendi içinde salınım değerleri incelendiğinde karayolu ulaşımından kaynaklı salınımlar %98,4'lük bir orana sahiptir. Bu değeri %1,2 ile su yolu, %0,3 ile demiryolu ve %0,1 ile havayolu ulaşımından kaynaklı emisyon oranları takip etmektedir (Kocaeli Sera Gazı Envanter Raporu, 2016). Lojistik sektörünün çevresel zararlarından olan karbon salınımını azaltmak için günümüz dünyasında iki yaptırım türü uygulanmaktadır. Bu yaptırımlar karbon ticareti ve karbon vergisidir. Atmosfere zarar veren ve soluduğumuz havayı kirleten madde miktarına belirli bir ölçüde sınır getirilmektedir. Havadaki kirletici miktarına bu sınıra kadar izin verilebilir ve verilen bu izinlerin satılabilir olmasına karbon ticareti denilmektedir (Çiçek & Çiçek). Kirleticilerin sınırlandırılması için uygulanan ikinci bir yöntem ise karbon vergisidir. Bu vergi kömürün tonu, petrolün varili ya da salınım miktarına göre alınan bir vergidir. Atmosfere yayılan sera gazı miktarını azaltmak ve bunun neden olduğu küresel ısınma problemlerine çözüm bulmak için karbon vergisi alınmaktadır (Çiçek & Çiçek). Şirketler, ödedikleri bu vergileri ürün satış fiyatlarına yansıtıklarında rekabet konusunda sorun yaşamakta ve dezavantajlı konuma gelmektedirler. Diğer taraftan bu vergileri ürün fiyatlarına yansıtmadıkları zaman kar oranları azalmakta ve uzun vadede rekabet edebilirlikleri güçleşmektedir.

Neticede şirketler fayda-zarar dengelerini gözeterek karbon salınım miktarlarını istenilen sınırlara çekmek zorunda kalmaktadırlar (Çevik & Gülcan, 2011).

Lojistik köylerle beraber intermodal taşıma çözümüyle emisyon azalmasına gidilebilir. Örneğin özel bir firma, sera gazı etkisi mücadelesinde "blok tren" uygulamasıyla ana hatta çekici kullanılmaması nedeni ile her bir gidiş-dönüşte yarı-römork başına 5000 kilometre daha az karayolu kat edebilmeyi sağlayarak 4590 kg CO<sub>2</sub>, 1700 lt yakıt, 0,17 kg partikül ve 11,9 kg NO<sub>x</sub>, tasarrufu gerçekleştirmiştir. Blok tren uygulamasıyla beraber kat edilmesi gereken yol yarıya düşerek hem yakıt tasarrufu sağlanmış hem de çevreci bir ulaşım modeli hayata geçirilmiştir (Ekol Lojistik, 2011).

Bu uygulamaların yanı sıra ulaşımdan kaynaklı çevre kirliliği etkisini pozitif çevirmeyi hedefleyen lojistik köylerden ilki ülkemizde 2007 yılında Samsun'da faaliyete başlamıştır (Şirin, 2019).

Samsun ilindeki hava kalitesinin 2007'den bu yana iyileşmesi, lojistik köylerin sürdürülebilir çevreye katkısının ispatıdır. 2011 yılında Hollanda Hükümeti ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığının çevre alanındaki ikili işbirliği kapsamında, "Kentlerde Hava Kalitesi Değerlendirme Sisteminin Geliştirilmesi (KENTAIR) Projesi" gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamına dâhil olan Samsun ilinde hazırlanan raporda 2009 – 2012 yılları arasında konut ve trafiğin yoğun olduğu il merkezinde bulunan sabit

hava kalitesi izleme istasyonlarından biri olan Merkez (SAMSUN-1) istasyon verileri değerlendirildiğinde, PM10 ve SO2 ortalama değerlerinin Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinde belirtilmiş olan sınır değerlerin aşılmadığı görülmektedir. Diğer sabit istasyon olan sanayinin yoğun olduğu ve Lojistik

köyün de konuşlandırıldığı Tekkeköy ilçesindeki Tekkeköy (SAMSUN-2) istasyon verileri değerlendirildiğinde izleme istasyonundaki veriler PM10 ve SO2 ortalama değerlerinin aşılabildiği gözlenmiştir. Merkezdeki kirliliğin azalma eğiliminde olması lojistik köyle sağlanmıştır demek mümkündür.

