

## AŞIRI YAĞIŞLARDAN KAYNAKLANAN SELLERE KARŞI TÜRKİYE KENTLERİNİN KIRILGANLIK DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

Mediha Burcu SILAYDIN AYDIN<sup>\*</sup>, Emine Duygu KAHRAMAN<sup>\*\*</sup>

### Öz

İklim değişikliği, beraberinde ekolojik, biyolojik ve toplumsal sistemleri zarar uğratan pek çok felakete yol açan küresel bir sorundur. Aşırı yağışlar, iklim değişikliğine bağlı ortaya çıkan önemli tehditlerden biridir. Aşırı yağışlar can ve mal kaybıyla sonuçlanabilen sel felaketlerine yol açarak kentleri ve kentlerde yaşayanları etkilemektedir. Küresel iklim değişikliği sorunu tüm dünyayı olduğu gibi Türkiye'yi de etkilemekte, ülkemiz kentleri de aşırı yağışlara bağlı meydana gelen sellere sıkça maruz kalmaktadır. Nüfusun çoğunluğunu barındıran kentler, iklim değişikliğine bağlı ortaya çıkan meteorolojik afetlere karşı oldukça kırılgandır. Kentlerin kırılganlık düzeylerini tespit etmek, iklim değişikliğine uyum politikalarını üretebilmek için bir ön çalışma olarak önem kazanmaktadır. Bu makalede, Türkiye'deki 81 il merkezinin aşırı yağışlardan kaynaklanan sel tehdidine karşı kırılganlık düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, gösterge temelli kırılganlık analizi yapılmıştır. Fiziksel, mekânsal ve sosyal göstergelerden yararlanılarak yapılan analiz ile kırılganlık düzeyleri saptanmış ve mekânsal ve sosyal göstergeler ayrı olarak değerlendirildiğinde, 16 merkez kentin kırılganlık düzeylerinde farklılaşma olduğu ve bunun temel nedeninin mekânsal faktörler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın sonuçlarının ulusal adaptasyon hedefleri çerçevesinde aşırı yağışlardan kaynaklanan sel sorunu temelinde hangi kentlere mekânsal bağlamda öncelik verilmesi gerektiği noktasında yönlendirici nitelik taşıyacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** İklim değişikliği; Aşırı yağışlar; Sel; Adaptasyon, Merkez kent; Kırılganlık

<sup>\*</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, burcu.silaydin@deu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9843-3370

<sup>\*\*</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, duygu.kahraman@deu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9176-9699

## DETERMINATION OF VULNERABILITY LEVELS OF TURKISH CITIES AGAINST FLOODS CAUSED BY EXCESSIVE RAINFALL

Mediha Burcu SILAYDIN AYDIN\*, Emine Duygu KAHRAMAN \*\*

### Abstract

*Climate change is a global problem that causes many disasters that damage ecological, biological and social systems. Excessive precipitation is one of the major threats arising from climate change. Excessive rainfall affects cities and their inhabitants constituting floods disasters causing loss of life and property. The global climate change problem affects Turkey as well as the whole world, and the cities of our country are frequently exposed to floods disasters due to excessive rainfall. Cities that host the majority of the population are very vulnerable to meteorological disasters due to climate change. It gains importance as a preliminary study to determine the vulnerability levels of cities and to produce climate change adaptation policies. This study aims to determine the vulnerability levels of 81 provincial centres in Turkey against the threat of flooding caused by excessive rainfall. For this purpose, an indicator-based vulnerability analysis was conducted. As a result of the analysis made by using physical, spatial and socio-economic indicators, vulnerability levels has been determined. When the spatial and social indicators were evaluated separately, it was concluded that there was a differentiation in the vulnerability levels of 16 central cities due to mainly spatial factors. The results of the study have a potential to guide which cities should be given priority in spatial context for the flood problem caused by excessive precipitation within the framework of national adaptation goals.*

**Keywords:** *Climate change; Extreme rainfall; Flood; Adaptation; Central city; Vulnerability*

---

\* Dokuz Eylül University, Faculty of Architecture, Department of City and Regional Planning, burcu.silaydin@deu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9843-3370

\*\* Dokuz Eylül University, Faculty of Architecture, Department of City and Regional Planning, duygu.kahraman@deu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9176-9699

## GİRİŞ

İklim değişikliği, buzulların erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, aşırı yağış, kuraklık, aşırı hava olaylarının sayısında ve şiddetinde artış, sıcak hava dalgaları, tarımsal ürün deseninin değişmesi gibi çok yönlü olumsuz etkileri ile bugün dünyayı tehdit etmektedir. İklim değişikliğine bağlı gerçekleşen aşırı fırtınalar, seller, orman yangınları, rüzgâr fırtınaları, toprak kaymaları ve kuraklıklar, ne yazık ki son birkaç on yılda milyonlarca kişinin hayatına mal olmuş; çok daha fazla insanın hayatını olumsuz yönde etkilemiş ve aynı zamanda büyük maddi hasarlara yol açmıştır (Patz, Grabow ve Limaye, 2014). Dünya nüfusunun yarısından fazlasına, yapısal varlıkların ve ekonomik faaliyetlerin çoğuna ev sahipliği yapan kentler, iklim değişikliğine bağlı gelişecek risklerin de yoğunlaştığı alanlardır (Revi, Satterthwaite, Aragón-Durand, Corfee-Morlot, Kiunsi, Pelling, Roberts ve Solecki, 2014). Bazı megakentlerin 20 milyondan fazla nüfusa ulaşması, kentleri iklim değişikliğine ve beraberinde gelişen meteorolojik tehlikelere karşı daha kırılgan hale getirmekte (Masson, Lemonsu, Hidalgo ve Voogt, 2020); doğası gereği nüfusun, konutların, fiziksel sermayenin, sanayinin ve atıkların yoğunlaştığı kentlerde yaşayanlar, aşırı hava olaylarına ve felaket olma potansiyeli taşıyan diğer fiziksel olaylara karşı çok kırılgan bir yapı sergilemektedir (Satterthwaite, Huq, Pelling, Reid ve Lankao, 2007). Yetersiz altyapı, afet risklerinin azaltılması için tedarik eksikliği, sağlık hizmetlerindeki sıkıntılar gibi nedenlerden ötürü özellikle gelişmekte olan veya az gelişmiş ülkelerdeki kentler, iklim değişikliğine karşı daha kırılgandır (Handmer, Honda, Kundzewicz, Arnell, Benito, Hatfield, Mohamed, Peduzzi, Wu, Sherstyukov, Takahashi ve Yan, 2012). Uzun vadede özellikle düşük ve orta gelir düzeyli ülkelerde kentsel nüfusun artma eğiliminde olması, yüksek nüfus yoğunluğu ve artan yoksulluk oranları yine kentleri, iklim değişikliğine bağlı gelişen felaketlere karşı çok daha fazla insanın risk altında olması açısından önemli bir çalışma alanı haline getirmektedir (Adger, Lorenzoni ve O'Brien, 2009).

İklim değişikliğine bağlı aşırı hava olaylarının görülme sıklığında, yoğunluğunda ve çapında 21. yüzyıl boyunca artış yaşanacağı beklenmektedir (IPCC, 2007). Bu hava olayları arasında yer alan ve kentlerde sel felaketlerine yol açan aşırı yağışlar, kentleri ve kentlerde yaşayanları etkileyen en önemli sorunlardan biridir. Yoğun yapılaşma, kentsel açık alan yetersizliği, geçirimsiz yüzeylerin fazla oluşu ve altyapı sorunları sel felaketinden kentlerin etkilenme düzeyini artırmakta; diğer bir deyişle kenti ve kentte yaşayanları bu etkiye karşı daha kırılgan hale getirmektedir. Satterthwaite vd. (2007) konum olarak tehlikeli (örneğin taşkın yatakları), altyapı sistemlerinin yetersiz ve konut kalitesinin düşük olduğu bölgelerde yaşayan nüfusun, küçük çaplı yağmur fırtınalarının bile ciddi sellere neden olduğu iklim şoklarına karşı çok daha kırılgan olduğunu belirtmiştir. Ülke kentlerimiz de iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden ciddi şekilde zarar görmekte; aşırı yağışlardan kaynaklanan sel felaketleri can ve mal kaybına yol açmakta ve günlük yaşantıyı sekteye uğratmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre ülkemizde 2010 yılında 160'ın üzerinde sel felaketi yaşanmıştır (MGM, 2014).

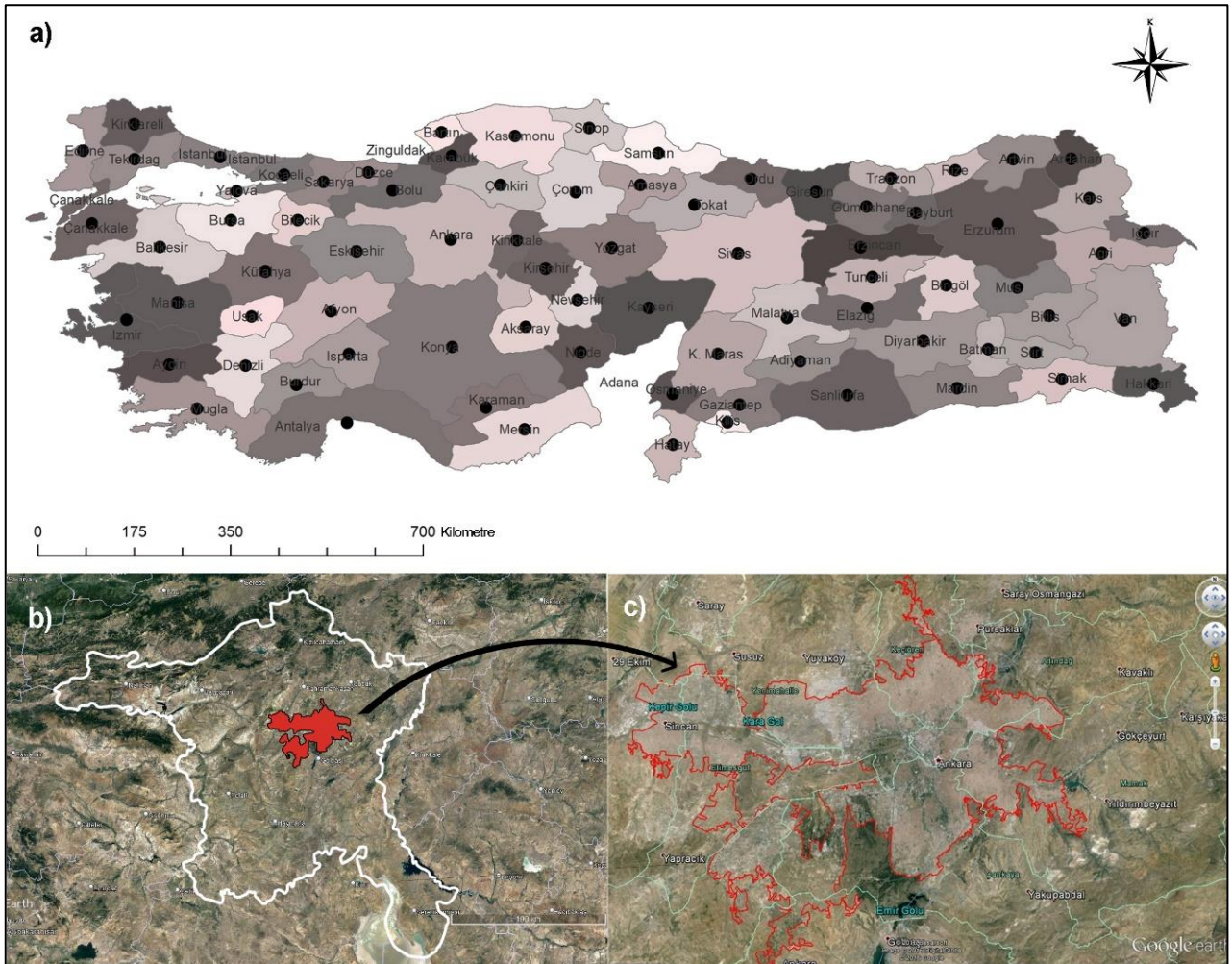
İklim değişikliğine bağlı ortaya çıkan afet risklerine karşı kentleri daha dirençli kılmak ve hazırlıklı hale getirmek gerekmektedir. Bu amaçla iklim değişikliği ile mücadelede adaptasyon politikalarının geliştirilmesi önemli hale gelmekte, bu politikaları uygun şekilde geliştirebilmek için kırılganlık analizleri bir ön aşama olarak kabul edilmektedir. Kırılganlık değerlendirmeleri, kimin, neye ve neden savunmasız olduğuna ilişkin sistematik incelemeleri içeren ve yaygın kullanılan bir araçtır (Naess, Norland, Lafferty ve Aall, 2006). Literatürde farklı kentler veya kentleri içeren bölgeler örneğinde aşırı yağışlara bağlı gelişen sel ve taşkınlara karşı kentlerin kırılganlık analiz ve değerlendirmelerinin yapıldığı çalışmalar bulunmaktadır (Adelekan, 2011; Muller, Reiter ve Weiland, 2011; Rasch, 2015; Mansur, Brondízio, Roy, Hetrick, Vogt ve Newton, 2016; Krellenberg ve Welz, 2017). Öte yandan kentlerin iklim değişikliğinden etkilenme düzeyleri buldukları coğrafya, gelişmişlik düzeyi, farkındalık durumu, altyapı sistemleri gibi pek çok fiziksel, sosyal ve mekânsal faktöre göre değişim gösterdiği (Revi vd., 2014) için, kentlerin mevcut kırılganlık düzeylerini ve nedenlerini kavrayabilmek ve gelecekteki adaptasyon politikalarını uygun şekilde belirleyebilmek amacıyla, bu faktörler bağlamında kentsel yerleşmelerin değişen niteliklerini kavrayan kırılganlık değerlendirmelerine gereksinim bulunmaktadır. Diğer bir deyişle, farklı kentler için yapılmış olan kırılganlık analizlerinin sonuçları, adaptasyon politikası geliştirilmesi hedefinde yapıldığı kent özelinde anlamlıdır. Dolayısıyla bu değerlendirmeler, kırılganlık analizine konu olan birim (ülke, bölge, kent vb.) ölçeğinde ve o birime özgü adaptasyon politika, strateji, hedef ve eylem adımlarının belirlenmesine katkı sağlayacaktır. Bu doğrultuda

makalede, Türkiye kentlerinin aşırı yağışlara bağlı ortaya çıkan sel afetine karşı mekânsal ve sosyal özelliklerine dayalı kırılğanlıklarının saptanması ve bu özelliklerden hangisinin kırılğanlık düzeyinde daha belirleyici olduğunun tespit edilmesi amaçlanmıştır. Böylelikle bir yandan sellere karşı kentlerin kırılğanlığını saptayan çalışmaları içeren ilgili literatüre Türkiye kentleri örneği ile katkıda bulunulması; diğer yandan ülkemizdeki kentsel adaptasyon politikalarının üretilmesinde yararlanılabilecek bir kırılğanlık değerlendirmesinin üretilmesi hedeflenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Çalışma Alanı