**Tablo 5.** Çevresel Sürdürülebilirliğin Amacına Bağlı Hedefler (BM Kalkınma hedefleri, 2015)

Hedefler	Göstergeler
Hedef 7a: Sürdürülebilir kalkınma ilkelerini ülkelerin politika ve programlarına dahil etmek; çevresel kaynakların yok oluşunu tersine çevirmek	7.1. Ormanlarla kaplı arazi miktarı 7.2. CO <sub>2</sub> emisyon miktarı 7.3. Ozon tabakasını incelten madde tüketimi 7.4. Güvenli biyolojik sınırlar dahilindeki balık stoklarının oranı 7.5. Toplam su kaynaklarının kullanım oranı
Hedef 7b: Biyoçeşitliliğin kayıp oranında anlamlı düzeyde azalma sağlamak	7.6. Korunan kara ve deniz sahalarının oranı 7.7. Yok olma tehlikesi ile karşı karşıya olan türlerin oranı
Hedef 7c: 2015 yılı itibariyle sağlıklı içme suyuna ve temel sıhhi koşullara sürdürülebilir ulaşımı olmayan insanların oranını yarıya indirmek	7.8. İyileştirilmiş içme suyu kaynaklarını kullanan nüfusun oranı 7.9. İyileştirilmiş atık su sistemine sahip nüfusun oranı
Hedef 7d: 2020 yılı itibariyle en az 100 milyon gecekondu sakininin yaşam kalitesinde önemli ölçüde iyileştirmeler sağlamak	7.10. Gecekondularda yaşayan kırsal nüfusun oranı

## 6. Sonuçlar

Daha önce de belirtildiği üzere karayolu ile yapılan yük taşımacılığı; karayolu araçlarının kullandığı dizel motorun sebep olduğu ana emisyon çıktıları karbon monoksit, hidrokarbonlar, azot oksitler ve partikül maddeler yüzünden fazla olmaktadır. Buna göre Türkiye’de yük taşımacılığında faaliyet gösteren kamyonların yaş ortalamaları analiz edildiğinde tüm araçların %75’i 2000 yılından sonra üretilmiş ve bu dönemde üretilen araçların emisyon değerlerinde

%53’lük bir azalım söz konusudur. Ancak hala %25 oranında ağır vasıta eski teknoloji motorlarla yüksek karbon salınımına sahip olarak trafikedir. Karbon salınımının %53 oranda daha az olduğu, sayıca daha fazla dizel motorlara sahip olduğumuz bu koşullarda bile karayolu taşımacılığının karbon salınım miktarları çok fazladır. Lojistik faaliyetlerdeki planlamalar şirketler tarafından uygun bir program dahilinde uygulanmalıdır. Buna göre vagonlarda uygun düzenlemeler yapılıp ve birbirinden farklı özellikteki



birçok ürün karayolu araçlarından çok daha güçlü olan bir ya da birkaç tren lokomotifini tarafından uzun yük katarları ile taşınabilmektedir. Lojistik köylerin yapılması sayesinde çevresel olarak aşılacak olan ana olumsuz etki fosil yakıt kullanan kamyonlar tarafından salınan karbon emisyonunun azaltılmasıdır. Yapımı tamamlanan lojistik köylerdeki faaliyetler ulaşım modlarının ortak kullanımına sebep olacak ve bu sayede de yoğun karayolu taşımacılığının çevreye vereceği zararlar azaltılmış olacaktır. Ayrıca lojistik köylerle birlikte ulaşım modlarının etkileşimi artırılarak şehir içi ve şehirlerarası trafik yükü azalmakta ve buna bağlı olarak kaza oranları düşmektedir. Trafik yoğunluğunun azalmasıyla asfalt yollarda aşınmaya bağlı bakım ve onarım maliyetleri azalmakta ve ülke ekonomisine olumlu yönde katkılar sağlanmaktadır.

Karayolu araç trafiğinin azalmasına bağlı olarak fosil yakıt kullanan bu araçların karbon emisyonları da azalmakta ve buna bağlı olarak çevre kirliliğinde azalmalar olmaktadır. Karayolu yük taşımacılığında faaliyet gösteren kamyonların trafikte daha az bulunmasıyla birlikte gürültü kirliliğinde azalmalar yaşanmaktadır.