Türkiye'deki 81 ilin merkez kentleri çalışma alanını oluşturmaktadır (Şekil 1a). Mekânsal göstergelerin tespitinde, merkez kentler temel alınmıştır. Bu çalışmada merkez kent, illerin merkez ilçe sınırları içerisinde kalan kentsel yerleşik alanı tanımlamaktadır (Şekil 1b, 1c). Büyükşehir Belediyesi statüsündeki illerde, merkez ilçe sayısı birden fazla olduğu için tüm merkez ilçe sınırları içerisinde kalan kentsel yerleşik alan sınırı bütünü, merkez kent olarak ele alınmıştır.



**Şekil 1. a)** Türkiye'nin illeri, **b)** İl sınırı içinde merkez kentin konumuna örnek, **c)** Merkez kent yerleşik alan sınırı örneği  
(Kaynak: Çalışma kapsamında yazarlar tarafından oluşturulmuştur).

## Göstergelerin Açıklanması

Aşırı yağışlara bağlı gelişen sellere karşı merkez kentlerin kırılmalık düzeylerinin belirlenmesinde, fiziksel, mekânsal ve sosyal göstergelerden yararlanılmıştır (Tablo 1). Kullanılan göstergelerin kırılmalıkların belirlenmesindeki önemi aşağıda açıklanmaktadır.

**Tablo 1.** Kırılmalık analizinde kullanılan göstergeler (**Kaynak:** Aydın ve Kahraman, 2017).

Gösterge Adı	Kıs.	Gösterge Faktörü	Tanım	Gösterge Türü	Gösterge Adı	Kaynak
Yağış oranları	Fa	Fiziksel	Birim alana düşen ortalama yağış	Etki	Pozitif	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Kent büyüklüğü	Ma	Mekansal	Kentsel yerleşik alanın büyüklüğü	Maruz kalma	Pozitif	Google Earth kullanılarak ölçülmüştür
Parklar	Mb	Mekansal	Kentte bulunan toplam park alanı	Dirençlilik	Negatif	Open Street Map kullanılarak ölçülmüştür
Nüfus yoğunluğu	Mc	Mekansal	Kentte birim alan başına düşen kişi sayısı	Maruz kalma	Pozitif	Nüfus/kent büyüklüğü işlemi ile ölçülmüştür.
Nüfus	Sa	Sosyal	Kentin toplam nüfusu	Maruz kalma	Pozitif	Türkiye İstatistik Kurumu
Nüfus artış hızı	Sb	Sosyal	Yıllık nüfus büyüme oranı	Maruz kalma	Pozitif	Türkiye İstatistik Kurumu
Gelir ve refah	Sc	Sosyal	Gelir durumu ve refah düzeyi	Dirençlilik	Negatif	Türkiye İstatistik Kurumu
Sağlık	Sd	Sosyal	Nüfus sağlığı	Dirençlilik	Negatif	Türkiye İstatistik Kurumu
Altyapı	Se	Sosyal	Altyapı hizmetlerine erişim	Dirençlilik	Negatif	Türkiye İstatistik Kurumu
Yaşlı nüfus	Sf	Sosyal	65 yaş ve üstü kişi sayısı	Hassasiyet	Pozitif	Türkiye İstatistik Kurumu
Engelli nüfus	Sg	Sosyal	Engelli kişi sayısı	Hassasiyet	Pozitif	Türkiye İstatistik Kurumu
Kadın nüfus	Si	Sosyal	Kadın sayısı	Hassasiyet	Pozitif	Türkiye İstatistik Kurumu
Çocuk nüfusu	Sk	Sosyal	Çocuk sayısı	Hassasiyet	Pozitif	Türkiye İstatistik Kurumu
Sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyi	Sl	Sosyal	Kentin sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyi	Dirençlilik	Negatif	Kalkınma Bakanlığı

## Fiziksel Gösterge

Farklı bölgelerin, iklim değişikliğine bağlı ortaya çıkan felaketlerin hangisinden, nasıl ve ne şiddette etkileeneceği, buldukları coğrafi bölge özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Bu çalışmanın temel konusunu aşırı yağışlar oluşturduğundan, analize alınan merkez kentlerin coğrafi konumları itibariyle yağış alma oranları, bu sorunla karşılaşma durumlarının ortaya konması ve dolayısıyla sellere karşı kırılmalıkların belirlenmesi açısından önemlidir. Bu nedenle, ele alınan kentin bulunduğu coğrafi bölge temelinde değişen



yağış oranları, il bazında yağış oranları verisi şeklinde bir fiziksel göstergeler olarak değerlendirilmiştir (Tablo 1). Yağış oranı, kırılabilirliği artıran bir göstergedir. Bu fiziksel göstergelere ait veri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir ve illere ait 1981-2010 yılları arasındaki ortalama yağış oranlarını göstermektedir.

### Mekânsal Göstergeler

Aşırı yağışların kentlerde sele dönüşmesinde, kentin aldığı yağış miktarının ve altyapı durumunun yanı sıra mekânsal özellikleri de etkili olmaktadır. Bu noktada, kentin coğrafya üzerinde kapladığı alansal büyüklük ve yataydaki yapılaşma oranı, yağmur ile gelen suyun kent üzerinde akışını ve bekleme süresini doğrudan etkilemektedir. Kentlerde geçirimsiz yüzey oranının artması, sellere sebep olan akış miktarını artırmaktadır. Alberti (2008), doğal yüzey örtüsüne sahip bir alanda gelen yağmur suyunun %10'unun akışa geçtiğini, bununla birlikte geçirimsiz yüzeylerin %75-%100 arasında olduğu bir kentsel bölgede bu oranın %55 olduğunu belirtmiştir. Bir kentte geçirimsiz yüzey oranı arttıkça, diğer bir deyişle geçirimsiz yüzeylerin kentsel alanda en çok görüldüğü açık yeşil alan oranları azaldıkça, kentlerin sellere karşı kırılabilirliği artmaktadır (Chang, Pallathadka, Sauer, Grimm, Zimmerman, Cheng, Iwaniec, Kim, Lloyd, McPhearson, Rosenzweig, Troxler, Welty, Brenner ve Herreros-Cantis, 2021; Chuang, Chen ve Lin, 2020; KC, Shepherd ve Gaither, 2015). Bu bağlamda yerleşik alan büyüklüğü ve açık yeşil alan miktarı, bir kentin geçirimsiz yüzey varlığı ve bunun alandaki yayılımı ile doğrudan ilgili olduğu için, bu çalışmada kırılabilirliği belirleyen iki mekânsal gösterge olarak ele alınmıştır. Bunlara ek olarak, hem kentsel doluluğun hem de afete maruz kalacak kişi sayısının mekânsal bir ölçütü olarak nüfus yoğunluğu, bir üçüncü mekânsal gösterge niteliğinde analizde değerlendirmeye alınmıştır (Tablo 1). Nüfus yoğunluğu kırılabilirliği artıran bir gösterge (Rasch, 2015; Chuang vd., 2020) niteliği taşımaktadır.

### Sosyal Göstergeler

İnsanlar, iklim değişikliğine bağlı ortaya çıkan afetler nedeniyle can kaybı, hastalık, yaralanmalar yaşayabilmekte; bu afetler aynı zamanda insanların evlerinin, eşyalarının zarar görmesi, günlük yaşam pratiklerinin sekteye uğraması gibi nedenlerle önemli ekonomik hasarlara yol açabilmektedir. Bu durumda bir kentin nüfus büyüklüğü ne kadar fazla ise, afete maruz kalma oranı da paralelinde artış göstermektedir. Bu nedenle nüfus ve nüfus artış hızı gösterge olarak seçilmiştir (Tablo 1). Öte yandan sel afetiyle karşı karşıya kalan bir bireyin ne yapabileceğini bilme ya da bu afetle başa çıkabilme becerisi, bireyin demografik özelliğine büyük ölçüde bağlıdır. Ayrıca afet nedeniyle bir hane halkının yaşadığı ekonomik kaybı giderebilme gücü de gelir durumu ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle, kentlerde yaşayanların sosyal yapı özellikleri de kırılabilirliklerin tespit edilmesinde önemli hale gelmektedir. Sosyal özellikler arasında yaş, cinsiyet ve gelir durumu kırılabilirliği etkileyen temel faktörlerdendir (Flanagan, Gregory, Hallisey, Heitgerd ve Lewis, 2011). Demografik açıdan çocuklar, yaşlılar, kadınlar, engelliler (Fekete, 2009; Cutter, Emrich, Webb ve Morath, 2009; Rufat, Tate, Burton ve Maroof, 2015) ve ekonomik açıdan ise yoksullar (Baker, 2012; Rufat vd., 2015) en hassas grupları oluşturarak kırılabilirlik düzeyini artırmaktadır. Bu nedenle yaşlı nüfus, engelli nüfus, kadın nüfusu, çocuk nüfusu, gelir ve refah düzeyi, sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyi sosyal göstergeler olarak belirlenmiştir (Tablo 1).

### Hesaplama Yöntemi

IPCC (2001)'e göre kırılabilirlik, bir sistemin maruz kaldığı iklim değişikliği ve varyasyonunun karakterinin, büyüklüğünün ve hızının, hassasiyetinin ve uyarlanabilir kapasitesinin bir fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlama, literatürde kırılabilirlik analizlerinde yaygın olarak kullanılan bir yaklaşım haline gelmiştir. Göstergeler temelli kırılabilirlik analizlerinde göstergeler hesaplamaya, kırılabilirlik düzeyini artırma (etki, baskı, hassasiyet: pozitif ilişki) ve azaltma (direncililik, uyarlanabilir kapasite: negatif ilişki) fonksiyonuna bağlı olarak dâhil edilmektedir. Kırılabilirliği hesaplamak üzere literatürde kullanılan bazı formülleştirmeler Tablo 2'de sunulmaktadır.

**Tablo 2.** Literatürde yer alan kırılabilirlik formüllerine örnekler.

Formül	Kaynak
Kırılabilirlik = (Maruz kalma x Hassasiyet)/ Uyarlanabilir Kapasite	De Leon ve Carlos, (2006)
Kırılabilirlik = (Maruz kalma x Hassasiyet)/ Dirençlilik	Balica, Douben ve Wright (2009), Balica, Wright ve Van der Meulen (2012)
Kırılabilirlik = Potansiyel Etki – Uyarlanabilir Kapasite	Gbetibouo ve Ringler, (2009)
Kırılabilirlik = Maruz Kalma x Hassasiyet/ Dirençlilik	Aydın ve Kahraman, (2016)
Kırılabilirlik = Etki x Maruz Kalma x Hassasiyet/ Dirençlilik	Aydın ve Kahraman, (2017)

Tablo 2’de sunulan formülleştirmelerde temel yaklaşım, etki büyüklüğü, etkiye maruz kalma ve hassasiyet durumu arttıkça kırılabilirlik düzeyinin artması; dirençlilik ve uyarlanabilir kapasite arttıkça ise kırılabilirliğin düşmesidir. Bu doğrultuda, her bir faktör türü (fiziksel, mekânsal ve sosyal) kendi içerisinde değerlendirmeye olanak verecek şekilde ele alınarak kırılabilirlik hesaplamasını yapmak üzere Aydın ve Kahraman (2017) tarafından üretilen formülden yararlanılarak aşağıdaki denklem kullanılmıştır (Denklem 1):

$$K = Fa + \frac{Ma \times Mc}{Mb} + \frac{Sa \times Sb \times Sf \times Sg \times Si \times Sk}{Sc \times Sd \times Se \times Sl}$$

*K:Kırılabilirlik (Tüm Faktörler)*

**(Denklem 1)**

Ayrıca kırılabilirliği etkileyen faktörlerden hangisinin daha belirleyici olduğunu saptayabilmek amacıyla, mekânsal ve sosyal göstergeler kendi içlerinde de değerlendirmeye alınmıştır. Fiziksel gösterge, her iki değerlendirme de kullanılmıştır (Denklem 2 ve Denklem 3).

$$K1 = Fa + \frac{Ma \times Mc}{Mb}$$

*K1:Kırılabilirlik (Fiziksel ve Mekansal)*

**(Denklem 2)**

$$K2 = Fa + \frac{Sa \times Sb \times Sf \times Sg \times Si \times Sk}{Sc \times Sd \times Se \times Sl}$$