Son olarak TCDD'nin ülke genelinde elektrifikasyon altyapısını tamamen oluşturmasıyla mevcut dizel elektrikli lokomotifler elektrik motorlu lokomotiflere dönüşecek, beygir güçlerinde %70 oranında artış sağlanacak ve bu sebeple bir trenle taşınan yükün miktarı artacak, aynı

zamanda lokomotif kaynaklı karbon emisyonları sıfıra indirgenecektir.

Tüm bu araştırmalar ışığında sürdürülebilir çevre olgusuna lojistik köylerin katkısının altı bir kez daha çizilmiştir.

## 7. Kaynaklar

- Aksoy, B., (2017). Türkiye'de Lojistik Köylerin Yer Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci ve Electre Yöntemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Aydemir, H., & Çubuk, M. K., (2019). Demiryolu Ulaştırma Türünün Türkiye Analizi; Dünyadaki Durumu, Sorunlar ve Beklentiler. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 260-273.
- Baki, R., (2018). Avrupa Birliği ülkeleri ile Türkiye'deki lojistik köy uygulamaları ve uygun kuruluş yeri seçimi. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 148-162.
- Bay, M., Erol, F., (2016). Lojistik Köylerin Önemi ve İntermodal Taşımacılık Faaliyetleriyle Desteklenmesi: Karaman İlinde Bir Uygulama. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 124-134.
- Baydar, A. Mete (2018). On the Effect of Freight Villages in Turkey, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Birleşmiş Milletler, Binyıl Kalkınma Hedefleri, Erişim: 01 Mart 2021, <https://www.tr.undp.org/>.
- Ceran, M. B., (2010). Küresel Rekabet Ortamında Rekabetçi Üstünlük Sağlamada Lojistik Köyler Konya Lojistik Köyü Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.

- Çevik, O., Gülcan, B., (2011). Lojistik Faaliyetlerin Çevresel Sürdürülebilirliği ve Marco Polo Programı. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi,35-44.
- Çiçek, H. G., Çiçek, S., (2012). Karbon Vergisi ile Karbon Ticareti İzinlerinin Karşılaştırılması. İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi,95-119.
- Dereli, M., & Aytaç, A., (2019). Uluslararası Ticaret Ve Çevre İlişkisi Kapsamında Yeşil Lojistik Kavramı: Avrupa Birliği ve Türkiye. *Sosyal Ve Beşeri Bilimlere*, 68.
- Dünya Bankası, Açık Erişim Verileri, Erişim,01 Mart 2021, <https://datacatalog.worldbank.org/>.
- Dünya Bankası, Ülkelerin LPI Endeksleri 2018, Erişim: 01 Mart 2021, <https://lpi.worldbank.org/>.
- Ekol Lojistik 4.0 Çevreci Çözüm Intermodal Taşımacılık Yayın Tarihi 04/02/2011, Erişim: 01 Haziran 2021, <https://www.ekol.com/tr/ekolden-cevreci-cozum-intermodal-tasimacilik/>
- KENTAIR Hava Kalitesi Değerlendirme Raporu., Samsun., 2013.
- Kocaeli Büyükşehir Belediyesi (2018). Kocaeli Sera Gazı Envanteri ve İklim Değişikliği İniyatifi Projesi. Kocaeli Sera Gazı Envanter Raporu (2016),24-28.
- Öcal, S.H., (2019), Türkiye’de Lojistik Köyler İncelemesi: Mersin Yenice Lojistik Köyü Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana, Türkiye.
- Şahan, D., (2017). Türkiye’de Taşımacılığın Çevresel Sürdürülebilirlik Çerçevesinde Analizi. *Politik Ekonomik Kuram*, 1(2), 1-15.
- Şirin, B., (2011). “Lojistik Köylerin Gelişimi ve Türkiye’deki Lojistik Köylerin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ün. SBE, İstanbul, Türkiye.
- Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları, Kurum İstatistikleri 2018 Yılı Sektör Raporu, Erişim: 03 Mart 2021, <https://www.tcdd.gov.tr/>.
- Yücel, M., & Yılmaz, Ş. K., (2019). Türkiye’deki Lojistik Köyler ve Seçimine Etki Eden Unsurlar. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 10(1), 72-89.