*K2:Kırılabilirlik (Fiziksel ve Sosyal)*

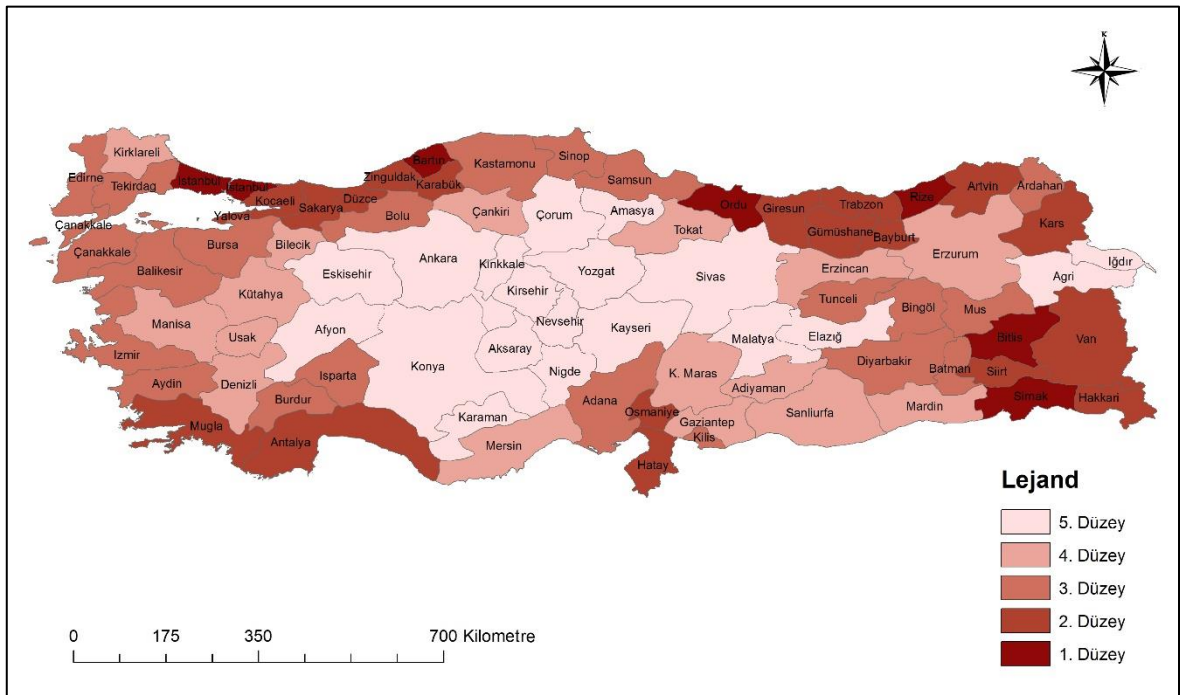
**(Denklem 3)**

Yukarıda sunulan formüller kullanılarak merkez kentlerin sellere karşı kırılabilirlik düzeylerinin belirlenmesi amacıyla, farklı birçok göstergenin birlikte incelenebilmesi için değerler normalize edilmiştir. Normalizasyonda amaç, farklı birimlerle ifade edilen verilerin (örn. kişi/ha, ha, mm gibi), Değer/Max. Değer işlemi ile 0-1 arasındaki değerlere dönüştürülerek ortak paydada buluşmasını sağlamaktır. Veriler normalize edildikten sonra hesaplamaya dahil edilmiş; hesaplama sonucunda elde edilen sonuçlar, Coğrafi Bilgi Sistemlerinde (CBS) Geometrik Aralık ile Sınıflandırma Yöntemi kullanılarak 5 düzeyde kategorize edilmiştir. Böylelikle 1. düzey-çok yüksek, 2. düzey-yüksek, 3. düzey-orta, 4. düzey-düşük ve 5. düzey-çok düşük olmak üzere 5 kırılabilirlik düzeyi elde edilerek mekansallaştırılmıştır.

## SONUÇLAR

Tüm göstergelerin kullanılarak hesaplanmasıyla (K) elde edilen sonuçlar, Türkiye merkez kentlerinin kendi aralarındaki sınıflamayı ortaya koyarak, aşırı yağışlardan kaynaklı sellere karşı kırılmalık düzeyleri arasında kıyaslama yapmaya olanak tanımaktadır. Sellere karşı merkez kentlerin kırılmalık düzeyleri incelendiğinde (Şekil 2), ülkemiz merkez kentlerinin 6'sının çok yüksek (1. düzey), 19'unun yüksek (2. düzey), 21'inin orta (3. düzey), 16'sının düşük (4. düzey) ve 19'unun ise çok düşük (5. düzey) kırılmalık düzeyine sahip olduğu görülmektedir. Dolayısıyla Türkiye'deki 81 merkez kentin %31'i çok yüksek ve yüksek kırılmalık düzeyine sahipken; %69'unun ise orta, düşük ve çok düşük kırılmalık düzeyine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Sonuçlara göre İstanbul, Bartın, Ordu, Rize, Bitlis ve Şırnak'ın en kırılmalık kentler olduğu saptanmıştır. Ülke genelinde kırılmalık açısından bariz görülen bir bölgesel farklılaşma bulunmaktadır. Türkiye'nin kıyı kesimleri ve doğu bölgeleri daha yüksek kırılmalık düzeyleri sergilerken, iç kesimlere doğru kırılmalık düzeyinin düştüğü görülmektedir (Aydın ve Kahraman, 2017).



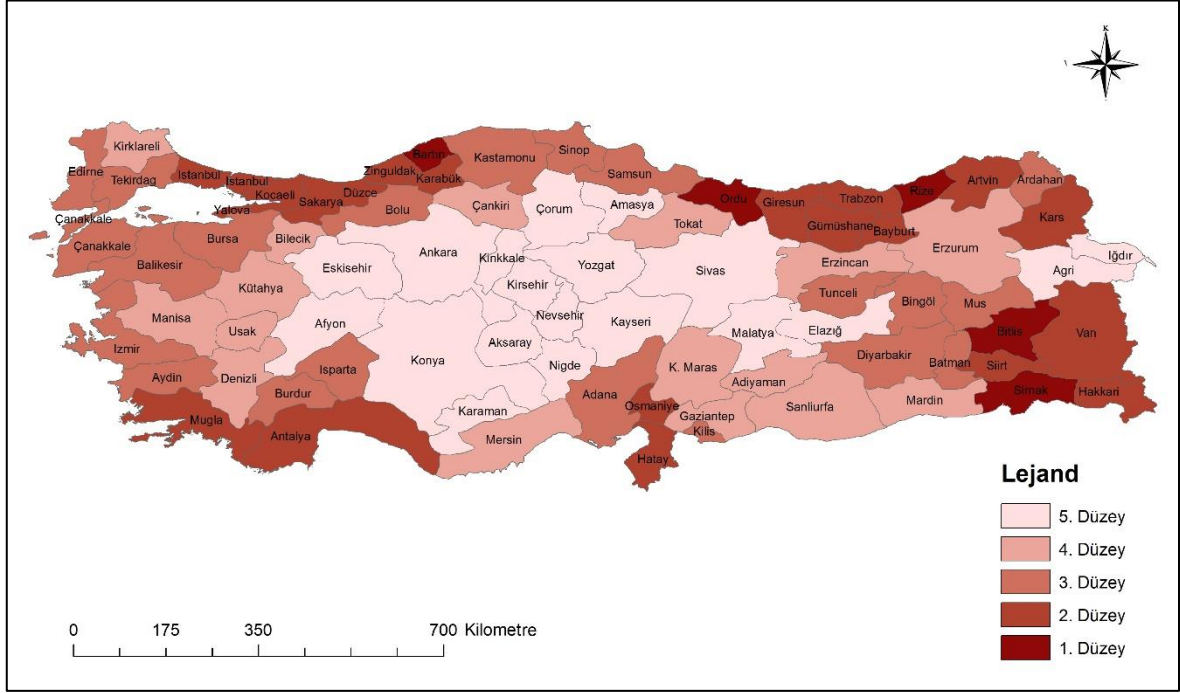
**Şekil 2.** Aşırı yağışlardan kaynaklanan sellere karşı merkez kentlerin kırılmalık düzeyleri (Kaynak: Aydın ve Kahraman, 2017).

Farklı coğrafi bölgeler ve statüdeki kentler arasında kıyaslama yapabilmek amacıyla, Türkiye'nin ortalama kırılmalık düzeyi, düzey dereceleri toplamı/ 81 işlemi ile hesaplanmıştır. Buna göre ülke genelinin kırılmalık düzeyi 3,28'dir. Büyükşehir statüsündeki merkez kentler için bu ortalama değer 3,23; büyükşehir statüsü dışındaki merkez kentler için ise 3,31 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçların birbirine çok yakın olması, kırılmalık düzeyleri bağlamında büyükşehir statüsünde olup/olmama durumunun bir fark yaratmadığını göstermektedir. Coğrafi bölgeler arasında kıyaslama yapıldığında 2,5 ortalama ile Karadeniz Bölgesinin ülkemizdeki en kırılmalık kentlere ev sahipliği yaptığı anlaşılmaktadır. Bu bölgeyi sırasıyla Marmara (2,73), Akdeniz (2,88), Güney Doğu Anadolu (3,11), Doğu Anadolu (3,36) ve Ege (3,63) bölgeleri izlemektedir. İç Anadolu Bölgesi'nin ise 4,92 ortalama değeriyle diğer bölgelere kıyasla büyük farkla ülkemizin en az kırılmalık kentlerini barındırdığı görülmektedir.

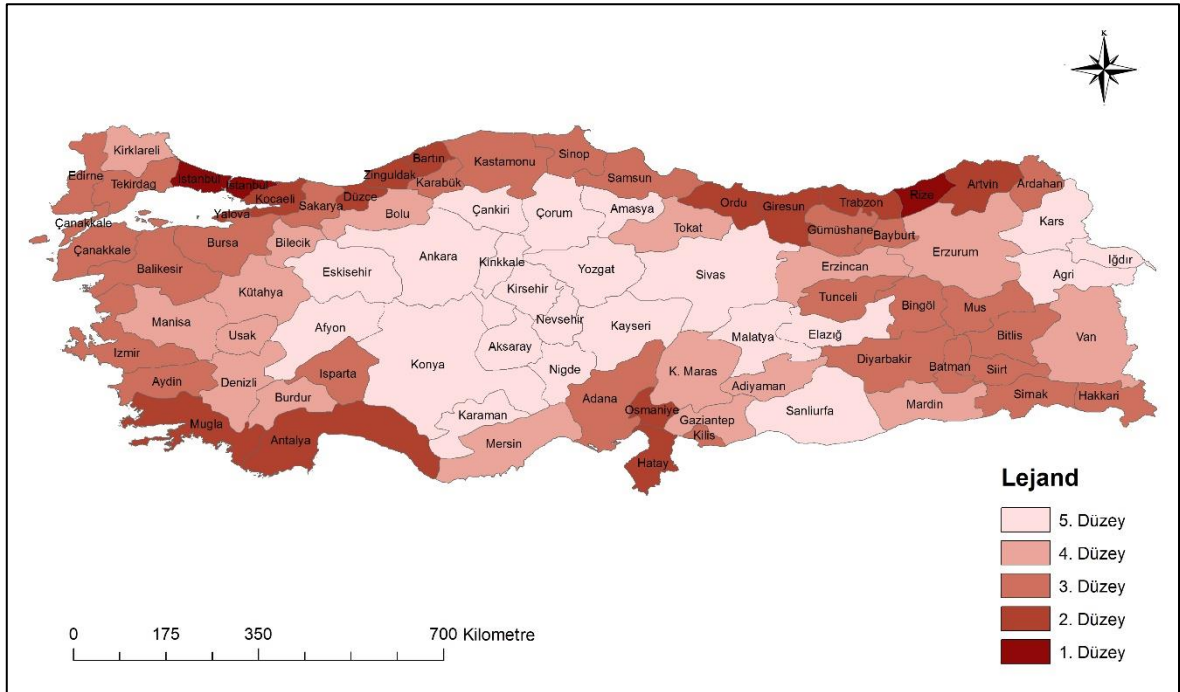
Kırılmalıkların değerlendirilmesinde, mekânsal ve sosyal faktörlerden hangisinin daha etkili olduğunu anlayabilmek ve karşılaştırmalı bir inceleme yapabilmek için, her iki faktör ayrı olarak da analiz edilmiştir.



Şekil 3 fiziksel ve mekânsal göstergelere dayalı kırılgenlik (K1), Şekil 4 fiziksel ve sosyal göstergelere dayalı kırılgenlik (K2) düzeylerini göstermektedir.



Şekil 3. Aşırı yağışlardan kaynaklanan sellere karşı merkez kentlerin fiziksel-mekânsal göstergelere dayalı kırılgenlik düzeyleri (Kaynak: Aydın ve Kahraman, 2017).

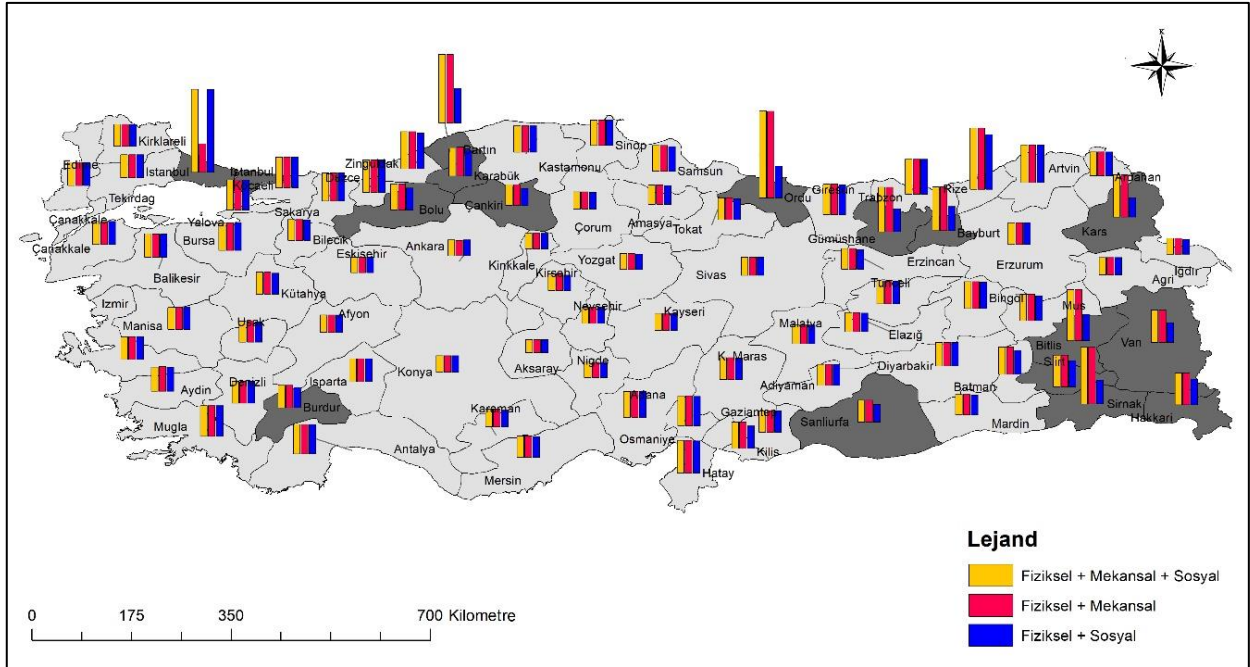


Şekil 4. Aşırı yağışlardan kaynaklanan sellere karşı merkez kentlerin fiziksel-sosyal göstergelere dayalı kırılgenlik düzeyleri (Kaynak: Aydın ve Kahraman, 2017).

Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4 arasında karşılaştırmalı değerlendirme yapıldığında, 16 adet merkez kentin kırılma düzeylerinin değiştiği (Tablo 3) ve bu değişimin farklı faktör türlerine bağlı olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle merkez kentlerin %19'unda farklı faktörlerin etkisine bağlı olarak farklı kırılma düzeyleri gözlemlenmiştir. Bu kentler, İstanbul, Bolu, Bartın, Karabük, Çankırı, Ordu, Gümüşhane, Bayburt, Kars, Bitlis, Siirt, Van, Şırnak, Hakkâri, Şanlıurfa ve Burdur kentleridir (Şekil 5).

**Tablo 3.** 16 Merkez kentte farklı faktör türlerine göre kırılma düzeylerine dair frekans tablosu (Kaynak: Çalışma kapsamında yazarlar tarafından oluşturulmuştur).

Aşırı yağışlardan kaynaklanan sellere karşı merkez kentlerin kırılma düzeyi değişimi								
Fiziksel-Mekânsal-Sosyal			Fiziksel-Mekânsal			Fiziksel-Sosyal		
	Sıklık	Yüzde		Sıklık	Yüzde		Sıklık	Yüzde
1.düzye	5	31,3	1.düzye	4	25,0	1.düzye	1	6,3
2.düzye	7	43,8	2.düzye	8	50,0	2.düzye	2	12,5
3.düzye	2	12,5	3.düzye	2	12,5	3.düzye	7	43,8
4.düzye	2	12,5	4.düzye	2	12,5	4.düzye	3	18,8
5. düzye	0	0	5. düzye	0	0	5. düzye	3	18,8
	16 merkez kent	100,0	Total	16 merkez kent	100,0		16 merkez kent	100,0



**Şekil 5.** Merkez kentlerin farklı faktör türleri kullanıldığında kırılma düzeylerindeki değişimler (Kaynak: Çalışma kapsamında yazarlar tarafından oluşturulmuştur).

Faktörlere göre kırılma düzeyleri değişen bu 16 merkez kent içinde sadece İstanbul kentinde sosyal faktörlerin, kentin aşırı yağışlara karşı kırılma düzeyini artırarak en kırılma gruba girmesine sebep olduğu görülmüştür. Öte yandan bu kentlerin %94'ünde ise mekânsal faktörlerin kırılma düzeylerinin yükselmesinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Tablo 4). Diğer merkez kentler açısından bir değişimin yaşanmamış olmasını, mekânsal ve sosyal faktör türlerinin ülke geneli açısından kırılma düzeyine çoğunlukla eşit

düzyeyde bir etkisi olduğu şekilde yorumlamak mümkündür. Etkili faktör türünün mekânsal faktör olduğu görülen 15 merkez kentin 4'ünde (Kars, Bitlis, Van, Şırnak), mekânsal faktörler kırılğanlığın en az 2 düzey yükselmesine sebep olmuştur. Dolayısıyla özellikle bu kentlerde aşırı yağışlara maruz kalındığında mekânsal yapıdan kaynaklı zararın çok daha fazla olacağını söylemek mümkündür.

**Tablo 4.** Farklı faktör türlerine göre kırılğanlık düzeyinin değışimi ve etkili faktör türü (**Kaynak:** Çalışma kapsamında yazarlar tarafından oluşturulmuştur).

Kent Adı	K (Şekil 2)	K1 (Şekil 3)	K2 (Şekil 4)	Etkili Faktör Türü
İstanbul	1	2	1	Sosyal
Bolu	3	3	4	Mekânsal
Bartın	1	1	2	Mekânsal
Karabük	2	2	3	Mekânsal
Çankırı	4	4	5	Mekânsal
Ordu	1	1	2	Mekânsal
Gümüşhane	2	2	3	Mekânsal
Bayburt	2	2	3	Mekânsal
Kars	2	2	5	Mekânsal
Bitlis	1	1	3	Mekânsal
Siirt	2	2	3	Mekânsal
Van	2	2	4	Mekânsal
Şırnak	1	1	3	Mekânsal
Hakkâri	2	2	3	Mekânsal
Şanlıurfa	4	4	5	Mekânsal
Burdur	3	3	4	Mekânsal

## TARTIŞMA

Bu çalışmada, Türkiye'deki 81 merkez kentin iklim değışikliği nedeniyle aşırı yağışlardan kaynaklanan sellere karşı kırılğanlık düzeyleri belirlenmiştir. Sonuçlar, ülkemizdeki merkez kentlerin farklı kırılğanlık düzeylerine sahip olabildiğini ve kırılğanlık düzeylerinin farklı faktörlere göre değışmesi durumunda mekânsal faktörlerin etkili olduğunu ortaya koymuştur. İklim değışikliği, her alanda dünyayı etkileyen, günümüzün oldukça önemli bir doğa sorunudur. Otto-Zimmermann (2011), iklim değışikliğine karşı içinde bulunduğumuz süreci "adaptasyon sahnesi" olarak adlandırmakta ve yerel düzeyde akıllıca ve bilinçli bir şekilde hareket etmenin tam zamanı olduğuna dikkat çekmektedir. Kentlerin iklim değışikliğine karşı adaptasyonlarının sağlanmasında öncelikle kırılğanlık düzeyleri saptanmalı (Kelly ve Adger, 2010) ve elde edilen sonuçlardan yararlanılarak adaptasyon odaklı adımların hızla atılması gerekmektedir. Kentlerin en hızlı şekilde iklim değışikliğine karşı adaptasyonlarının sağlanmasında, yerel yönetimler ve araştırmacıları bir araya getiren bütünleştirici stratejilerin yanında (Lwasa, 2010), karşı karşıya olduğumuz tehlikeler ve bu tehlikeler ile kentlerin baş edebilme kapasitelerini doğru okumamıza yardımcı olan bütünleştirici yaklaşımlar elzemdir (Lankao ve Qin, 2011). Dolayısıyla bu çalışma, kentlerin hem iklim değışikliğine karşı kırılğanlık düzeylerini belirleyerek hem de bu düzeylerin mekânsal ve sosyal faktörlere göre nasıl değıştiğini ortaya koyarak ilgili alana katkıda bulunmaktadır.

Öte yandan bu çalışmada kırılğanlık düzeyleri, merkez kentler bağlamında belirlenmiş olmasının yanı sıra; 81 merkez kentin tamamını da içerecek şekilde ulusal ölçekte de tespit edilmiştir. Analizin ulusal ölçekte

olması, kentler arasında karşılaştırma yapmaya ve bölgesel farklılıkları yorumlamaya olanak vermektedir. Ayrıca çalışmanın sonuçları, ulusal adaptasyon hedefleri çerçevesinde hangi kentlere öncelik verilmesi gerektiği noktasında da yönlendirici nitelik taşımaktadır. Gösterge temelli kırılabilirlik analizlerinde, analize konu olan birimin ölçeğine paralel gösterge ve veri niteliği farklılaşabilmekte; ulusal ölçekten yerel ölçeğe inildikçe, gösterge çeşitliliği ve detay düzeyi artmaktadır. Ayrıca bu analizlerde elde edilen sonuçların duyarlılığı kullanılan gösterge sayısına bağlı değişim göstermektedir. Bu nedenle aşırı yağışlar veya farklı tehlikeler bağlamında yapılan bu ve benzeri çalışmaların artan veri ile güçlendirilmesine gereksinim bulunmaktadır. Bu bağlamda özellikle mekânsal veriye ulaşmadaki eksiklikler, kent ve mekân odaklı kırılabilirlik analizlerinin önünde önemli bir engel oluşturmaktadır. Veri temininde yaşanan zorlukların çözümünde kente ilişkin tüm mercilerin bir araya gelerek bu sürece katkı koyması gerekmektedir. Artan veri yelpazesi ile elde edilen kırılabilirlik düzeyleri, yerel yönetimlere ve ilgili aktörlere adaptasyon politikalarına önceliklendirme konusunda yön gösterici olacaktır. Ayrıca iklim değişikliği politikalarını kent ile buluşturan çalışmalar, aynı zamanda afet odaklı kentsel planlama süreçlerinin de tanımlanabilmesi açısından önemlidir. Bu çalışmada böyle bir katkı kırılabilirlik analizi bağlamında sunulmuştur. Benzer çalışmaların daha zengin bir veri altyapısı eşliğinde sürdürülmesi, iklim değişikliği ve afetlerin kentsel mekânla ilişkisinin anlaşılması ve bu ilişki temelinde daha uygun politikaların geliştirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu makalenin bir kısmı, 2015.KB.FEN.006 no'lu "İklim Değişikliği Azaltım ve Adaptasyon Stratejilerinin Türkiye İllerine Göre Önceliklendirilmesi" (Aydın ve Kahraman, 2017) başlıklı araştırma projesi kapsamında üretilmiştir. Bu projeye destek sağlayan Dokuz Eylül Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

- Adelekan, I. O. (2011). Vulnerability assessment of an urban flood in Nigeria: Abeokuta flood 2007. *Natural Hazards*, 56, 215–231.
- Adger, W. N., Lorenzoni, I. ve O'Brien, K. L. (Eds.). (2009). *Adapting to climate change: Thresholds, values, governance*. Cambridge University Press.
- Alberti, M. (2008). Advances in Urban Ecology. *Integrating Human Ecology and Ecological Processes in Urban Ecosystems*. Springer: Washington, USA.
- Aydın, M. B. S. ve Kahraman, E. D. (2016). Determining the spatial vulnerability levels and typologies of coastal cities to climate change: case of Turkey. *International Journal of Geological and Environmental Engineering*, 10(11), 1058-1062.
- Aydın, M. B. S. ve Kahraman, E. D. (2017). *İklim değişikliği azaltım ve adaptasyon stratejilerinin Türkiye illerine göre önceliklendirilmesi. Proje sonuç raporu*. Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No: 2015.KB.FEN.006. İzmir.
- Balica S. F., Douben N. ve Wright, N.G. (2009). Flood vulnerability indices at varying spatial scales. *Water Science and Technology*, 60(10), 2571-2580.
- Balica, S. F., Wright, N. G. ve Van der Meulen, F. (2012). A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts. *Natural Hazards*, 64,73–105.
- Baker, J. L. (2012). *Climate change, disaster risk, and the urban poor: Cities building resilience for a changing world*. World Bank, Washington, DC.
- Chang, H., Pallathadka, A., Sauer, J., Grimm, N.B., Zimmerman, R., Cheng, C., Iwaniec, D.M., Kim, Y., Lloyd, R., McPhearson, T., Rosenzweig, B., Troxler, T., Welty, C., Brenner, R. ve Herreros-Cantis, P. (2021). Assessment of urban flood vulnerability using the social-ecological-technological systems framework in six US cities. *Sustainable Cities and Society*, 68, 1-15.
- Chuang, M. T., Chen, T. L., Lin, Z. H. (2020). A review of resilient practice based upon flood vulnerability in New Taipei City, Taiwan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 46, 1-10.

- Cutter, S. L., Emrich, C. T., Webb, J. J. ve Morath, D. (2009). *Social vulnerability to climate variability hazards: A review of the literature. Final Report to Oxfam America*. Hazards and Vulnerability Research Institute Department of Geography University of South Carolina Columbia.
- De León V ve Carlos J (2006). *Vulnerability: a conceptual and methodological review*. UNU-EHS.
- Fekete, A. (2009). Validation of a social vulnerability index in context to river-floods in Germany. *Natural Hazards Earth System Sciences*, 9, 393–403.
- Flanagan, B. E., Gregory, E. W., Hallisey, E. J., Heitgerd, J. L. ve Lewis, B. (2011). A social vulnerability index for disaster management. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 8(1), Article 3.
- Gbetibouo, G.A., Ringler, C. (2009). *Mapping South African farming sector vulnerability to climate change and variability: A subnational assessment*. International Food Policy Research Institute (IFPRI) and Center for Environmental Economics and Policy in Africa (CEEPA).
- Handmer, J., Y. Honda, Z.W. Kundzewicz, N. Arnell, G. Benito, J. Hatfield, I.F. Mohamed, P. Peduzzi, S. Wu, B. Sherstyukov, K. Takahashi ve Z. Yan, (2012). Changes in impacts of climate extremes: human systems and ecosystems. C.B. Field, V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (Der.), *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation* içinde (ss. 231-290). *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA.
- IPCC, (2001). Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability. J. J. McCarthy, O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken, K. S. White (Eds.), *Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, UK.
- IPCC (2007). Summary for policymakers. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability* içinde (ss. 7-22). *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- KC, B., Shepherd, J. M., Gaither, C. J. (2015). Climate change vulnerability assessment in Georgia. *Applied Geography*, 62, 62-74.
- Kelly, P. M., Adger, W. N. (2000). Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation. *Climatic Change*, 47(4), 325-352.
- Krellenberg, K. ve Welz, J. (2017). Assessing urban vulnerability in the context of flood and heat hazard: Pathways and challenges for indicator-based analysis. *Social Indicators Research*, 132, 709–731.
- Lankao, P. R. ve Qin, H. (2011). Conceptualizing urban vulnerability to global climate and environmental change. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(3), 142-149.
- Lwasa, S. (2010). Adapting urban areas in Africa to climate change: the case of Kampala. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(3), 166-171.
- Mansur, A.V., Brondi'zio, E.S., Roy, S., Hetrick, S., Vogt, N.D. ve Newton, A. (2016). An assessment of urban vulnerability in the Amazon Delta and Estuary: a multi-criterion index of flood exposure, socio-economic conditions and infrastructure, *Sustainability Science*, 11, 625–643.
- Masson, V., Lemonsu, A., Hidalgo, J. ve Voogt, J. (2020). Urban climates and climate change. *Annual Review of Environment and Resources*, 45, 411-444.
- MGM. (2014). *Meteorolojik karakterli doğal afetler*. Web adresinden 5 Ocak 2016 tarihinde erişildi. <http://www.mgm.gov.tr/arastirma/dogal-afetler.aspx?s=taskinlar>.
- Muller, A., Reiter J., Weiland, U. (2011). Assessment of urban vulnerability towards floods using an indicator-based approach – a case study for Santiago de Chile. *Natural Hazards Earth System Sciences*, 11, 2107–2123.
- Naess, L.O., Norland, I.T., Lafferty, W.M., Aall, C. (2006). Data and processes linking vulnerability assessment to adaptation decision-making on climate change in Norway. *Global Environmental Change*, 16, 221–233.
- Otto-Zimmermann, K. (2011). Building the global adaptation community. *Resilient Cities* içinde (ss. 3-9). Springer, Dordrecht.



- Patz, J. A., Grabow, M. L. ve Limaye, V. S. (2014). When it rains, it pours: future climate extremes and health. *Annals of Global Health*, 80(4), 332-344.
- Rasch, R.J. (2015). Assessing urban vulnerability to flood hazard in Brazilian municipalities. *Environment & Urbanization*. 28(1), 145–168.
- Revi, A., Satterthwaite, D.E., Aragón-Durand, F., Corfee-Morlot, J., Kiunsi, R.B.R., Pelling, M., Roberts, D.C. ve Solecki, W. (2014). "Urban areas" in Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. *Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, ss.535-612.
- Rufat, S., Tate, E., Burton, C. G. ve Maroof, A. S. (2015). Social vulnerability to floods: Review of case studies and implications for measurement. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 14, 470-486.
- Satterthwaite, D., Huq, S., Pelling, M., Reid, H., Lankao, P. R. (2007). *Adapting to climate change in urban areas*. London: IIED.